



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**LA ELECTROMIOGRAFÍA COMO AUXILIAR DE  
DIAGNÓSTICO EN ODONTOLOGÍA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
CIRUJANO DENTISTA**

**QUE PRESENTA:  
IVÁN EDGAR RIVERA HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ADOLFO PÉREZ BRIGNANI  
ASESOR DE TESIS: MTRO. LUIS ENRIQUE PÉREZ  
SILVA**



**CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

*A mi director de tesis: Por su paciencia, amabilidad y disposición*

*A mi asesor de tesis: Por su orientación y sus valiosas enseñanzas*

*A mis sinodales: Por tomarse el tiempo de leer y revisar mí trabajo de  
investigación*

*A los profesores que causaron un impacto positivo en mi formación tanto personal  
como profesional y fueron responsables de compartir lo mucho de sus  
conocimientos*

*A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por convertirse durante estos años  
de licenciatura en mi segunda casa*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México: mi amada y querida Alma Máter*

*A los pacientes que depositaron su confianza en mí durante mi etapa de  
formación.*

## Dedicatoria

*A mis cuatro abuelos, en especial a la Sra. Guadalupe Morales Chávez por ser una segunda madre para mí, con amor y respeto.*

*A mi Padre Iván Rivera Barrera: Por inculcarme el valor de la puntualidad, el trabajo y la honestidad, nunca nadie ha tenido un mejor padre.*

*A mi Madre María del Rosario Hernández Morales: Por enseñarme la cualidad de la perseverancia, el respeto y la planeación, nunca nadie ha tenido una mejor madre.*

*A mis tíos Claudia Hernández, Soledad Hernández, Mario Cruz, Carlos Hernández y primos Lucia, Karla, Lalo por su constante apoyo y motivación para no rendirme y siempre creer en mí.*

*A mi novia Evelyn Soria por estar a mi lado durante este proceso.*

# ÍNDICE

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria .....	3
Resumen.....	5
Introducción .....	6
Planteamiento del problema.....	9
Justificación.....	10
Objetivo general y objetivos específicos.....	11
Capítulo 1: Sistema Muscular, Sistema Nervioso y Sistema Estomatognático.....	12
1.1. Tejido Muscular esquelético: características, constitución.....	12
1.2. Sistema Nervioso (generalidades), células del SN, conducción nerviosa.....	16
1.3. Motoneuronas, unión neuromuscular, contracción del músculo esquelético y tipos de contracción.....	20
1.4. Sistema estomatognático: Concepto, Estructuras, Órganos, Neuromusculatura y su organización en unidades funcionales.....	23
1.5. Descripción de la unidad funcional Cráneo-cervical y Cráneo-Mandibular .....	24
1.6. Anatomía de la unidad funcional Cráneo- Mandibular .....	25
Capítulo 2: El Electromiógrafo.....	28
2.1. ¿Qué es y para qué se utiliza el Electromiógrafo? .....	28
2.2. Funciones generales del Electromiógrafo .....	29
2.3. Componentes del Electromiógrafo .....	29
2.4. Características del electrodo .....	31
Capítulo 3: Características de la Electromiografía (EMG) .....	36
3.1. Definiciones de EMG .....	36
3.2. Parámetros electromiográficos.....	37
3.3. Técnicas electromiográficas.....	40
3.4. Indicaciones y contraindicaciones para el empleo de la EMG en odontología y Medicina .....	41
3.5. Utilización de la EMG en otras áreas.....	42
3.5. Metodología clínica para la Obtención de señales EMG de superficie .....	42
3.6. Técnicas básicas para el procesamiento de la señal EMG.....	45
Capítulo 4: Aplicaciones de la electromiografía en el campo odontológico .....	47
4.1. Inicios del empleo de la EMG de Superficie .....	47
4.2. Investigaciones que han empleado la Electromiografía.....	48
Discusión .....	69

Conclusiones.....	70
Referencias Bibliográficas .....	71

## Resumen

La presente Tesis versa sobre la utilidad de la electromiografía en el campo odontológico, por el hecho que ésta fue propuesta por diversos autores y ha sido llevada a cabo en laboratorios de fisiología e investigación, así, la EMG fue vista como un método eficaz y seguro que puede arrojar mucha información de carácter diagnóstico en una fase preoperatoria, de tal modo, pudo proveer también de datos sobre el progreso del tratamiento seleccionado por el profesional para contrastarlo y datar que la activación neuro-muscular del sistema estomatognático está en balance.

El siguiente documento fue dividido en cuatro capítulos dentro de los cuales se abarcaron desde tejido muscular y nervioso, pasando por una breve descripción de la anatomía de la unidad funcional de estudio, hasta las generalidades, características y aplicaciones de esta señal en la Odontología. Similarmente se hizo énfasis en que la literatura de apoyo ofreció a este trabajo monográfico la pauta para presentar única y exclusivamente los resultados estadísticamente significativos de las investigaciones efectuadas por las diversas especialidades odontológicas.

Palabras clave:

*Electromiografía, EMG, Sistema Estomatognático.*

## Introducción

El presente trabajo tiene como propósito explicar qué es la electromiografía, su utilidad, sus características, así como el aparato que se ocupa para el registro, denominado Electromiógrafo, acompañado de los diversos tipos de electrodos que se ocupan en la recolección de esta señal. Lo anterior surge como resultado de un análisis de datos empírico en el cual diversos artículos de investigación científica demuestran su gran utilidad diagnóstica en distintas áreas médicas siendo la Odontología una de ellas.

De forma que los registros electromiográficos son una herramienta para evaluar objetivamente la función muscular, particularmente en las Disfunciones Temporomandibulares y en las afecciones de los músculos de la masticación, dichos problemas afectan tanto a la población infantil como adulta.

De acuerdo con la literatura consultada el protocolo de registro ha mejorado con el paso de los años debido a las aportaciones realizadas por diversos investigadores, sin embargo, existe carencia de documentos que reporten datos sobre la utilidad de esta bioseñal como auxiliar de diagnóstico en el área odontológica.

Algunos referentes en este ámbito son autores como el pionero Moyers, el Dr. Constanzo, de igual manera Castroflorio por mencionar algunos. El primero de ellos empleo la señal EMG para estudiar el sistema óseo y muscular en pacientes con maloclusión clase II, el segundo autor establece las indicaciones de la electromiografía en Odontología, por último Castroflorio evalúa la reproducibilidad de la amplitud de la señal EMG de superficie.

En síntesis, este trabajo de investigación pretende dar paso para explicar a la Electromiografía como auxiliar de diagnóstico en la Odontología en padecimientos en los que se vean involucrados los músculos de la masticación.

Para lograr dicho objetivo se retoman conceptos del sistema muscular como tejido muscular esquelético, las túnicas o revestimientos musculares, los tipos de fibras musculares y los tipos de contracción que sufre el músculo. Por otra parte, se abordan generalidades del sistema nervioso así como también de las células que lo componen, particularmente, de la neurona, adicionando el concepto de conducción nerviosa, repolarización y despolarización.

Existe un apartado que se encarga de puntualizar el sistema estomatognático partiendo de su concepto, estructura, órganos junto con su Neuromusculatura y organización en unidades funcionales, donde se expone la Anatomía de la unidad cráneo-mandíbular mencionando los músculos que participan en la masticación.

Siguiendo adelante se menciona lo que es un Electromiógrafo así mismo se define el fin para el que se utiliza, se establecen sus funciones, componentes con la particularidad de ejemplificar los tipos de electrodos y sus características, paralelamente se enuncian cuáles son sus ventajas, más aun, se mencionan sus desventajas.

Adentrándose más en el tema de la Electromiografía, se proponen estrategias para la colocación de electrodos de registro seguido de los parámetros que se obtienen a partir de esta bioseñal sirviendo como ejemplo el potencial de acción de la unidad motora, amplitud y frecuencia de señal. Paralelamente, se ofrecen los

dos tipos de técnicas electromiográficas como son superficial y profunda, siendo la primera la menos traumática y la más empleada en el paciente. Cabe destacar que se propone la metodología clínica para la obtención de señales electromiográficas de superficie con una división en tres fases siendo estas: Fase previa, de registro y finalmente procesado.

Finalmente se presentan las aplicaciones que ha tenido la EMG en el campo de la Odontología apoyándose en bibliografía tanto en Español como en Inglés, en los cuales se describen los estudios de investigadores que en su mayoría han hecho una comparativa de los registros electromiográficos en pacientes con diversas afecciones y los contrastan con los resultados de pacientes sanos, en síntesis, en este apartado se encuentra el propósito de la investigación, una breve descripción de cómo utilizaron la electromiografía, los resultados estadísticamente significativos que obtuvieron y las conclusiones a las que llegaron.

## Planteamiento del problema.

El punto de partida del presente estudio se encuentra basado en investigaciones de carácter científico donde el primer empleo de este aparato diagnóstico data del año 1949, en donde el área de Ortodoncia fue la pionera en hacer una evaluación con este artefacto.

Desde entonces han surgido otras aplicaciones en diversas áreas odontológicas, sin embargo, algunos odontólogos y/o estudiantes de la licenciatura desconocen por completo qué es la electromiografía y para qué sirve, acompañándose también del poco conocimiento en su uso e interpretación.

De tal manera que el presente trabajo permite conocer la utilidad de carácter diagnóstico que esta herramienta puede brindar en los músculos de la masticación para que de este modo se conozcan indicaciones, contraindicaciones, ventajas y desventajas de la electromiografía en el campo odontológico.

Formulando así la siguiente pregunta de investigación ¿Es la Electromiografía un auxiliar de diagnóstico en odontología?

## Justificación.

La electromiografía ha sido de gran utilidad en diversas áreas de las ciencias médicas, por ejemplo se ha empleado en Neurología para conocer el estado del sistema nervioso tanto sensitivo como motor, similarmente en Ortopedia se evalúa la activación y coordinación muscular, algo semejante ocurre en Medicina del deporte en donde esta técnica provee información sobre el estado de la fuerza muscular.

Por otra parte, en el área Odontológica se ha destinado a formar parte de un protocolo de carácter diagnóstico, sin embargo, no se ha logrado esclarecer la metodología indicada para efectuarse como un auxiliar de diagnóstico en la práctica del Cirujano Dentista. Dicho lo anterior, la literatura señala que la prevalencia de la Disfunción Temporomandibular va desde un 11 a un 44% de la población adulta, agrupándose dentro de esta disfunción la afectación en músculos de la masticación también conocido como síndrome de dolor miofascial y problemas internos de ATM como osteoartritis.

Dada la ausencia de investigaciones que incluyan datos sobre la descripción de un Electromiógrafo, de sus partes, su funcionamiento e interpretación además de la preparación del paciente así como el ambiente de registro, la zona de registro, y finalmente las estrategias para la colocación de los electrodos resulta conveniente realizar un documento que aporte información al respecto.

## Objetivo general y objetivos específicos.

### Objetivo General:

- Describir el empleo de la electromiografía como un auxiliar de diagnóstico en Odontología.

### Objetivo Específicos:

- Demostrar las aplicaciones que ha tenido la electromiografía en el campo odontológico.
- Expresar las indicaciones, contraindicaciones, ventajas y desventajas de su empleo
- Identificar las zonas de registro de la señal electromiográfica para los músculos de la masticación

## Capítulo 1: Sistema Muscular, Sistema Nervioso y Sistema Estomatognático

### 1.1. Tejido Muscular esquelético: características, constitución

#### Tejido Muscular esquelético: Características

Puesto que, el músculo es una estructura contráctil que provoca el correcto funcionamiento de acciones, específicamente, los músculos que integran el sistema estomatognático realizan las siguientes: *alimentación, masticación, succión, deglución y fonación*. (1)

En consecuencia, hay que tener presente que este tejido es de origen mesodérmico, se clasifica en tejido *muscular liso*, el cual presenta una contracción involuntaria y **estriado** que a su vez tiene dos variantes, siendo cardíaca y esquelética, constituido unidades celulares denominadas miocitos. (1)

#### Tejido Muscular esquelético: Constitución

Cabe señalar que, el tejido muscular esquelético es de contracción voluntaria rápida, sostenida y se asocia a estructuras óseas. Su constitución celular, igualmente está dada por miocitos rodeados por una membrana conocida como **sarcolema**, además de poseer un citoplasma denominado **sarcoplasma**. La estructura anterior está ocupada por unidades cilíndricas llamadas **miofibrillas** que están organizadas en patrones ordenados como podemos observar en la siguiente figura (figura 1). (1)

Así pues, se tiene que la unidad estructural y funcional del músculo estriado es calificada como **sarcómero**, que mide 2-3 micras que se acorta cuando se

presenta una contracción. Asimismo, se conoce que los **miofilamentos** son los responsables de esta contracción muscular, existiendo dos clases *miosina* y *actina*. (1)

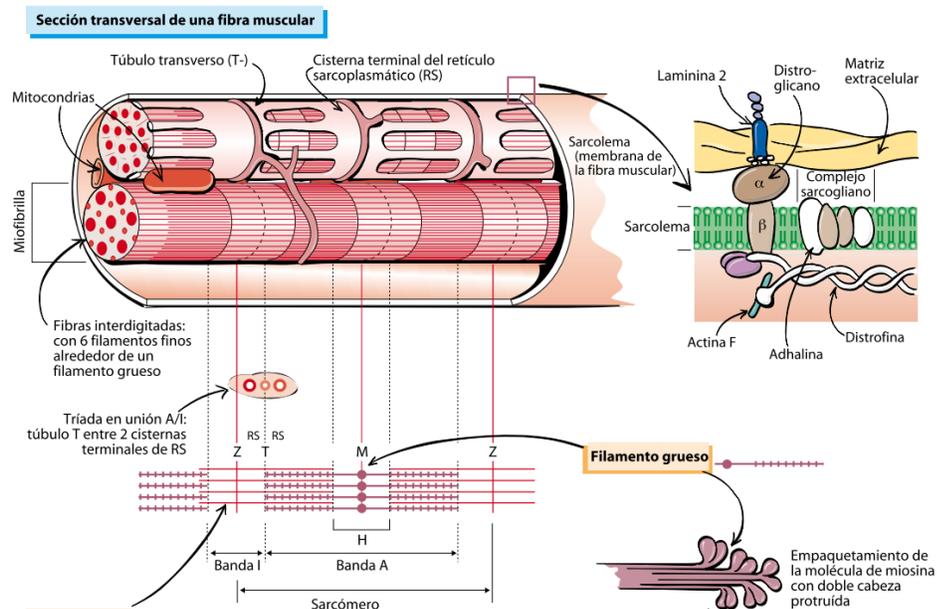


Fig. 1 Estructura Interna del Músculo Esquelético. Tomado de Chiavaro, N. Funciones y disfunciones estomatognáticas. [Internet]. 1a Ed. Buenos Aires, Argentina.: Librería Akadia; 2011. Disponible en: <http://www.editorialakadia.com.ar>

Por consiguiente, los filamentos de miosina también conocidos como gruesos, están formados por numerosas moléculas de ésta proteína configurada por una porción en doble hélice designado con el nombre de cola, por el otro lado en los extremos se presenta la porción de polipéptido nombrada cabeza. En cambio, los filamentos de actina están constituidos por la antes mencionada aunada a dos proteínas más tales como troponina y tropomiosina. Configuradas por una molécula de actina de doble hebra, enrollada en forma de hélice más una

molécula de Adenosindifosfato (ADP), la cual interactúa con la miosina dando como resultado la contracción muscular. (1)

Además, el tejido muscular esquelético está compuesto por dos tipos de fibras, prueba de ello son las **Fibras musculares rojas de tipo I** que contienen pocos miofilamentos gruesos, de manera que se encuentran altamente vascularizados debido a la importante cantidad de mioglobina, siendo participes en esfuerzos de larga o media duración. Por otra parte las **Fibras musculares blancas de tipo II**, se dividen en subtipos A y B, las primeras se caracterizan por tener menor vascularización y mayor número de miofilamentos gruesos, activándose en ejercicios de duración breve. En otro orden de cosas, las fibras musculares tipo II B, disponen de menos filamentos gruesos y en comparativa con las del tipo A menor vascularización, participando en ejercicios intensos y rápidos. (1,2)

Ahora bien, en vista de que cada fibra muscular puede estar rodeada por alguna otra estructura como tejido conectivo, vasos o nervios, cuando se tiene la miofibrilla envuelta en una delgada capa de tejido conectivo se le denominara como **endomisio**, por otro lado, cuando un grupo de fibras conforma un fascículo rodeado por haces de colágena se tiene el **perimisio**, a continuación, cuando el músculo propiamente dicho se encuentra envuelto por otra capa de tejido conectivo fibroso se nombrara como **epimisio** o aponeurosis, ilustrados en la figura número dos (figura 2). (1,3)

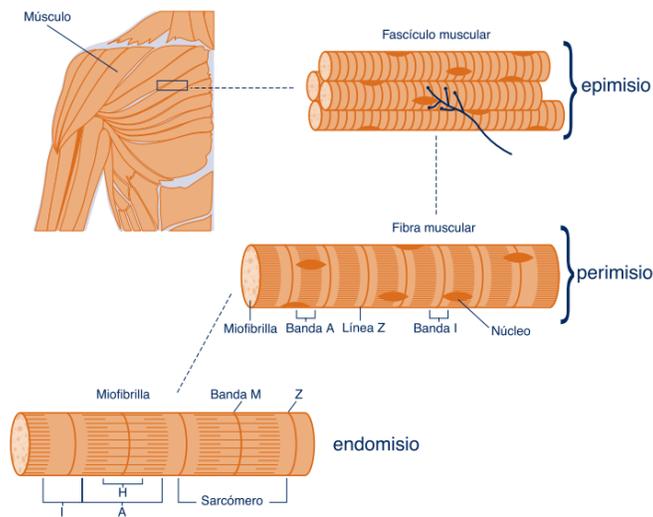


Fig. 2 Ejemplificación de la estructura de tejido conectivo que rodea cada capa de tejido muscular. Tomado de: Pérez E, Fernández A. BLOQUE III. PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS CON LAS NECESIDADES DE MOVIMIENTO Y ACTIVIDAD FÍSICA. In: Auxiliar de Enfermería. 6a ed. McGraw-Hill Interamericana; 2009. p. 83.

Conviene distinguir que los **husos musculares** se emplean en el sistema estomatognático, más específicamente en los músculos elevadores de la mandíbula. Tienen la característica de actuar como receptores de estiramiento, los cuales le permiten al sistema nervioso central monitorear constantemente la posición del sistema locomotor así como el estado de contracción-estiramiento de los fascículos musculares que constituyen los músculos. (1,4)

Por lo que es preciso tener presente que la célula muscular común (**extrafusil**) es contráctil, de forma cilíndrica, con un tamaño que varía de 10 - 100 micras, de esta manera constituye la masa del músculo, en cambio las células **intrafusales** son de menor tamaño y número, por tanto se localizan en zonas proximales a inserciones tendinosas, asimismo se hallan dentro de tejido conectivo de aspecto alargado por lo que se denomina huso muscular por consiguiente controlan la

tensión así como grado de estiramiento dentro de los músculos esqueléticos.  
(1,4,5)

Retomando a las fibras intrafusales, éstas se presentan dispuestas en grupos, el primero de dos a cuatro fibras con núcleos redondeados concentrados en el centro de la fibra, mientras que el segundo grupo contiene de seis a ocho fibras con núcleos conformados en hilera. (4)

Estos grupos tienen relación con fibras nerviosas sensitivas que mandan información desde el huso muscular, siendo aferentes, hacia la medula espinal y fibras nerviosas motoras que captan información desde la medula espinal hacia el huso denominándose eferentes. Por esta razón, cuando el fascículo muscular se distiende, las terminaciones nerviosas se activan y envían impulsos a la medula espinal para que el huso regule la actividad motora. (4)

## 1.2. Sistema Nervioso (generalidades), células del SN, conducción nerviosa.

Sistema nervioso generalidades: Partiendo de que el sistema nervioso se clasifica como central (SNC) y periférico (SNP), donde el primero está integrado por el encéfalo y la medula espinal, mientras que el segundo se encuentra compuesto por nervios craneales (12 de estos), nervios Raquídeos/espinales ( en número de 31) y ganglios relacionados. Ahora bien, la configuración del SNP está dividido en *sensorial (aferente)* y *motor (eferente)* donde éste último se categoriza en **somático**, caracterizado por recibir información de las neuronas así como también

del musculo esquelético, por el contrario, la categoría **autónoma** recibe información del SNP Simpático y Parasimpático. (6)

### Células del Sistema Nervioso:

#### **La neurona y sus componentes**

En primer lugar como componente principal encontramos a la neurona, también conocida como célula nerviosa, la cual se encarga de transmitir mensajes entre el sistema nervioso y cualquier parte del cuerpo. Esta célula se constituye por un **cuerpo celular o soma** donde se encuentra el núcleo, con función principal de proporcionar soporte metabólico vital para la neurona, motivo por el cual no se encuentra como participe en el proceso de transmisión del impulso. Similarmente, existen un tipo de prolongaciones que emanan del cuerpo celular conocidas como **dendritas** que reciben los impulsos de otra neurona o del medio ambiente y el **axón** que de igual manera es una prolongación que surge desde el soma. Esta estructura es importante por el hecho que aquí es en donde transita el estímulo eléctrico hacia los órganos u otras neuronas, el axón posee una membrana en su superficie exterior llamada **axolema** que consta de dos capas moleculares lipídicas, donde los extremos hidrófilos se localiza hacia la superficie externa a diferencia de los extremos hidrófobos que se ubican en la zona intermedia del axolema. Por otra parte en su interior se encuentra ubicado el citoplasma del axón, denominado **axoplasma** el cual es una sustancia gelatinosa que tiene una destacada función en la conducción nerviosa, siendo específica en la despolarización y repolarización como se abordara más adelante. (7–9)

A continuación, se indicará la clasificación de los axones de acuerdo a su morfología, dependiendo el número de prolongaciones que parten desde el soma agrupándose en **unipolares (pseudounipolares)**, que actúan como neuronas sensitivas, es decir, detectan algún tipo de estímulo enviándolo a la medula espinal y de ahí al cerebro, **bipolares** cuando hay dos extensiones siguiendo una taxonomía interneuronas, que conectan neuronas sensitivas con motoras y **multipolares** llevando la información del cerebro y medula espinal a los músculos y glándulas (órgano efector). (10)

Merece la pena subrayar que los axones pueden o no poseer cubierta de mielina designada como vaina de mielina, donde conviene distinguir que esta envoltura se constituye en un 75% de lípidos, 20 % de proteínas y 5% de hidratos de carbono. Dicho lo anterior, las que presentan esta estructura reciben el nombre de célula de Schwann, que derivan de fibras periféricas. Es preciso tener presente que el axón se encuentra interrumpido por brechas o intervalos denominados nódulos de Ranvier, sitio en el cual la membrana nerviosa se encuentra en interacción con el medio extracelular. (1,7)

Asimismo, otro elemento importante del axón es el extremo final conocido como **botón o terminal nerviosa pre-sináptica** que permite el enlace (comunicación intraneuronal), estableciéndose aquí el sitio donde ocurre la liberación de neurotransmisores que los recibirá la otra célula nerviosa (elemento post-sináptico) como se muestra a continuación (figura 3). (11,12)

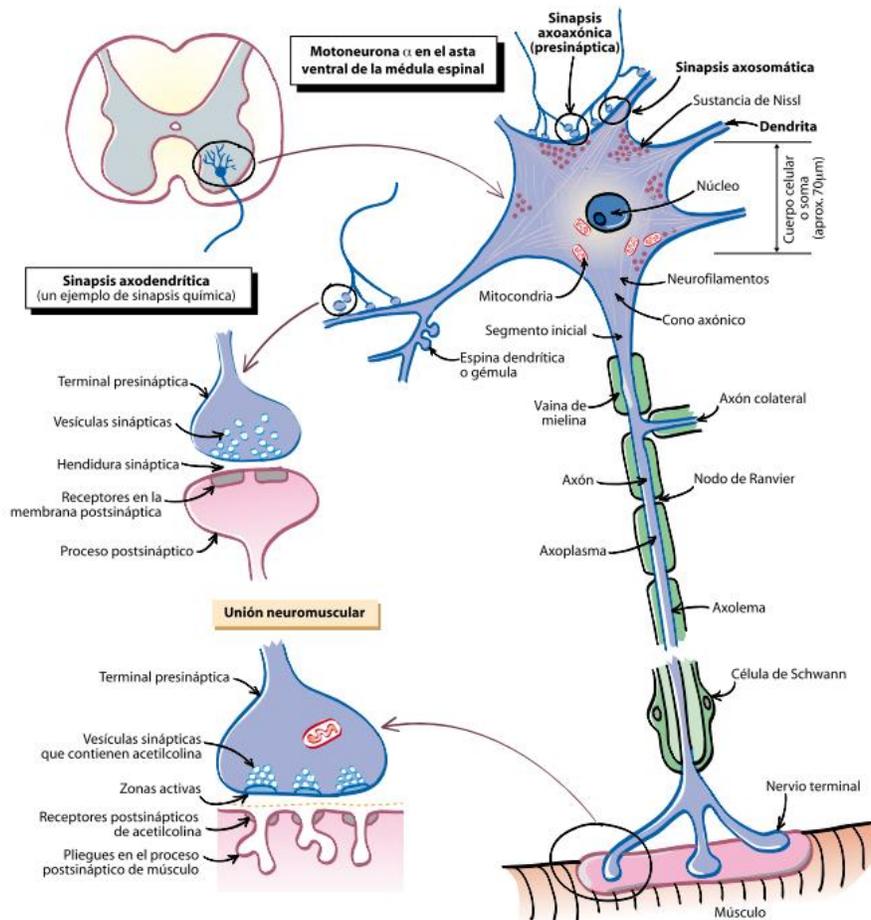


Fig. 3 Componentes de la Neurona. Tomado de Chiavaro, N. Funciones y disfunciones estomatognáticas. [Internet]. 1a Ed. Buenos Aires, Argentina.: Librería Akadia; 2011. Disponible en: <http://www.editorialakadia.com.ar>

De esa manera, se inicia el enlace o sinapsis, existiendo dos tipos: **química** y **eléctrica**. La primera se genera cuando existen cambios iónicos por ejemplo del calcio, sodio y potasio en la membrana, precisando que ocurren por mediadores conocidos como neurotransmisores prueba de ello son: Acetilcolina, dopamina, noradrenalina, adrenalina, serotonina, histamina, ácido gama-amino butírico (GABA), glicina, glutamato, aspartato, taurina, prolina, sustancia P (por su sigla en inglés "Pain"). En cambio, la segunda se da por medio de la unión comunicante de

membrana, que se puede dar sin la necesidad de neurotransmisores, en adición, se caracteriza por ser de comunicación bidireccional por el hecho que los canales de la unión presentan baja resistencia a un potencial local (señal eléctrica) sea de polaridad positiva o negativa, motivo por el cual suele ser más rápida. (10–13)

Conducción nerviosa: En primera instancia debe existir un estímulo que es el responsable de excitar la membrana aumentando su permeabilidad a los iones de sodio  $\text{Na}^+$ , de este modo se da paso a un flujo de este elemento hacia el interior de la membrana que es de carga negativa con la ayuda de los canales de membrana, adicionalmente presenta potasio  $\text{K}^+$  provocándose así una **despolarización** de la membrana hasta que alcanza un umbral de disparo necesario para generar un potencial de acción (impulso nervioso), de esta forma, ahora el interior es de carga positiva, por lo que sigue la **repolarización** de esta membrana, en la cual, la permeabilidad al sodio se inactiva, en cambio el paso de potasio aumenta, saliendo así del interior de la célula produciendo un estado inicial o de reposo. (7,10,14)

### 1.3. Motoneuronas, unión neuromuscular, contracción del músculo esquelético y tipos de contracción

#### Motoneuronas:

Para comenzar, tenemos el antecedente que cada fibra muscular esta inervada por un axón procedente del SNC hasta la periferia, siendo así, estas neuronas son las encargadas de transferir el impulso nervioso a los músculos. Este tipo de neuronas se disponen en primera instancia en *motoneuronas alfa* que se

encuentran fuera de los husos musculares mientras que en segunda instancia tenemos a las *motoneuronas gamma* dentro del huso muscular. (7,15)

En consecuencia, las **neuronas motoras alfa** son las encargadas de generar fuerza de movimiento en el músculo, inervada por únicamente por axones de tipo sensitivo (aférentes), es decir, su estimulación se da a nivel dendrítico y la conducen hasta el SNC. Pasemos a las **neuronas motoras gamma** responsables de la contracción de la fibra muscular modificando su longitud en virtud del grado de estiramiento del músculo, siendo eferentes, esta última característica es posible por medio de estar inervada por un axón sensorial y uno motor que son detectadas por las terminaciones nerviosas espirales. (15,16)

#### Unión neuromuscular:

Inicialmente, este concepto fue descrito por Doyere en 1840, el cual hace alusión a la capacidad del sistema nervioso en conjunto con el sistema muscular para transmisión y recepción de mensajes químicos (sinapsis). Específicamente entre el botón final del axón de una motoneurona eferente y la membrana de la fibra muscular, formando una estructura funcional llamada **unidad motora** conforme se aproxima al tejido muscular que se ramifica para inervar diversas fibras musculares. Véase Figura 3 (15,17,18)

#### Contracción del músculo esquelético:

En consecuencia, el control de la contracción se encuentra proporcionado por la unión neuromuscular debido a que el tejido nervioso cuando alcanza a la miofibrilla pierde su capa de mielina para formar ramas terminales contra la

superficie muscular. Por lo que el nervio (el axón motor) se encuentra separado de la superficie del músculo por la *hendidura sináptica*, en la cual se libera acetilcolina por medio de la transmisión neuromuscular. Los receptores de acetilcolina están situados en la placa postsináptica del músculo, de tal modo que tienen una respuesta mediante la apertura de sus canales para la entrada de iones de sodio dentro del músculo para despolarizarlo. Así pues, el potencial eléctrico se prolonga a lo largo de la membrana del músculo mediante la apertura de dichos canales que están presentes por toda la membrana del tejido muscular, iniciándose así una contracción. (17,18)

### Tipos de contracción

Cuando el músculo se activa, se generan dos posibles tipos de contracción. La **contracción de tipo isométrica** es aquella que se genera cuando la carga que se opone al acortamiento del músculo es más grande que la tensión producida en éste, por ende la longitud muscular es igual, aunado a lo anterior, este tipo de contracción se caracteriza por no movilizar el hueso en el que se inserta. Sin embargo, en la **contracción de tipo isotónica**, la tensión que se produce en el tejido muscular es constante de tal manera que desplaza a la carga que se le opone dando como resultado que el tejido en cuestión se acorte, traducándose en lo que se conoce como desplazamiento o movilización del hueso en donde se inserta el músculo. (1,19)

## 1.4. Sistema estomatognático: Concepto, Estructuras, Órganos, Neuromusculatura y su organización en unidades funcionales

### Sistema Estomatognático Concepto y Estructuras:

En primer lugar, la palabra estomatognático se compone de dos vocablos griegos *stoma* que significa boca o cavidad oral y *gnatos* que hace referencia a mandíbula. De tal modo, su concepto comprende un complejo biológico representado como una **unidad morfofuncional** compuesta y regulada por estructuras esqueléticas, musculares, angiológicas, nerviosas, glandulares y dentales que se encuentra situado en la región craneal, cervical y facial con límites establecidos anatómicamente en dirección cráneo-caudal desde los rebordes supraorbitarios hasta el hueso hioides. (20,21)

### Sistema Estomatognático Órganos:

Inicialmente se tiene conocimiento que las células al organizarse dan lugar a tejidos, los cuales poseen la misma especialización, de tal forma, desempeñan la misma función, por otra parte los órganos son el resultado de la agrupación de tejidos distintos con una función determinada, donde el sistema estomatognático no es la excepción, pues cuenta con los siguientes órganos: Fosas nasales, cavidad bucal, faringe y laringe. (22)

### La Neuromusculatura y su organización en unidades funcionales

El rol que cumple la Neuromusculatura en el sistema estomatognático es organizar las fibras musculares, los receptores, vías, centros nerviosos, neuronas motoras, en un sistema funcional que se ajusta y regula dependiendo la acción que se deba

realizar como ejemplo tenemos: la comunicación oral, gestual, la posición de cabeza y mandíbula. Incluso se puede establecer un ordenamiento de la musculatura del sistema estomatognático en un comportamiento funcional denominado *Unidades Funcionales* tomando como punto de partida el cráneo, teniendo las siguientes denominaciones: **Cráneo-cervical**, **Cráneo-mandibular**, **Cráneo-facial**. (22)

### 1.5. Descripción de la unidad funcional Cráneo-cervical y Cráneo-Mandibular

La unidad **cráneo-cervical** cumple con el sostén de la postura en reposo del cráneo además de la mandíbula, asimismo, la ubicación del cráneo con respecto a la columna cervical y tronco. Similarmente, se le atribuyen músculos extensores incluso flexores, entrando dentro de los primeros el complejo sub-occipital, Complejo mayor y menor, Esplenios, Trapecios, por otra parte, en los segundos se agrupan Esternocleidomastoideos, Escalenos, Rectos anteriores.(22)

En otro orden de cosas, la unidad **cráneo-mandibular** será de suma relevancia para este trabajo monográfico, debido a que es esta, donde su actividad se puede observar de manera objetiva a través de los Sistemas de análisis bioeléctrico que se abordara más adelante. Así pues, la función primordial de esta unidad es que parte de la posición de reposo para ejecutar los movimientos de desplazamiento mandibular. Para ilustrar mejor, se tiene que se compone de músculos elevadores, músculos depresores, suprahioides, y de lateralidad. (22)

## 1.6. Anatomía de la unidad funcional Cráneo- Mandibular

Para la descripción anatómica de esta unidad funcional se desarrolló la siguiente tabla.

Tabla 1. Anatomía de la Unidad Cráneo-Mandibular

Músculo	Origen	Sitios de Inserción	Dirección de las fibras musculares (del punto fijo al móvil)	Inervación	Irrigación	Acción sobre la mandíbula
Temporal	Fosa del temporal	Huesos: Temporal, Parietal, Esfenoides, Frontal, Mandíbula <i>particularmente en la apófisis coronoides</i> , Malar (8)	Haz anterior: Verticales Haz medio: Oblicuas, inferior y anterior Haz posterior: Horizontales (22)	División mandibular del V par craneal (23)	Arteria Temporal superficial	Elevación, Retrusión, Retropulsión Lateralidad (lado de trabajo) (1)
Masetero	Haz superficial: Apófisis cigomática Haz profundo: Borde inferior del arco cigomático	Huesos: Temporal, Malar <i>particularmente en <math>\frac{3}{4}</math> anteriores del borde inferior del arco cigomático</i> , Mandíbula <i>particularmente en el borde inferior de la cara interna (ángulo)</i> (8)	Haz superficial: Oblicuas, hacia abajo y atrás Haz profundo: Verticales (22)	Nervio Masetero (23)	Arteria Facial y arteria maxilar interna	Elevación Propulsor Retropulsor (1)
Pterigoideo Lateral o externo	Haz superior: Parte inferior del Ala mayor del Esfenoides Haz inferior: Lámina lateral de la apófisis pterigoides	Huesos: Esfenoides <i>con la peculiaridad de poseer dos cabezas anteriores de inserción superior o esfenoidal e inferior o pterigoidea</i> Maxilar Mandíbula (8)	Haz superior: Casi horizontales hacia abajo, atrás y lateralmente Haz inferior: Hacia arriba, atrás y lateralmente	Nervio Pterigoideo lateral (23)	Arteria Maxilar Interna	Elevación Descenso Propulsor Lateralidad (1)

Pterigoideo Medial o interno	Fosa Pterigoidea	Huesos: Esfenoides, Palatino, Mandíbula <i>particularmente en la cara medial de la rama ascendente y ángulo (8)</i>	Hacia abajo, atrás y lateral	Nervio Pterigoideo medial (23)	Arteria Pterigoidea interna	Elevación (1)
Digástrico	Ventre anterior: Fosa digástrica Ventre posterior: Escotadura mastoidea	Huesos: Temporal, Hioides, Mandíbula	Hacia abajo, adelante y medial	Nervio Facial y nervio Milohioideo (23)	Arteria Auricular Posterior	Descenso (1)
Milohioideo	Línea Milohioidea	Huesos: Hioides, Mandíbula	Hacia arriba y adelante	Nervio Milohioideo (23)	Arteria Milohioidea	
Genihioideo	Apófisis Geni			Nervio Hipogloso (23)	Arteria Lingual	

Músculos de la masticación accesorios

Músculo	Origen	Sitios de Inserción	Dirección de las fibras musculares	Inervación	Irrigación	Acción
Tensor del Tímpano	Extremo posterior de la pared superior del cartílago de la trompa de Eustaquio y parte adyacente del ala mayor del hueso Esfenoides (23)	Base del mango del martillo	Abajo con convergencia en el hamulus pterigoideo (24)	Ramo del nervio Pterigoideo medial y división mandibular del nervio Trigémino	Arteria Timpánica superior	Tira en dirección medial la membrana timpánica

Tensor del Velo del Paladar	Espina y fosa escafoidea del hueso Esfenoides, asimismo, membrana y cara inferior del cartílago de la trompa de Eustaquio (23)	Aponeurosis del velo del paladar en su línea media y lamina horizontal del hueso palatino	Abajo con convergencia en el hamulus pterigoideo (24)	División mandibular del nervio Trigémico  Plexo faríngeo del nervio Vago	Arteria Facial	Tensa y eleva el paladar blando en la deglución y participa en la apertura del orificio de la trompa de Eustaquio
-----------------------------	--	---	---	--	----------------	---

Fuente: Directa.

Dada la estrecha relación que guarda el tejido muscular y el oído medio es común que los pacientes con desordenes de ATM refieran sintomatología de tipo dolorosa en las estructuras antes mencionadas. Lo anterior se alude en referencia a que el músculo tensor del tímpano (también conocido como músculo del martillo) se le adjudica ser un músculo masticador, puesto que los estudios realizados por Ramírez, Ballesteros y Sandoval prueban en cadáveres humanos su interrelación. (24,25)

En ese mismo sentido, estos autores a su vez citan el trabajo realizado con electromiografía en donde realizan pruebas con el músculo tensor del tímpano en donde se obtiene como resultado una afinidad con musculatura orofacial. Hay que decir también, que cuando los músculos masticadores se activan se producen movimientos de tensión y contracción, mientras al mismo tiempo se ejecuta una contracción refleja en el músculo tensor del velo del paladar (peri-estafilino externo o músculo elevador del velo del paladar), en virtud de la inervación motora que el ramo V<sub>3</sub> del Nervio Trigémico proporciona a la mandíbula, dicha afirmación fue

observada por diversos autores sirviendo de ejemplo Klockhoff en 1961, Myrhaug en 1964, Bernstein, en 1969 y por Arlen en 1977. (24,25)

## Capítulo 2: El Electromiógrafo

### 2.1. ¿Qué es y para qué se utiliza el Electromiógrafo?

Es un sistema computarizado que permite registrar la función de la relación cráneo-mandibular como son dientes y en específico los músculos de la masticación, de tal modo que se puede corroborar las mejoras en diversos tipos de tratamiento dentales, de ahí que, es empleado como un auxiliar de diagnóstico que nos arroja datos sobre el estado oclusal, muscular y de la ATM. Sobre todo, este artefacto permite la evaluación del estado funcional del SN Central y Periférico especialmente en *laboratorios de Neurofisiología*, así pues, este equipo de diagnóstico tiene el propósito principal de efectuar la exploración neuromuscular ejemplificado a continuación (figura 4). (26,27)



Fig. 4 Registrador Electromiográfico. Tomado de Durán C, Jaimes A. Optimization and Classification of EMG Signals Through Pattern Recognition Methods. Iteckne [Internet]. 2013;10(1):67–76. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-17982013000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-17982013000100009)

## 2.2. Funciones generales del Electromiógrafo

Este artefacto se enfoca en medir potenciales eléctricos de las unidades motoras, que derivan de la corriente iónica generada por el paso de este potencial de acción a la unidad motora y por consiguiente a la fibra muscular. (28,29)

## 2.3. Componentes del Electromiógrafo

### Electrodos:

Son un instrumento de medida y registro que convierte el potencial iónico en potencial electrónico, también generan la interfaz de comunicación entre el cuerpo humano y el dispositivo biomédico. (28,30,31)

### Tipos de electrodos:

Existen tres tipos de electrodos para medir potenciales bioeléctricos, clasificándose en: *Microelectrodos*, *Electrodos de superficie o superficiales*, *Electrodos de aguja o profundos*. Los **Microelectrodos** presentan punta pequeña que penetra la célula sin dañarla para obtener registros de su interior. Se dividen a su vez en dos, *metálicos* que se obtienen mediante el afilado electroquímico hasta su conformación en tamaño comparado con la punta de un hilo y de *micropipeta* constituida por una pipeta pequeña de vidrio con punta larga de aproximadamente una micra de diámetro. Por otra parte, los **electrodos de superficie** se emplean para obtener el potencial bioeléctrico como lo indica su nombre, en la superficie del cuerpo. De ahí que sean utilizados para recabar datos bioeléctricos en la

*electromiografía*. Finalmente, para los **electrodos profundos** se utilizan pequeñas agujas sub-dérmicas, compuestas de un hilo de cobre o platino con el fin de registrar la actividad electromiográfica de músculos en específico, siendo más común su utilización en neurología clínica, con la configuración mostrada en seguida (figura 5). (28)

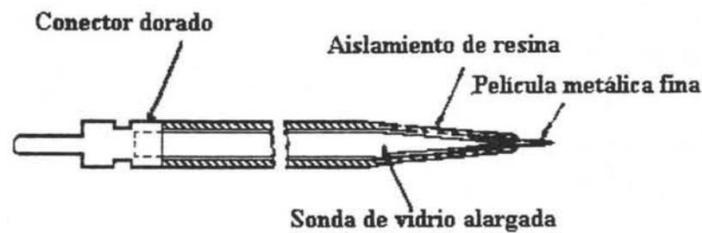


Fig. 5 Ejemplo de Microelectrodo. Tomado de García T. Capítulo IV Electrodo. Universidad Autónoma Metropolitana; 2005.

Existen otro tipo de electrodos que se clasifican de acuerdo a su polaridad, siendo **Monopolares** cuando se coloca un electrodo en un haz muscular de interés mientras otro electrodo se coloca en un punto no afectado por la actividad de ese haz, seguidamente se mide la diferencia de potencial entre esos dos puntos. Cabe mencionar que los electrodos **Bipolares** se componen por dos electrodos en la región de estudio con un tercer electrodo, llamado electrodo “tierra”, el cual, se coloca en un lugar no afectado por la actividad de la región de interés. Después, se mide la diferencia de potencial eléctrico entre ambos electrodos en la región de interés, tomando como referencia el electrodo de tierra. (32)

## 2.4. Características del electrodo

### Configuración y material del que están compuestos los electrodos superficiales:

Dentro del agrupamiento de electrodos de superficie se encuentra que existen: de *inmersión*, de *placa metálica*, de *copa de succión*, y el más actual, el **electrodo flotante**. Siendo este último, más pequeño, en forma circular, con una cavidad que contiene el disco de plata/ cloruro de plata (Ag/AgCl) y el electrolito, mostrados de la siguiente forma (figura 6).

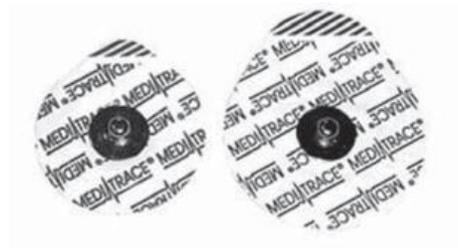


Fig. 6 Ejemplo de Electrodo de Superficie. Tomado de Urbina W. Martínez F. Implementación de un electromiógrafo con interfaz USB. Rev Tecnura. 2012;16(33):117–30.

En adición, su objetivo principal de trabajo es eliminar el movimiento entre el sitio de colocación del electrodo y el electrolito, la razón se debe a que los predecesores del electrodo flotante tenían el inconveniente que se deslizaban del sitio de colocación o existía un desplazamiento del electrodo después de un periodo largo de tiempo. Hay que mencionar que para que se logre lo anterior se debe gracias a que su configuración evita el contacto directo con la superficie de colocación. Puede agregarse que la única vía de comunicación es la que dispone entre el *metal-piel-gel* formando así un puente electrolítico. De manera que esta clase de electrodo está configurado por dos estructuras: una rígida que se

conforma por un aro (anillo) adhesivo con el que se fija a la piel, aun así, en algunos casos no se adaptan de manera eficiente sobre zonas de curvatura y una flexible que trabajan con la ayuda de geles o pastas electrolíticas, lo cual posibilita la fijación en la zona a evaluar, como muestra este esquema (figura 7). (28,33)



Fig. 7 Configuración interna de un electrodo de superficie. Tomado de García T. Capítulo IV Electrodo. Universidad Autónoma Metropolitana; 2005.

### Ventajas de los electrodos superficiales

Una aclaración sobre estos dispositivos de registro es que poseen virtudes e inconvenientes. A continuación, se dispondrán las ventajas en cuanto a la utilización de los electrodos de superficie, donde se puede incluir lo siguiente: *Facilidad de colocación, no son invasivos, no producen dolor, poseen buena calidad en la reproducción de la señal, es decir, tienen aceptable amplitud de señal, cualidad que los hacen excelentes para análisis de movimiento, más aún, no tienen limitación con respecto a superficie estudiada o tiempo máximo de registro.* (29,34–36)

### Desventajas de los electrodos superficiales

En otro sentido, algunos ejemplos en lo que compete a las desventajas de estos electrodos son: *la piel debe prepararse adecuadamente* mediante la aplicación de antisépticos para estar libres de sudor u otra sustancia cuando se disponen en

monitoreos de larga duración, aunado a lo anterior, *el uso prolongado de estos instrumentos puede provocar irritación* debido a la interacción (interfaz) corriente-piel, por otro lado, otra consideración negativa es que *son propensos a despegarse del sitio de colocación* donde es preciso tener presente que requiere de personal entrenado para efectuar una recolocación. Puesto que los electrodos superficiales permiten un registro global del músculo, *únicamente se puede realizar el estudio superficial de este, dejando de lado fascículos más profundos*, por último, *presentan gran posibilidad de recabar señales de los músculos adyacentes fenómeno conocido como "Cross-talk"* de ahí que se deben tener presentes las estrategias de colocación evitando zonas adyacentes a otros músculos y se debe testear adecuadamente la actividad del músculo a registrar. (29,35,36)

#### Ventajas de los electrodos profundos

En comparación con los electrodos de superficie, los electrodos intramusculares precisan algunas ventajas por ejemplo requieren menor preparación de la zona de registro, son menos propensos al ruido cruzado debido a que la recolección de la bioseñal es muy selectiva de ahí que únicamente se recolecta información de una sola fibra muscular, asimismo captan un rango más alto de frecuencias. (18,36,37)

#### Desventajas de los electrodos profundos

Generalmente este tipo de electrodos para registro se clasifica como una técnica invasiva que causa incomodidad ya que el electrodo se inserta una vez que el músculo sufre una contracción a una profundidad de 20 mm. Por otra parte, el

paciente puede ser susceptible a una infección en la zona de registro así como también sangrado por la inserción de las agujas que componen el dispositivo biomédico. (18,36,37)

#### Principio de trabajo de los electrodos superficiales (activación muscular)

Los electrodos superficiales pueden registrar la actividad de la zona estudiada por medio del fenómeno conocido como captación de señales musculares, la cual es una difusión iónica dentro del tejido muscular que va a dar origen a un campo eléctrico, este campo es el que será detectado por los electrodos de superficie. Más aun, dichos instrumentos recogen datos electroquímicos de la activación de varias fibras musculares que a su vez están inervadas por una unidad motora (moto neurona), en donde, cada potencial de acción (PA) (señal eléctrica/ impulso nervioso) corresponde a la activación de esa unidad motora, por su parte el potencial de acción de unidad motora (PAUM) se encuentra dado por la sumatoria de los potenciales de acción de las fibras musculares de cada neurona motora. En consecuencia, la **amplitud** del potencial de acción de una moto neurona depende del número y diámetro de fibras musculares del que esté compuesta esa unidad, mientras que la **duración** del potencial requiere del como estén distribuidas las unidades motoras dentro del tejido muscular. (29,34,36)

#### Estrategias para la colocación de electrodos:

En primer instancia debe considerarse que los electrodos de superficie se emplean cuando se requiere recoger la actividad general del músculo por lo que se deben analizar dentro de éstos los de posible acceso a su haz o fascículo

superficial tal como Masetero, Temporal y Digástrico (vientre anterior). En segunda instancia es de suma relevancia una correcta colocación para que la señal que se obtenga sea acertada, por lo que se mostraran algunas estrategias para ubicar de manera correcta los electrodos. La primera estrategia de colocación es en el **vientre muscular** exactamente en *un punto medio entre el punto de origen y el punto de inserción*, la segunda se da *entre la zona de inervación y el tendón distal*, y finalmente en el punto motor, sirviendo a manera de ilustración la siguiente imagen (figura 8). (29,34,36)

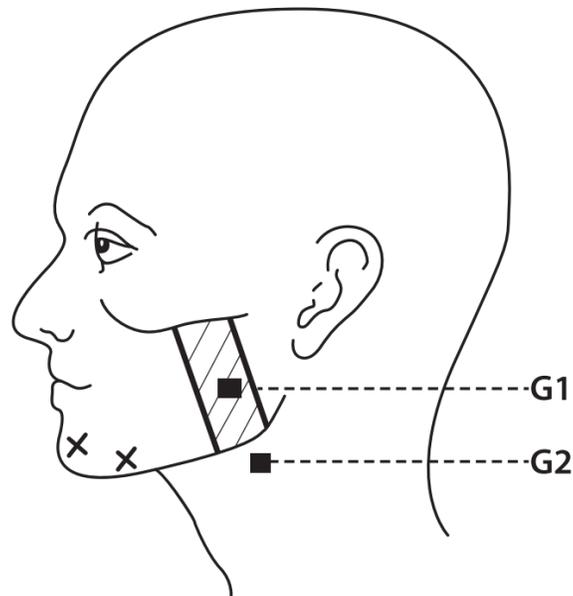


Fig. 8 Ubicación de los electrodos, siendo x sitio de estimulación, G1 Electrodo de Registro Activo y G2 Electrodo de Referencia para evaluar el reflejo mandibular. Tomado de Leon-Sarmiento F., Pabon M., Granadillo E. Evaluación neurofuncional del tallo cerebral parte II: Reflejo mandibular.

latreia. 2011;24(3):299–307.

## Capítulo 3: Características de la Electromiografía (EMG)

### 3.1. Definiciones de EMG

Existe una diversidad de definiciones sobre la electromiografía, sin embargo, algunos autores coinciden en que la EMG es el estudio electro-fisiológico del sistema neuromuscular, así como también en que esta técnica consiste en obtener un registro por medio de electrodos del potencial eléctrico y de igual manera es de relevancia su utilidad en la evaluación del funcionamiento nervioso de la musculatura, apoyándose en el cálculo de la velocidad de desplazamiento del potencial de acción permitiendo de esta forma el establecimiento de un diagnóstico. Por lo que este concepto hace referencia a las señales colectivas de los músculos y representa propiedades fisiológicas del mismo. (38,39)

De este modo la EMG es un medio para llegar a una valoración diagnóstica del aparato neuromuscular a través de señales gráficas y valores numéricos que interpretados de manera correcta manifiestan las condiciones del paciente particularmente de las fibras musculares y nerviosas. Asimismo, es definida como el recuento que determina si el músculo en cuestión sufre una contracción o no, por lo tanto se practica tanto en el campo clínico como de investigación. (40,41)

Otra definición de este registro se fundamenta en la grabación y estudio de las propiedades de carácter eléctrico que se da dentro del músculo esquelético. Siendo un procedimiento objetivo para valorar la actividad de este cuando buscamos proveer al paciente de un dictamen de carácter odontológico. (42)

Igualmente, se puntualiza que la Electromiografía es una disciplina que tiene estrecha relación con la detección, análisis y empleo de la señal eléctrica que se origina en la contracción muscular, de este modo se puede adquirir el *electromiograma* que data de los potenciales de acción de unidad motora cuando tiene lugar este evento, cuantificando así el comportamiento muscular. Además se obtiene información de este tipo de tejido cuando cumple ciertos propósitos particularmente en movimiento y relajación, en otras palabras, se alcanza una medición indirecta de la fuerza que es efectuada por el músculo. (43,44)

### 3.2. Parámetros electromiográficos

#### Potencial de Acción de la Unidad Motora:

Este concepto es definido como la sumatoria eléctrica originada por la contracción de cada fibra muscular que compone la Unidad Neuromuscular. En términos prácticos este potencial se consigue con una contracción leve. Así pues, este potencial de acción depende de factores **intrínsecos o fisiológicos**, entendiéndose por ellos los siguientes: *edad del paciente, profundidad, ubicación y grosor de las fibras, diámetro de ellas (amplitud y velocidad de conducción) composición de dichas fibras, número de unidades motoras activadas en un tiempo determinado (amplitud de la señal), temperatura interna del musculo, flujo sanguíneo intramuscular, resistencia de los tejidos, esto es la cantidad de tejido existente entre la superficie del musculo y el electrodo.* (29,45)

Análogamente, se asocian factores **extrínsecos o no fisiológicos** haciéndose notar: *tipo de electrodo, ubicación (amplitud y frecuencia de señal), distancia inter-*

*electrodo, zona de detección y orientación de esta, tamaño de superficie estudiada, sensibilidad del osciloscopio, propiedades eléctricas del amplificador, efectividad de los filtros, métodos de almacenamiento, finalmente representación de la señal. (29,45)*

### Características de las señales EMG

En definitiva, la señal electromiografía establece una interacción de tipo máquina-humano, en donde se le permite a este interrelacionarse de forma dinámica con el sistema técnico de la máquina, por lo cual, es necesario determinar que su funcionamiento se basa en la señal eléctrica que emana de los músculos. Igualmente, la señal EMG se forma por variables fisiológicas de la membrana muscular a causa de que la fisiología muscular está respaldada por la capacidad de excitación que poseen fibras de dicho sistema, a través del control neural. Más aún, la señal Electromiografía, se fundamenta por los Potenciales de Acción (PA) en la membrana semi-permeable de la fibra muscular como consecuencia de la despolarización y la repolarización que se describe en las propiedades eléctricas del sarcolema. (45,46)

De manera que existe un equilibrio iónico entre las células del tejido muscular con rango que va desde -70 a -90 micro-volts, estableciendo así un *potencial de descanso* en la membrana de la fibra muscular. Por otra parte, la **amplitud** se entiende por ser la altura máxima del PA, de tal suerte que la *señal bioeléctrica de superficie* discurre en un parámetro entre 0-10 micro-volts, paralelamente puede arrojar resultados en milivolts, esto dependiendo el músculo y sus condiciones en la fase de registro, junto con una **frecuencia** siendo el número de veces que se

repite el PA por unidad de tiempo, medición que es restringida entre 10 a 500Hz; en tanto que la *señal bioeléctrica profunda* se estima en un promedio de **amplitud** de 0.5 micro-volts, adicionándose una **frecuencia** de 10kHz, por ultimo una **duración** variable de 5-15 milésima de segundo para ambas señales. (29,45–47)

### Análisis de la señal electromiográfica

Dentro de las formas para poder obtener información objetiva sobre la señal EMG destacan dos parámetros siendo la Amplitud y la Frecuencia de la señal. En lo que concierne a la amplitud de la señal sobresale su capacidad para estimar el nivel de activación muscular mediante un cálculo en porcentaje que se obtiene analizando la media del “peak” (pico), de modo que la duración entre los picos se determina midiendo el tiempo entre el primer y el último pico del potencial de acción. Por ende el resultado se obtiene del área bajo la curva, es decir, se calcula la raíz cuadrática media de la señal electromiográfica (RMS, Root Mean Square por sus siglas en Inglés), concepto que se emplea cuando la señal bioeléctrica se somete a cálculos matemáticos que se diseñan para cuantificar la **intensidad y la duración** de diversos eventos de la señal electromiográfica. Por ende, el RMS es un parámetro que con frecuencia se escoge porque refleja el nivel de la actividad fisiológica en la unidad motora durante la contracción con el fin de registrar el porcentaje de activación muscular durante un gesto motor, método denominado Contracción Voluntaria Máxima (MCV Maximun Contraction Volume por sus siglas en Inglés) efectuando un registro de la señal del músculo a estudiar solicitando una contracción máxima con resistencia. Otra variable que se puede obtener es la **latencia de activación muscular** siendo definida como el tiempo que demora el

músculo en activarse antes de iniciar un movimiento, es decir, la reacción muscular, véase la siguiente ilustración (figura 9). (18,43,48)

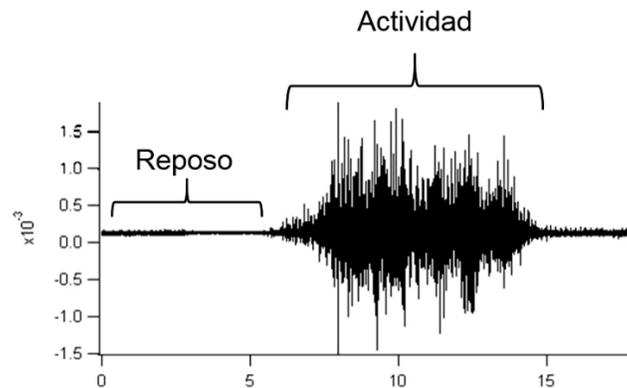


Fig. 9 Grafica que se obtiene a partir de una señal electromiográfica, ejemplificando actividad nula en reposo y actividad en contracción. Tomado de: Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G. Electromiografía en las Ciencias de la Rehabilitación. Salud Uninorte. 2018;34(3):753–65

### 3.3. Técnicas electromiográficas

Los estudios electromiográficos suelen dividirse en dos tipos de técnicas, que se acompañan con el empleo necesario de electrodos, cada técnica con cierto tipo de ellos e indicaciones particulares, veamos a continuación: (44,49)

#### EMG Profunda:

Este estudio electromiografico se realiza por medio de electrodos de aguja, insertados en los músculos de los que se desea obtener registro. De ahí que, aporten información sobre el funcionamiento integral del sistema motor, compuesto por: *la motoneurona, la unión neuromuscular y el músculo*. Por lo tanto, suministra registros de calidad y con gran especificidad; de manera que se

estudian las características de los **Potenciales de Unidad Motora (PUM)**. En adición, resulta muy eficaz en la identificación de enfermedades neurológicas que afectan a cualquier componente de la **Unidad Motora (UM)** tal es el caso de la motoneurona alfa, su axón y las fibras musculares que ella inerva. (50)

#### EMG Superficie:

Esta técnica consiste en la aplicación de electrodos autoadhesivos de superficie, que se disponen sobre la piel, entonces resulta que exploran un área más amplia del músculo. De esa manera, se logra contemplar el cambio de la actividad bioeléctrica del tejido muscular completo durante: **reposo, movimiento, contracción, relajación, fatiga y fuerza**. Dicho de otro modo, proporciona un acceso de manera sencilla al proceso fisiológico de este tejido; en conjunto, la actividad registrada por EMG de superficie cuenta con tres aplicaciones biomecánicas siendo: indicador de activación del músculo, fuerza producida en éste y proceso de fatiga interno. (36,50,51)

### 3.4. Indicaciones y contraindicaciones para el empleo de la EMG en odontología y Medicina

Tabla 2. Indicaciones y contraindicaciones de la Electromiografía

<b>Indicaciones</b>	<b>Contraindicaciones</b>
Evaluación de pacientes con disfunción temporomandibular (44,50)	Presencia de marca pasos (52)
Reporte de dolor y disfunción de los	Uso de anticoagulantes y crisis

músculos de la masticación	convulsivas
Reporte de Cefaleas	Falta de cooperación del paciente
Comparación de parámetros en la rehabilitación oral parcial o total antes y después del tratamiento	Zona de registro con lesión extensa

Fuente: Directa

### 3.5. Utilización de la EMG en otras áreas

Tabla 3. Áreas de aplicación de la Electromiografía.

Área	Neurología	Ortopedia	Rehabilitación	Medicina del deporte
Utilidad/Aplicación	Evaluación del sistema neuromuscular por ejemplo parálisis Facial (53) y parálisis cerebral (54)	Evaluación de la actividad muscular en pacientes con escoliosis (55)	Control de prótesis y dispositivos de rehabilitación por medio de señales EMG. (56,57)	Análisis del movimiento (kinesiología) (36)

Fuente: Directa.

### 3.5. Metodología clínica para la Obtención de señales EMG de superficie

Se requiere de una adecuada técnica en el examen para evitar datos erróneos y por ende diagnósticos equivocados. Dividiendo en tres fases, *fase previa, de registro y procesado*. (18,36)

La *fase previa* a su vez se divide en tres apartados, el primero de ellos es la ***Preparación del paciente e información*** donde se le proporcionan las referencias pertinentes sobre el procedimiento de registro en la sesión, los objetivos, la utilidad y aplicaciones. Además es requerimiento obtener su consentimiento informado para obtener su aprobación en efectuar el registro. Igualmente en la historia clínica se deben recoger datos referentes a hábitos tóxicos, medicamentos, patologías que puedan afectar la función muscular (por ejemplo **distonia**). Hay que mencionar que la posición correcta que debe tomar el paciente es sentado en una silla con respaldo recto, sin descansar cabezas ubicada paralela al piso (Plano de Frankfort) con rodillas flexionadas en 90°, pies apoyados en el suelo, con las extremidades superiores relajadas posicionadas en el descansar brazos de la silla. Asimismo se debe seleccionar el músculo a registrar quedando libre de cualquier interferencia como ropa u ornamentos. (36,44,52)

El segundo apartado incluye la ***preparación de la piel*** donde se colocaran los electrodos para disminuir el efecto denominado como impedancia que es la oposición al paso de la corriente, medible en unidades Ohm. Por lo que se aconseja afeitar el área de posición del electrodo para que se adhiera de manera correcta, en acto seguido el área de registro se debe limpiar con gasas impregnadas con alcohol para disminuir las interferencias que pudieran afectar el registro por ejemplo exceso de grasa, células muertas o sudor y esperar a que la superficie seque. (29,30,36,44,58)

El tercer apartado expresa la **colocación de los electrodos** para la obtención de una señal correcta de EMG donde se retoman las estrategias para la colocación de dichos artefactos de registro.

Para una ubicación adecuada es necesario situar el *electrodo de registro* en la línea media del vientre muscular espacio comprendido entre la unión mio-tendinosa y el punto motor determinando así la **posición longitudinal del electrodo**, mientras que la **orientación del electrodo** estará dada por angulación, en otras palabras, la dirección de las fibras que se ubican de forma paralela al electrodo, por otra parte, el *electrodo de referencia* también llamado neutro o tierra, se ubica sobre el tendón muscular o hueso, que son zonas de nula conducción eléctrica con una distancia interelectrodo a considerar de 10 a 20 25mm, añadiendo una pasta conductora o gel a los electrodos para facilitar el paso de la señal, fijándolos a la superficie de registro con un intervalo de espera comprendido de 2 a 6 minutos para permitir que la piel se humedezca, de tal manera se favorece una mejor conducción y se garantiza una menor impedancia.

En acto seguido se debe comprobar que se han situado de manera correcta los electrodos con un test prueba en reposo durante 5 segundos como se muestra adelante (figura 10). (29,34,36,44)

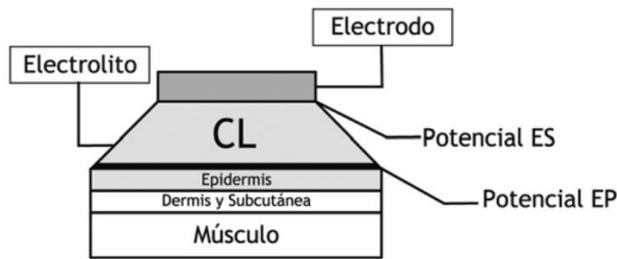


Figura 10. Esquema del circuito funcional del electrodo de superficie, siendo Potencial ES un potencial generado entre el electrodo y el electrolito; y un Potencial EP un potencial generado entre el electrodo y la epidermis. Tomado de: Arbeláez O, Gómez J, Mendoza J. Diseño de un electromiógrafo con procesador digital de señales para captación de señales musculares. Rev Médica Risaralda. 2007;13(1):1–7.

### 3.6. Técnicas básicas para el procesamiento de la señal EMG

#### Amplificación

Debido a que la recopilación de señales EMG es una representación de los PA musculares que tienen la particularidad de poseer rangos bajos de amplitud comprendidos en microvolts, se origina la necesidad de contar con un sistema de registro que contenga un amplificador que haga más grande la señal bioeléctrica, obteniendo una ganancia comprendida entre 50 y 250,000 veces. Indiscutiblemente los amplificadores de biopotenciales realizan la adaptación de impedancias, mejoran la relación señal-ruido, y proporcionan una señal de salida con suficiente amplitud para que sea visualizada y registrada. (33,47,59,60)

#### Fuentes de ruido en señales EMG

Cuando se adquieren señales EMG existen diversos ruidos dentro de la señal de registro que se reciben debido a la presencia de **factores de carácter fisiológico**,

prueba de ello son: *la piel, velocidad del flujo sanguíneo, temperatura corporal, estructura del tejido muscular, el sitio de medición* mientras que los **factores del equipo eléctrico**, tal es el caso del *ruido inherente en el electrodo* que hace referencia a que todo equipo electrónico posee ruido eléctrico en una frecuencia de cero a cientos de Hz, agregándose el *movimiento del artefacto* siendo el movimiento que existe en el cable de conexión que va desde la zona de registro en los electrodos cuando las fibras musculares están activas, electrodo al amplificador. (39)

### Eliminación de ruido

Como se abordó anteriormente, diversas fuentes de ruido acompañan a la señal de registro, es más, superan su magnitud. Por lo que es necesario neutralizar esa interferencia que puede afectar al electrodo de registro aunado al electrodo tierra, enfatizando una vez más la importancia que conlleva situarlos en una ubicación precisa, más aun, la distancia interelectrodo debe ser correcta para prevenir que el ruido afecte a estos dispositivos. (47)

### Filtrado

Con miras a remover segmentos de una señal, sea para separar señales que se combinaron o restablecer las que se han distorsionado, esta etapa se determinara el ancho de banda del circuito por lo que únicamente se dejan pasar señales comprendidas en un cierto rango incluyéndose frecuencias de 15 a 500Hz. Lo que significa que las señales contarán con un **filtro pasa altos** que se emplea para eliminar la Corriente Directa que trae consigo la señal que recogen los electrodos

con una frecuencia de corte de 10Hz; Por si fuera poco, el **filtro notch** elimina la interferencia que produce la red eléctrica en 60Hz. (14,30,38)

### Interfaz gráfica de usuario

Merece la pena subrayar que esta interfaz es la información que se deja ver en el ordenador, ayudan al usuario a crear una interacción con la máquina. (38)

En los primeros equipos de registro, la señal se presentaba en un osciloscopio de rayos catódicos, posteriormente se transfería a papel y para realizar un análisis se requería fotografiar la pantalla. No obstante, en la actualidad puede ser representada con la ayuda de curvas con rangos comprendidos entre 0.01 microvolts/cm y 100 microvolts/cm en software computacional. Hay que mencionar que el Electromiógrafo suele disponer de una salida de audio que reproduce la señal registrada. (29,47,60)

## Capítulo 4: Aplicaciones de la electromiografía en el campo odontológico

### 4.1. Inicios del empleo de la EMG de Superficie

El pionero en efectuar un registro electromiográfico de la actividad de los músculos masticadores fue R.E. Moyers en 1949, este autor inicio su investigación en pacientes con diagnóstico de Maloclusión de Angle Clase II subdivisión 1, para evaluar su actividad muscular y de esta forma tener un mejor conocimiento sobre la etiología y el rol que cumple la musculatura temporomandibular mediante el

análisis de los picos electromiográficos que sufre cada músculo estudiado. (50,51,58,61)

Este investigador reporta los siguientes hallazgos: el músculo Temporal tiene una actividad tripartita durante la elevación y depresión de la mandíbula sufriendo una contracción mayor en sus fibras posteriores en las cuales se pierde el registro electromiográfico de manera uniforme durante un movimiento retrusivo. A manera de conclusión este autor menciona que ningún caso de Clase II subdivisión 1 demuestra picos electromiográficos normales, la terapia con Ortodoncia puede alterar dichos picos en los músculos de estudio, la disfunción muscular puede resultar de la maloclusión dental, por último las desviaciones de los patrones normales o esperados pueden contribuir a la etiología de dicha maloclusión. (61)

#### 4.2. Investigaciones que han empleado la Electromiografía

Puesto que la electromiografía ha resultado ser una herramienta útil para evaluar el funcionamiento del sistema nervioso y muscular también se ha ocupado en las diversas especialidades odontológicas, particularmente en Ortodoncia, Cirugía Maxilofacial, Prótesis bucal así como los campos de estudio que competen al sistema estomatognático como son: la oclusión, la evaluación de la musculatura facial y peribucal, por último los Desórdenes Temporomandibulares. (32)

Agrupando dentro de los estudios desde el punto de vista Ortodóncico Rodríguez Castañeda y colaboradores comparan la actividad electromiográfica de los músculos maseteros en oclusión céntrica previo al tratamiento de Ortodoncia, durante las diversas fases de esta y posteriormente al uso de guarda oclusal.

Efectuando una medición electromiográfica de la posición en máxima intercuspidad para cada músculo temporal en sus haces superficiales, reportando los resultados de la actividad electromiográfica de los músculos maseteros en su fascículo superficial destacando que no seguían una distribución normal, debido a que se contemplaron una disminución de la actividad EMG de los músculos antes mencionados al tiempo que realizaban las diferentes fases del tratamiento de ortodoncia en comparativa con la primera medición. El equipo de trabajo muestra los resultados siguientes partiendo de un análisis univariante un valor de  $P = 0.025$  en el uso de guarda oclusal,  $P = 0.039$  durante la fase de cierre de espacios y en la fase de finalización  $P = 0.024$ . Por otro lado, se reportan diferencias estadísticamente significativas en la actividad muscular de los pacientes Clase III, los cuales obtuvieron mayor actividad electromiográfica con un resultado de  $P = 0.040$  en comparación con los pacientes Clase II. De igual modo se relata que si la altura facial posterior o anterior aumenta, la actividad EMG disminuye entre  $P = 0.022$  y  $P = 0.008$ . (42)

Ahora se mencionaran los datos resultantes con el modelo multivariado, existió una menor actividad muscular asociado al uso de guarda oclusal siendo  $P = 0.018$ , una disminución en promedio en la fase de cierre de espacios de  $P = 0.045$  mientras que en la fase de finalización  $P = 0.011$  en comparación con el registro inicial. Los pacientes clase III tuvieron una actividad electromiográfica promedio de  $P < 0.001$  más en comparación con los pacientes clase II. Por último observaron que la dimensión vertical por cada milímetro que aumentaba la altura facial posterior o anterior la actividad electromiográfica de los maseteros superficiales

disminuía en promedio  $P < 0.001$  concluyendo que es posible identificar cambios existentes de la actividad muscular asociados a las diversas fases de tratamiento de Ortodoncia. (42)

Continuando con estudios que han ocupado la electromiografía de superficie desde la perspectiva de la especialidad en Ortodoncia se encuentra el efectuado por Michelotti A. et al, en donde su objetivo fue evaluar la actividad de los músculos Temporal Anterior y Masetero en pacientes pediátricos con diagnóstico de mordida cruzada posterior unilateral antes y después de la expansión rápida del maxilar, para lo cual, la evaluación electromiográfica consistió en el protocolo propuesto por Ferrario y colaboradores donde se sustenta que se realiza un registro en contracción máxima voluntaria con la ayuda de dos rollos de algodón de diez milímetros de grosor posicionados entre segundos premolares y primeros molares mandibulares de cada participante del estudio. (62,63)

Proponiendo valores relativos en porcentaje a la señal EMG (unidades micro volts/microvoltsx100), por tanto el experimento únicamente se ve influenciado por las superficies oclusales de los dientes dejando fuera variables como: piel, impedancia del electrodo, posición del electrodo, hipo o hipertrofia muscular. La EMG se ocupó de la siguiente manera: realizaron registros de la actividad bioeléctrica de superficie en los Temporales Anteriores derecho e izquierdo asimismo de los Maseteros Superficiales de manera simultánea durante dos pruebas estáticas y dos dinámicas, las primeras compuestas por *Contracción Máxima Voluntaria en posición intescuspídea* donde los pacientes apretaron los dientes fuertemente por cinco segundos y *Contracción Máxima Voluntaria en*

*posición intescuspídea con rollos de algodón* con 10mm de espesor en los cuales realizaron un apretamiento durante cinco segundos; las segundas comprendían mascar chicle del lado derecho e izquierdo por quince segundos. (62,63)

Adicionalmente, los investigadores realizaron una recolección de datos electromiográficos inmediatamente después de ser seleccionados los individuos para el estudio, posteriormente la actividad EMG también se registró cuando se corrigió la mordida cruzada posterior y 6 meses después cuando se retiró el aparato para expandir rápidamente el maxilar. (62)

De esta manera Michelotti y su equipo reportan los siguientes resultados: En primera instancia se agrupan resultados denominados “Índices EMG al inicio del estudio” comprendidos por la evaluación de las pruebas estáticas que incluyen los valores del *Índice de Asimetría*, que se calcula comparando la actividad del par derecho (compuesto por el músculo Temporal Anterior derecho y Masetero derecho) con el par izquierdo (Temporal Anterior izquierdo y Masetero izquierdo) 20 de 29 pacientes con mordida cruzada posterior presentaron actividad electromiográfica simétrica de los músculos evaluados. (62)

Por otra parte, con respecto a lo que compete en las pruebas dinámicas el *índice de masticación simétrico* probó que 19 de 29 pacientes con mordida cruzada posterior poseían un lado prevalente de masticación, por lo cual la prueba de chi-cuadrada indicó que el lado prevalente de masticación era independiente de la presencia de la mordida cruzada posterior en los individuos ( $P = 0.736$ ), en seguida el *índice de frecuencia de ciclos masticatorios* no fue diferente en ambos

lados teniendo al lado con mordida cruzada posterior con valores de  $1.6 \pm 0.2$  Hz; y valores lado sin mordida cruzada posterior de  $1.6 \pm 0.3$  Hz, ( $P = 0.052$ ). (62)

En segunda instancia, los “Índices EMG en el grupo de pacientes con Mordida Cruzada Posterior antes y después del tratamiento de ortodoncia” demostraron que en las pruebas estáticas el *índice de actividad muscular total* cambio significativamente a través del tiempo con un valor de ( $P = 0.040$ ), disminuyendo cuando se corrigió la mordida cruzada posterior con valor de ( $P = 0.007$ ) y regresando a la línea base después de 6 meses sin el aparato con resultado de ( $P = 0.424$ ). (62)

Ahora bien, dentro de las pruebas dinámicas, el *índice de masticación simétrica* varió significativamente a través de las fases del estudio con resultado de ( $P = 0.040$ ). Si bien disminuyó inmediatamente después de la corrección de la mordida cruzada posterior (lo que indica una mayor asimetría del patrón de masticación) volvió a valores similares a la línea de base después de 6 meses de que se retiró el aparato para expandir rápidamente el maxilar, mientras que el *índice de frecuencia de ciclos masticatorios* no difirió significativamente entre el lado con mordida cruzada posterior y el lado sin maloclusión. El registro base: lado con mordida cruzada posterior  $1.6 \pm 0.2$  Hz; lado sin mordida cruzada posterior  $1.6 \pm 0.3$  Hz con resultado  $P = 0.052$ ; en cuanto al registro cuando se corrigió la maloclusión: lado con mordida cruzada posterior  $1.5 \pm 0.3$  Hz; lado sin mordida cruzada posterior  $1.5 \pm 0.4$  Hz valor de  $P = 0.773$ ); Finalmente, el registro 6 meses después de la retirada del aparato: lado con mordida cruzada posterior  $1.5 \pm 0.3$

Hz; lado sin mordida cruzada posterior  $1.5 \pm 0.2$  Hz con un valor de  $P = 0.276$ ).  
(62)

Los autores concluyen lo siguiente: Se constató que los niños con y sin mordida cruzada posterior presentan una ligera actividad asimétrica del Músculo Temporal Anterior y el Músculo Masetero durante las trabajos funcionales y estos mismos músculos de los niños con mordida cruzada posterior no son más asimétricos que los niños sanos sin maloclusión, añadiendo que el tratamiento de expansión rápida del maxilar no reduce la asimetría de los músculos estudiados por tanto, la simetrización de la actividad muscular no puede ser un indicio de expansión maxilar. En pocas palabras no se debe recomendar el tratamiento temprano de la mordida cruzada posterior mediante la expansión del maxilar para promover una activación más simétrica del Músculo Masetero y del Temporal Anterior a corto-mediano plazo. (62)

Otro estudio que ocupa la electromiografía de superficie desde la perspectiva de Ortodoncia fue el efectuado por Yousefzadeh, F. el cual tuvo como objetivo utilizar la EMG para evaluar la función de los músculos de la mandíbula y de los labios. Este autor junto con su equipo de trabajo destinaron los registros EMG para las siguientes condiciones: Posición de reposo mandibular durante 30 segundos, apretamiento máximo voluntario durante 30 segundos, durante la masticación de chicle y al tomar agua (20 ml, 3 veces). (64)

Los resultados que mencionan son los siguientes: El grupo de estudio y el grupo control presentaron más actividad bioeléctrica en el lado de trabajo en comparación con el lado de balance, por el hecho que el lado de trabajo del

Músculo Masetero, Temporal Anterior y Orbicular de la boca presentaron resultados estadísticamente significativos ( $P < 0.10$ ) durante la masticación, asimismo demostraron que la frecuencia EMG se desplaza hacia una banda de frecuencia más baja durante las contracciones isométricas sostenidas cuando se produce la fatiga muscular local; por lo tanto, el análisis de dominio de frecuencia EMG se puede utilizar como índice para calcular la fatiga del músculo. (64)

Para finalizar, Yousefzadeh y su equipo concluyen que ambos grupos tenían actividad muscular coordinada, exceptuando el Orbicular de la boca. Los individuos con Mordida abierta posterior tendieron a reclutar mayormente los músculos del lado del balance durante la masticación que los sujetos controles. Durante la deglución en todos los sujetos, los músculos Orbicular de la boca y Digástrico reportaron tendencia a ser más activos sin muchos cambios en la actividad de los músculos Temporal Posterior y Masetero, lo que sugiere que todos los sujetos realizaron la deglución con un patrón de empuje lingual anterior. (64)

Ahora se mencionaran estudios que han ocupado la Electromiografía desde el punto de vista de la Cirugía Maxilofacial, incluyendo el trabajo realizado por Sanjuan, A. et al, en donde el objetivo fue evaluar la eficacia de la infiltración de toxina botulínica tipo A en los músculos pterigoideos guiada con ayuda de la electromiografía (EMG) para el tratamiento del dolor miofascial con el fin de mejorar la precisión en el sitio de aplicación. (65)

Para realizar lo anterior insertaron un electrodo canulado monopolar transcutáneo de 50 mm de longitud, anterior al cóndilo mandibular con una angulación

anteromedial hasta la profundidad donde se podía alcanzar el músculo del pterigoideo lateral. Para comprobarlo, se pidió al paciente que proyectara hacia adelante la mandíbula y la desplazara hacia el lado opuesto, activando así dicho músculo. Para el registro electromiográfico se midieron los potenciales de la unidad motora (PUM) una vez que se obtuvieron se observó en la pantalla una forma de onda rítmica bifásica o trifásica. Posteriormente, para escoger el sitio de punción la aguja se coloca en los puntos que muestran más cantidad de PUM y enseguida se infiltra la Toxina botulínica Tipo A. (65)

Los resultados más significativos reportados fueron los que a continuación se mencionan: Después del tratamiento el 19% de los sujetos tuvieron un dolor mayor o igual a 9 (de acuerdo con la Escala Numérica), con una media de dolor postratamiento de  $4.9 \pm 2.9$  (valor de  $P = 0.01$ ). Ahora para evaluar la eficacia del tratamiento se menciona que mostraron una mayor efectividad en la primera y la segunda administración (valor de  $P = 0.00$ , valor de  $P = 0.007$  respectivamente), asimismo se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el mayor número de inyecciones y el tratamiento más eficaz (valor de  $P = 0.028$ ). (65)

El equipo de investigación llega a la siguientes conclusiones: El tratamiento con Toxina Botulínica Tipo A inyectada en los músculos pterigoideos para el Dolor masticatorio miofascial da como resultado una disminución estadísticamente significativa en la intensidad del dolor, una mejora en la calidad de vida y una reducción en el consumo de analgésicos postratamiento en casi el 80% de los pacientes, mientras que por otra parte la administración de toxina botulínica asistida por EMG mostró eficacia en el tratamiento del 77% de los pacientes

afectado con Dolor masticatorio miofascial considerando este método de administración asistido por EMG como una forma de administración más rigurosa, objetiva y reproducible en los músculos pterigoideos laterales. (65)

Dentro de esta misma especialidad odontológica se agrupa el trabajo llevado a cabo por González, H. con el propósito de evaluar los cambios electromiográficos en el Músculo Masetero y el Músculo Temporal durante contracción máxima voluntaria de los dientes antes y después de la cirugía ortognática en pacientes con prognatismo de 18 años en adelante. Los registros electromiográficos los ejecutaron de la siguiente manera se obtuvo el registro de la señal eléctrica durante la contracción máxima voluntaria en primera instancia para obtener la puntuación basal 7 días antes de la cirugía, posteriormente a los 3 y 6 meses de la cirugía ortognática para el Músculo Masetero y Músculo Temporal derecho e izquierdo. (66)

Los parámetros EMG siguientes fueron los analizados en esta investigación: *Amplitud pico a pico* que corresponde a la actividad eléctrica de las fibras musculares con la siguiente interpretación, para los niveles altos de amplitud pico a pico quiere decir que existe una hiperactividad muscular, por el contrario los niveles bajos de amplitud pico a pico significan hipoactividad muscular. *Amplitud media* correspondiente a una medida electromiográfica que indica las respuestas evocadas obtenidas clínicamente que expresan el número de fibras musculares que determinan la precisión del movimiento y en última instancia *Frecuencia* que declara el número de ciclos por segundo en los que se mide la actividad muscular. (66)

Entre los resultados declarados por los autores para los cambios EMG del Músculo Masetero, las diferencias estadísticamente significativas que se nombran son la puntuación de amplitud media entre la medición basal y la realizada 6 meses después de la cirugía ortognática con valor de  $P = 0.020$ .

También encontraron una disminución en la puntuación media de amplitud pico a pico para el Músculo Masetero derecho, con diferencias significativas encontradas 3 y 6 meses después de la cirugía, con el cotejo del nivel basal versus el nivel de 3 meses obteniendo un valor de  $P = 0.003$  y una confrontación del nivel basal versus el nivel de 6 meses registro de  $P = 0.007$ . De manera similar, se encontraron diferencias significativas en la amplitud pico a pico para el Músculo Masetero izquierdo 3 y 6 meses postquirúrgicos, equiparando el nivel basal versus el nivel de 3 meses  $P = 0.003$  y el nivel inicial versus nivel de 6 meses medido en  $P = 0.003$ .

Por lo que se refiere a los cambios en el Músculo Temporal se muestran diferencias significativas para la puntuación media de amplitud entre la muestra basal y la obtenida 6 meses después de la cirugía ortognática  $P = 0.009$ . Además los investigadores encontraron un aumento en la amplitud media pico a pico para el Músculo Temporal derecho, con diferencias significativas a los 3 y 6 meses después de la cirugía con mediciones basales versus 3 meses  $P = 0.003$  y resultados basales versus 6 meses  $P = 0.004$ . De manera similar, se encontraron diferencias en la amplitud pico a pico para el Músculo Temporal izquierdo 6 meses después de la intervención, con una medición basal versus 6 meses  $P = 0.004$ .

A manera de conclusión, los investigadores mencionan que existieron cambios electromiográficos a los 3 y 6 meses, por tanto las investigaciones de la actividad eléctrica de los músculos de la masticación (Maseteros y Temporales) proporcionan información importante relacionada con la contracción muscular, la rehabilitación posquirúrgica y ayudan en el diagnóstico junto con el pronóstico de los trastornos neuromusculares. (66)

La siguiente investigación la encabeza Sabbag, A. y otros en donde se fija el propósito de evaluar la actividad electromiográfica del Músculo Masetero y la porción anterior del Músculo Temporal durante el reposo y la masticación habitual en pacientes con labio y paladar hendido completo unilateral comparando dos alternativas quirúrgicas para tratar esta patología. (67)

El registro EMG lo comenzaron durante la masticación habitual y en reposo con un tiempo de captura de la bioseñal de 5 segundos para situaciones de reposo y de 10 segundos para las situaciones dinámicas (ciclos masticatorios), y cada situación se repitió dos veces. Posteriormente para el análisis de la señal EMG los autores seleccionaron cuatro picos de los músculos masetero y temporal durante la masticación.

En cuanto a la interpretación de los resultados, el equipo de trabajo considera cambios estadísticamente significativos aquellos con valor de  $P < 0.05$ , sin embargo, al realizar las comparaciones se aclara que no existían diferencias significativas para la evaluación de la RMS (por sus siglas en Inglés) por lo que se concluye que no hay cambios en la actividad electromiográfica del Músculo Masetero y la porción anterior del Músculo Temporal en pacientes con labio y

paladar hendido completo unilateral que se sometieron a reparaciones quirúrgicas palatinas en una o dos etapas. (67)

Otra especialidad odontológica que de igual manera ha utilizado la electromiografía en estudios de investigación es la Prostodoncia, particularmente la investigación realizada por Aristizabal, J., al comparar la actividad y la fuerza de los músculos Maseteros y Temporales de un grupo pacientes rehabilitados con sobre-dentaduras implanto-soportadas y un grupo de pacientes dentados. (68)

El equipo de investigadores indica que cada músculo se evaluó de manera independiente, al pedir una contracción máxima voluntaria de los músculos Maseteros por 10 segundos en oclusión máxima y en músculos Temporales durante 10 segundos de forma similar. Posteriormente, cada paciente masticó un chicle hasta que se obtuvo registro del patrón de masticación para analizar el PUM (Potencial de Unidad Motora) registrado para cada uno de los músculos. Para las medidas de contracción voluntaria máxima se registró la medida de amplitud máxima de contracción, como la media de voltaje pico a pico de 4 ondas dentro del registro. (68)

En cuanto a resultados, los autores documentan que el grupo de pacientes dentados mostró mayor actividad muscular en contracción máxima voluntaria de los músculos maseteros y temporales que los pacientes rehabilitados con sobre-dentadura con una diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). A forma de conclusión sugieren medir la actividad electromiográfica antes de la cirugía para la colocación de implantes, añadiendo que la actividad de todos los músculos masticatorios debería ser medida simultáneamente tanto en el lado de trabajo

como en el de balance para determinar la actividad de cada uno en el patrón de masticación. (68)

De igual manera en el campo de la Oclusión se tiene que la Electromiografía ha demostrado ser de utilidad por el hecho que Hashii, K.; Tomida, M. y Yamashita, S. indagaron los cambios electromiográficos durante los movimientos mandibulares tridimensionales en la masticación valiéndose de registros bilaterales en los Músculos Maseteros y los Músculos Temporales Anteriores en los cuales se determinó el inicio y la compensación de las ráfagas electromiográficas, guiadas por el siguiente análisis: Rectificación y suavización de la actividad de los músculos seleccionados. En acto seguido los investigadores calcularon la media de la EMG digitalizada durante la posición fisiológica de descanso tomándola como línea base para cada músculo. (69)

En relación con la medición del movimiento mandibular se tomaron registros de los incisivos centrales inferiores, del cóndilo orientado hacia el lado de trabajo y de este mismo en dirección hacia el lado de balance de cada lado como puntos de referencia para el análisis de la oclusión en el sector posterior, mientras que el plano oclusal fue ocupado como plano indicativo, en síntesis, los autores investigaron las trayectorias tridimensionales de los tres puntos de referencia para el periodo de inicio y finalización de la bioseñal. (69)

De este modo, Hashii, Tomida, y Yamashita compararon estadísticamente la masticación del primer molar y la masticación del primer premolar, duración entre el inicio y la desaparición de la señal EMG, el ángulo de cierre de los incisivos inferiores, la longitud de la trayectoria condilar y la velocidad máxima del

movimiento condilar. En cuanto al punto condilar, la comparación estadística entre el lado de trabajo y el lado de balance. (69)

Encontrando diferencias estadísticamente significativas para el ángulo de cierre de los incisivos inferiores con valor de  $P < 0.05$ , en cuanto a la longitud de la trayectoria condilar para los primeros premolares durante la masticación fueron menores en comparativa con los primeros molares mencionando valores para el lado de trabajo de  $P < 0.01$ , y para el lado de no trabajo  $P < 0.01$ . (69)

En relación a la velocidad máxima del movimiento condilar, la rapidez para la región de primeros premolares al masticar fue menor al cotejarlos con los resultados para la zona de los primeros molares con diferencias significativas entre estas velocidades en ambos lados teniendo al lado de trabajo con valor de  $P < 0.01$ , y para el lado de balance un valor de  $P < 0.01$ . Con lo antes expresado, los investigadores concluyen que en ausencia de un soporte oclusal posterior, el movimiento mandibular durante la masticación puede adaptarse a un patrón de masticación en la región premolar. (69)

Por su parte, Coelho-Ferraz, M. y su equipo de trabajo llevan a cabo un estudio para examinar el patrón de actividad EMG del Músculo Masetero y de la porción anterior del Músculo Temporal de ambos lados en pacientes masculinos y femeninos durante la aplicación de fuerza máxima al ocluir, mediante el empleo de un dispositivo denominado *transductor*, de tal manera los autores registraron tres evaluaciones de la fuerza al morder en cada voluntario, de esta forma se le indicó al paciente que mordiera el tubo aplicando una fuerza máxima tres veces consecutivas, durante 5 segundos, y después se le pidió morder en intervalos de 1

minuto. El transductor lo posicionaban entre los molares superiores e inferiores de manera bilateral con el propósito de obtener la máxima intercuspidadación. (70)

Su análisis estadístico se encuentra integrado por el *Índice de actividad* con un registro en reposo y otro al momento de realizar la máxima intercuspidadación además los investigadores estudiaron el *Índice de asimetría* que sirvió para cuantificar las diferencias entre los lados derecho e izquierdo de cada paciente. (70)

Obteniendo así los resultados siguientes para la actividad en reposo, encontraron una diferencia estadísticamente significativa únicamente en el Músculo Masetero derecho, cuyo potencial eléctrico fue mayor en varones con valor de  $P < 0.05$ . Por otra parte, al momento de efectuar la máxima intercuspidadación, hallaron también una diferencia estadísticamente significativa para el mismo músculo del mismo lado en hombres valor de  $P < 0.01$ . No encontraron diferencias entre los individuos para los valores de asimetría, sin embargo, al comparar la asimetría entre los músculos de estudio, el Músculo Masetero registró un valor mayor en los dos estadios. (70)

Para la posición en reposo más del 58% de los pacientes mantuvo ésta utilizando la porción anterior del músculo temporal, similarmente, el promedio de acción de la porción anterior del músculo temporal fue mayor que la del músculo masetero con resultado de 23.59% frente a un 6.38%. El músculo masetero presentó una mayor actividad en intercuspidadación con media mayor al 77% que la porción anterior del músculo temporal, en resumen, para ejecutar una mayor fuerza de mordida se

requiere una mayor activación del Músculo Masetero al compararlo con la porción anterior del Músculo Temporal. (70)

Estos autores concluyen que puede considerarse normal hasta cierto grado la asimetría muscular, que difiere entre los músculos estudiados, no obstante, el resultado va a depender de la tarea realizada o de la intensidad de la contracción. (70)

El estudio ejecutado por Ferreira et al estudia variables como eficiencia masticatoria y fuerza de mordida con la finalidad de utilizar EMG superficial para detectar cambios en los patrones de señales electromiográficas en pacientes con Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) para de este modo evaluar la actividad que tienen los Músculos Temporal, Masetero y Esternocleidomastoideo de estos pacientes de manera bilateral, esta condición es una enfermedad muscular que se origina por la ausencia de la distrofina, proteína fundamental para el mantenimiento de la fibra muscular. Teniendo como principal característica una debilidad muscular en la infancia, de ese modo, se propicia un daño en el sarcolema que generara la degeneración de la fibra muscular. (71,72)

Por ende, la señal electromiográfica la recolectaron en posición de descanso mandibular por 4 segundos, posteriormente se efectuó otro registro en contracción máxima con misma duración, añadiendo movimientos mandibulares en protrusión, lateralidad derecha e izquierda con contacto dental por 10 segundos y después de la fatiga muscular. Por otro lado, las actividades que competen a la masticación para analizar la eficiencia de los ciclos masticatorios las obtuvieron en condiciones

clínicas de masticación no habitual con Parafilm M (película plástica flexible), al masticar pasas (5g) y masticar maní (5g), cada uno durante 10 segundos.

El equipo de trabajo hizo uso del valor cuadrático medio (RMS) utilizado para las condiciones clínicas, estas condiciones se relacionaron con las posturas mandibulares y se utilizaron para analizar la eficiencia de los ciclos masticatorios calculados en promedio para la señal EMG. Además midieron la fuerza de mordida con un dinamómetro digital posicionándolo en la región de los dientes posteriores, así pues, obtuvieron tres medidas cambiando de lado, con un intervalo de 2 minutos entre cada apretamiento de tal suerte que la fuerza máxima de mordida se consiguió en la mayor de las tres fuerzas medidas para cada lado.

Ferreira, B y su equipo consiguieron los siguientes resultados: para la posición mandibular en reposo el registro electromiográfico fue mayor para los pacientes con distrofia muscular en los músculos estudiados exceptuando el Músculo Masetero del lado derecho estos resultados fueron estadísticamente significativos tanto para el Músculo Temporal como para el Esternocleidomastoideo del lado izquierdo  $P < 0.01$ .

En la posición mandibular protrusiva los pacientes con distrofia tuvieron mayor actividad muscular para los Temporales de cada lado, en adición, los pacientes sanos registraron mayor actividad muscular en el Masetero del lado derecho y ambos esternocleidomastoideos, siendo resultados estadísticamente significativos tanto para el Músculo Temporal como para el Músculo Esternocleidomastoideo del lado derecho  $P < 0.01$ .

Por su parte para los movimientos de lateralidad derecha encontraron que los individuos del grupo con Distrofia Muscular tenían una mayor actividad en los Músculos Temporal como Maseteros. Aunque, el equipo de trabajo halló que los pacientes sanos tenían una mayor actividad muscular en ambos Esternocleidomastoideos. Estos resultados fueron estadísticamente significativos para ambos Músculos Temporales y el músculo Esternocleidomastoideo del lado derecho  $P < 0.05$ .

En cambio para los movimientos de lateralidad izquierda, los individuos del grupo con Distrofia presentaron mayor actividad muscular tanto para el Temporal como para el Masetero. Los músculos esternocleidomastoideos también mostraron una mayor actividad muscular para el grupo de pacientes sanos. Los resultados fueron estadísticamente significativos para los músculos temporal y masetero del lado izquierdo  $P < 0.05$ .

Cuando evaluaron la masticación no habitual con Parafilm M, observaron una mayor eficacia del ciclo masticatorio para el grupo de pacientes sanos en todos los músculos evaluados, el resultado fue similar a los obtenidos durante la masticación habitual de pasas y maní. Todos los valores obtenidos para estas condiciones fueron estadísticamente significativos con un valor de  $P < 0.01$ . Debe agregarse también que los investigadores encontraron una mayor frecuencia de fatiga muscular en todos los músculos evaluados para los individuos del grupo con Distrofia Muscular de Duchenne. Los resultados fueron estadísticamente significativos para los músculos maseteros y para los esternocleidomastoideos valor  $P < 0.01$ .

Por último, la fuerza de mordida máxima en el grupo con pacientes no enfermos presentó una mayor fuerza de mordida de forma bilateral, que fue estadísticamente significativa  $P < 0.05$ . Los autores concluyen que el deterioro muscular en la DMD afecta los músculos masticadores (maseteros y temporales) agregándose el músculo esternocleidomastoideo. En resumen, los cambios en el sistema estomatognático para pacientes con Distrofia muscular afectan las funciones orofaciales. (71)

Dentro del contexto de la musculatura orofacial y peribucal, la investigación presentada por Hallak, S., tiene como finalidad analizar y describir, mediante el uso de la electromiografía, las características funcionales de los fascículos superior e inferior del músculo orbicular de la boca en pacientes con deficiencia auditiva. (73)

Los investigadores obtuvieron los registros electromiográficos de los fascículos superior e inferior del músculo orbicular de los labios y los compararon con resultados del grupo de pacientes sanos, para tal efecto, se les pidió a los individuos realizar las siguientes condiciones clínicas: Succionar, soplar, proyectar y comprimir los labios, pronunciar la sílaba "Pa". (73)

El equipo de trabajo destaca los siguientes resultados: durante todas las condiciones clínicas el músculo orbicular de pacientes sordos presentó niveles electromiográficos más altos que el de pacientes sanos, con diferencia estadísticamente significativa valor  $P < 0.05$  durante el soplo, compresión de labios y pronunciación de la sílaba "Pa". (73)

El fascículo inferior del músculo orbicular de los labios mostró niveles EMG más altos que el fascículo superior en todas las condiciones clínicas, excepto en el soplo. Los autores detectaron una diferencia estadísticamente significativa  $P < 0.05$  durante la proyección de los labios y la pronunciación de la sílaba "Pa". (73)

Comparando la actividad electromiográfica de los dos fascículos, los investigadores describen que el fascículo superior únicamente se encontró una diferencia significativa al momento de pronunciar la sílaba con valor  $P = 0.03$ , mientras que el fascículo inferior tuvo resultados significativos en la compresión del labio valor  $P = 0.02$ , y en pronunciamiento de la sílaba  $P = 0.02$ . Con información anterior, el equipo de trabajo concluye que en diferentes condiciones clínicas los pacientes con pérdida auditiva presentan niveles electromiográficos mayores en ambos fascículos del músculo estudiado, además de que la actividad EMG durante la proyección del labio difirió significativamente de todas las demás condiciones clínicas, siendo la actividad electromiográfica más alta de todas. (73)

Dentro de las investigaciones que ocupan la EMG para evaluar los Desórdenes Temporomandibulares figuran autores como Rodrigues, D., donde su estudio tiene la finalidad de medir el efecto de una sola aplicación de TENS (Transcutaneous Electric Nerve Stimulation) sobre el dolor y sobre la amplitud de los registros EMG de los músculos masticatorios de pacientes con disfunción temporomandibular comparándolos con pacientes sanos, los registros electromiográficos los tomaron del Músculo Temporal Anterior y del Músculo Masetero con tres grabaciones de cinco segundos en cada una de las siguientes situaciones: En reposo, se le pedía al paciente poner la mandíbula en reposo, con los dientes separados y los labios

juntos; en contracción isométrica, donde se les pidió a los pacientes realizar un apriete máximo de los dientes con Parafilm M. (74)

Los resultados los calcularon en base a la amplitud de la bioseñal, y el índice de fatiga muscular (RMS) destacando que la actividad EMG en reposo es mayor en el grupo de pacientes con disfunción temporomandibular que en el control  $P \leq 0.05$ . En cuanto a la comparación de los valores RMS del grupo con disfunción de ATM con posición mandibular de reposo antes y después de la aplicación de los TENS señala que después la aplicación hubo una disminución significativa con un valor de  $P \leq 0.05$  en la actividad electromiográfica de la porción anterior del músculo temporal en ambos lados. (74)

Otro aspecto que destacan los autores fue que pudieron ver que después de la aplicación de los TENS hubo un aumento significativo en la actividad EMG de los músculos maseteros en el grupo de pacientes con disfunción temporomandibular. De tal manera que concluyen lo siguiente los sujetos con disfunción de ATM presentan mayor actividad electromiográfica de la mandíbula en reposo en comparativa con los sujetos sanos, agregan que dicha situación no se define como un factor causal de los trastornos temporomandibulares, sino como uno de los síntomas del síndrome. Una sola aplicación convencional de TENS durante 45 minutos es eficaz para aliviar el dolor que provoca dicho padecimiento. Sin embargo, en general, no proporciona el mismo efecto sobre la actividad electromiográfica de los músculos estudiados, que se registraron tanto en reposo como durante la contracción isométrica. (74)

## Discusión

Tras haber realizado una descripción y un análisis de diversa literatura referente al tema, es posible consolidar lo que al inicio de la investigación se planteó, es así, que en el objetivo general se expresó que se realizaría una descripción de la utilización de la electromiografía como un auxiliar de diagnóstico en Odontología.

Por tanto, para efectuar una comparativa entre los resultados que reportan otros investigadores y los datos existentes en la teoría se deben tomar en cuenta los hallazgos más importantes que se encontraron en esta investigación sirviendo a manera de ejemplo las aplicaciones que ha tenido en las diferentes áreas odontológicas como lo son en Ortodoncia, Cirugía Maxilofacial, Prótesis bucal siendo más específicos, en campos como la Oclusión, musculatura facial y peribucal, por último los desórdenes de ATM.

Prosiguiendo se destacan también las indicaciones, contraindicaciones, ventajas así como desventajas de su utilización para saber cuándo puede ser aplicarlo en un paciente, y los datos más relevantes sobre el conocimiento de las estrategias de colocación de los electrodos asimismo la metodología clínica para obtener esta bioseñal de manera correcta.

Ahora bien, en relación a la pregunta de investigación ¿Es la electromiografía un auxiliar de diagnóstico en odontología? me permite comentar que la información aportada data que puede ser considerada como tal, sin embargo, puede presentar limitaciones en su alcance.

## Conclusiones.

Debido a la carencia de documentos de investigación que señalen la mayoría de situaciones en las cuales este indicado el uso de la Electromiografía, la bibliografía de apoyo ofreció datos relevantes para su empleo como auxiliar de diagnóstico en el campo odontológico, cuando se pretenden evaluar los ciclos de masticación así como su duración, los movimientos mandibulares tanto en el lado de trabajo como en el de balance, la posición mandibular de reposo, la fuerza de mordida en contracción máxima, la medición de asimetría muscular, la hiperactividad o hipoactividad muscular, los cambios que sufren los músculos de la masticación en tratamientos de ortodoncia, cirugía ortognática y rehabilitación con dentaduras implanto-soportadas.

Es de esta forma que se recomienda ocupar la electromiografía de superficie para realizar un análisis fisiológico de la Neuromusculatura perteneciente al sistema estomatognático para que de este modo se obtenga información objetiva de los músculos de la masticación, más específicamente del Músculo Masetero en su haz superficial y del Músculo Temporal Anterior cuando se sospecha de alguna patología, siendo capaz de ofrecer un diagnóstico y por consiguiente un tratamiento adecuado.

Por último, la electromiografía de superficie ofrece las siguientes ventajas: evaluación indolora y no invasiva destinada a un músculo específico, análisis simultáneo de distintos músculos en movimiento para acciones de duración ilimitada en situaciones de reposo, estrés y contracción máxima, no obstante, presenta algunos aspectos desfavorables debido al desconocimiento de las técnicas de registro disponibles, las estrategias de colocación de electrodos, el adiestramiento en el uso correcto del artefacto e interpretación de resultados así como también un alto costo del equipo.

## Referencias Bibliográficas

1. Actis A. Sistema estomatognático: Bases morfofuncionales aplicadas a la clínica [Internet]. 1a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2014 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <http://www.medicapanamericana.com.pbidi.unam.mx:8080/visorebookv2/ebook/9789500606561#%7B%22Pagina%22:%2236%22,%22Vista%22:%22Indice%22,%22Busqueda%22:%22%22%7D>
2. Isola G, Anastasi GP, Matarese G, Williams RC, Cutroneo G, Bracco P, et al. Functional and molecular outcomes of the human masticatory muscles. *Oral Dis.* 2018;24(8):1428–41.
3. Pérez De la Plaza E, Fernández Espinosa AM. BLOQUE III. PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS CON LAS NECESIDADES DE MOVIMIENTO Y ACTIVIDAD FÍSICA. In: *Auxiliar de Enfermería*. 6a ed. McGraw-Hill Interamericana; 2009. p. 76–103.
4. Moreno F. Descripción histológica del huso neuromuscular. *Salut Sci Spiritus.* 2015;1(1):48–52.
5. MONTES DE OCA FELIZARDO V. REGISTRO ELECTROMIOGRÁFICO DE DOS PATRONES DE OCLUSIÓN (FUNCIÓN DE GRUPO Y PROTECCIÓN CANINA), EN UN GRUPO DE PRIMER AÑO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; 2008.
6. Rouvière H, Delmas A, Delmas V. Anatomía Humana: Descriptiva, Topográfica y Funcional. Tomo 4. Sistema Nervioso Central, Vías y Centros Nerviosos. 11a Ed. Barcelona, España.: MASSON; 2005. 407 p.
7. Malamed SF. Manual de Anestesia Local. 6ta Ed. Barcelona, España.: Elsevier; 2013. 426 p.

8. Rouvière H, Delmas A, Delmas V. Anatomía Humana Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 1. Cabeza y cuello. 11a Ed. Barcelona, España.: MASSON; 2005. 651 p.
9. Zarco LA. Bases neurofisiológicas de la conducción nerviosa y la contracción muscular y su impacto en la interpretación de la neuronografía y la electromiografía. Guía Neurológica 7. 2005;1–7.
10. Megías M, Molist P, Pombal MA. Tipos celulares. NEURONA [Internet]. Atlas de Histología Vegetal y Animal. 2018. Available from: <http://mmegias.webs2.uvigo.es/inicio.html>.
11. Melo Florián A. Neuronas, sinapsis y neurotransmisores. In: Melo Florián A, editor. Cerebro , mente y conciencia – Un enfoque multidisciplinario. Barcelona -España.: Internet Medical Publishing (IMedPub)-Medicalia.; 2011.
12. Arreguín-González IJ. Sinapsis y memoria procedimental. Arch Neurociencias. 2013;18(3):148–53.
13. Merino Pérez J, Noriega Borge MJ. Fisiología General Comunicación Neuronal: Sinapsis. Open Course Ware [Internet]. 2011;1–11. Available from: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%25208-Bloque%2520II-Comunicacion%2520Neuronal%2520Sinapsis.pdf>
14. CORDERO CARRILLO L, ESPARZA FRANCO CH, MAHECHA CAPACHO DR, BARRERO PÉREZ JG, HERRERA VILLABONA E. EQUIPO PARA ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE ELECTROCONDUCCIÓN EN EL SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO EN HUMANOS. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. Rev LA Fac Ing Fis. 2004;3(1):9–20.
15. González Velasco Á. El movimiento humano. Ct. 2012;4:201–22.
16. Camacho JL. Control nervioso del movimiento. Fundamentos de la enfermería del deporte. Cuidados deportivos (Vol. 1). Sevilla, España; 2008.
17. Jeevendra Martyn JA. Fisiología y farmacología neuromusculares. In: Miller RD, Eriksson L., Fleisher L, Wiener-Kronish J, Cohen N., editors. Miller Anestesia [Internet]. 8va ed. Elsevier España, S.L.U.; 2016. p. 423–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-84-9022-927-9/00018-4>
18. Camacho LM. Valuación de la placa motora por métodos electrofisiológicos. Guia Neurol 7. 2005;237–50.
19. Costa Buitrago G. Contracción del músculo esquelético. In: García Sacristan A, Castejón Montijano F, Castejón Montijano LF, González Gal lego J, Murillo López de Silanes MD, Salido Ruiz G, editors. Fisiología veterinaria. Madrid, España: McGRAW-HILL · INTERAMERICANA; 1995. p. 41–53.
20. Barreto JF. Sistema estomatognático y esquema corporal. Colomb Med. 1999;30(4):173–80.

21. Mizraji M, Bianchi R, Manns Freese A. Sistema estomatognático. *Actas odontológicas*. 2012;9(2):35–47.
22. Chiavaro N. Funciones y disfunciones estomatognáticas [Internet]. 1a Ed. CHIAVARO N, FLORES JM, CONSTANZO AI, VILLEGAS L, editors. Vol. 1. Buenos Aires, Argentina.: Librería Akadia; 2011. 305 p. Available from: <http://www.editorialakadia.com.ar>
23. Melloni JL, Dox IG, Melloni PH, Melloni JB. Melloni's Secretos de ANATOMÍA. 3rd ed. Melloni JL, Dox IG, Melloni PH, Melloni JB, editors. Madrid, España: Marbán Libros; 2011. 411 p.
24. Ramirez Aristeguieta LM, Ballesteros Acuña LE, Sandoval Ortiz GP. Tensor veli palatini and tensor tympani muscles: Anatomical, functional and symptomatic links. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2010;61(1):26–33.
25. Ramírez LM, Ballesteros LE, Sandoval GP. Síntomas óticos referidos en desórdenes temporomandibulares. Relación con músculos masticatorios. *Rev Med Chil*. 2007;135(12):1582–90.
26. Laborde AF. NUEVO ENFOQUE EN ODONTOLOGÍA: Odontología Neuromuscular para Tratamiento de Disfunciones Cráneo-Cérvico-Mandibulares.
27. Charroó-Ruiz L, Aznielle T, Suárez A, De Armas JL, Hernández R, Reyes O, et al. Equipo Médico para Técnicas de Potenciales Evocados y Electroneuromiografía. *RevCENIC Ciencias Biológicas*. 2005;36(Especial):9.
28. García González T. Capítulo IV Electrodo. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA; 2005.
29. Campillo González B. Características electromiográficas y kinesiógráficas de una población española con oclusión ideal. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID; 2016.
30. Pérez Rodas MA. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ELECTROCARDIOGRAFO PORTÁTIL Y DEL SISTEMA DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES ELÉCTRICAS DEL CORAZÓN, PARA MONITOREO Y ANÁLISIS MÉDICO. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2011.
31. Vega Picón GE. Diseño y construcción de un electrocardiografo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas [Internet]. Universidad politécnica salesiana. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA; 2012. Available from: <https://dSPACE.UPS.EDU.EC/bitstream/123456789/3262/1/UPS-CT002532.pdf>
32. Malta J, Campolongo GD, Barros TEP de, Oliveira RP de. Eletromiografía aplicada a los músculos de la masticación. *Acta Ortopédica Bras*. 2006;14(2):106–7.
33. Guerrero Martínez JF. Tema 3 Procesado Analógico. Escuela Técnica

Superior De Ingeniería Electrónica. 2011.

34. Ramírez A, Garzón DA. Análisis de sensibilidad por la colocación de los electrodos en la electromiografía de superficie (semg). *Rev Fac Ing Univ Antioquia*. 2008;(46):70–9.
35. Varela-Benítez JL, Rivera-Delgado JO, Espina-Hernández JH, De La Rosa-Vázquez JM. Electrodo capacitivo de alta sensibilidad para la detección de biopotenciales eléctricos. *Rev Mex Ing Biomed*. 2015;36(2):131–42.
36. Massó N, Rey F, Romero D, Gual G, Costa L, Germán A. Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunt Med l'esport*. 2010;45(165):127–36.
37. Frahm KS, Jensen MB, Farina D, Andersen OK. Surface EMG crosstalk during phasic involuntary muscle activation in the nociceptive withdrawal reflex. *Muscle and Nerve*. 2012;46(2):228–36.
38. Urbina Rojas WF, Martínez Santa F. Implementación de un electromiógrafo con interfaz USB. *Rev Tecnura*. 2012;16(33):117–30.
39. Chowdhury RH, Reaz MBI, Bin Mohd Ali MA, Bakar AAA, Chellappan K, Chang TG. Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors (Switzerland)*. 2013;13(9):12431–66.
40. Medrano Montero J, Carracedo Rabassa Z, Palomino Truit A. Electrophysiological Evaluation of Masticatory Muscles in Children with Orthodontic Treatment with Functional Appliances and Myotherapy. *Correo Científico Médico de Holguín*. 2016;20(1):67–79.
41. Nishi SE, Basri R, Alam MK. Uses of electromyography in dentistry: An overview with meta-analysis. *Eur J Dent*. 2016;10(3):419–25.
42. Rodríguez Castañeda CI, Cruz Hervert LP, LLamosas Hernández E, Elías Viñas D, García Espinosa LA, Pachecho Guerrero N, et al. Cambios de la actividad electromiográfica durante las diferentes fases del tratamiento de ortodoncia: resultados de una prueba piloto. *Rev Mex Ortod*. 2017;5(4):238–44.
43. Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G. Electromiografía en las Ciencias de la Rehabilitación. *Salud Uninorte*. 2018;34(3):753–65.
44. MENDOZA GIL A. EVALUACIÓN ELECTROMIOGRAFICA SUPERFICIAL DE LOS MÚSCULOS MASETERO Y TEMPORAL ANTERIOR EN MALOCCLUSIONES CLASE I, II EN PACIENTES ENTRE 18 Y 25 AÑOS DEL SERVICIO DE ORTODONCIA DEL HOSPITAL MILITAR CENTRAL LIMA 2019. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO; 2019.
45. Arbeláez Salazar O, Gómez Angarita JI, Mendoza Vargas JA. Diseño de un electromiógrafo con procesador digital de señales para captación de señales musculares. *Rev Médica Risaralda*. 2007;13(1):1–7.

46. Nazmi N, Abdul Rahman MA, Yamamoto S-I, Anom Ahmad S., Zamzuri H, Amri Mazlan S. A review of classification techniques of EMG signals during isotonic and isometric contractions. *Sensors (Switzerland)*. 2016;16(8):1–28.
47. Gila L, Malanda A, Rodríguez Carreño I, Rodríguez Falces J, Navallas J. Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas. *An Sist Sanit Navar*. 2009;32(Suplemento 3):27–43.
48. Yukio Fukuda T, Oliveira Echeimberg J, Pompeu JE, Garcia Lucareli PR, Garbelotti S, Okano Gimenes R, et al. Root mean square value of the electromyographic signal in the isometric torque of the quadriceps, hamstrings and brachial biceps muscles in female subjects. *J Appl Res*. 2010;10(1):32–9.
49. JÁCOME VALDÉS A. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS CAPTADAS EN SUPERFICIE (EMGs), CON ELECTRODOS MONOPOLARES CONVENCIONALES Y CON ELECTRODOS ANULARES CONCÉNTRICOS, DURANTE EL MANEJO DE UNA HERRAMIENTA DE CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA. Universitat Politècnica de València; 2017.
50. Constanzo A, Abecasis M, Kanevsky D, Elverdín J. La electromiografía en el diagnóstico y tratamiento odontológico. *Rev Fac Odontol*. 2010;25(58):21–7.
51. PORTUS TORRES C. ACTIVIDAD EMG BILATERAL DE LOS MÚSCULOS SUPRA E INFRAHIOIDEOS DURANTE APRIETE Y RECHINAMIENTO DENTARIO EN SUJETOS SANOS CON GUÍA CANINA O FUNCIÓN DE GRUPO. UNIVERSIDAD DE CHILE; 2010.
52. Hernández V, Inclán V, Garrido E, Mendoza Ojeda MA, LLano J, Díaz J. Velocidad de conducción nerviosa y electromiografía. Ciudad de México; (Velocidad de conducción nerviosa y electromiografía).
53. Rodríguez-Ortiz MD, Mangas-Martínez S, Ortiz-Reyes MG, Rosete-Gil HS, Vales-Hidalgo O, Hinojosa-González R. Rehabilitación de sincinesia y asimetría facial en pacientes con parálisis facial periférica con la técnica de biofeedback electromiográfico. *Arch Neurociencias*. 2011;16(2):69–74.
54. Alí-Morell OJ, Zurita-Ortega F, Fernández-Estévez B, Padilla-Obispo B, Martínez-Porcel R. Erector Spinae and scoliosis in a population with cerebral palsy: A preliminary study. *Coluna/ Columna*. 2018;17(1):14–8.
55. Alves Dias A, Boy Lanna RA, Ferreira Junior MA, Pereira Duarte MG, Sakamoto Falcon R, Porto Filho MDA, et al. Electromyography and instrumentation in patients with idiopathic scoliosis. *Coluna/ Columna*. 2017;16(1):29–32.
56. Pinto León RA, Coronel Maldonado FS, Bueno Palomeque FL, Mena JG. Identification of three basic hand movement patterns by surface electromyography and smart algorithms. *Rev Cuba Investig Biomed*. 2020;39(2):1–15.

57. Rodríguez-García ME, Dorantes-Méndez G, Mendoza Gutiérrez MO. Desarrollo de una Prótesis para Desarticulado de Muñeca Controlada por Señales de Electromiografía. *Rev Mex Ing Biomed.* 2017;38(3):602–20.
58. Orellana López AE. DIFERENCIA DE LA FUERZA MUSCULAR DEL MASETERO DE LOS PACIENTES ENTRE 18 Y 25 AÑOS DE EDAD CON DIFERENTES BIOTIPOS FACIALES. UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS; 2017.
59. Guerrero López JC. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE REGISTRO DE LA ACTIVIDAD MUSCULAR. Universidad Politécnica de València; 2016.
60. Martínez Guerrero JF. Tema 9 Sistemas de instrumentacion médica. Escuela Técnica Superior De Ingeniería Electrónica. 2011.
61. Moyers RE. Temporomandibular muscle contraction patterns in Angle Class II, Division 1 malocclusions: An electromyographic analysis. *Am J Orthod.* 1949;35(11):837–57.
62. Michelotti A, Rongo R, Valentino R, D'Antò V, Bucci R, Danzi G, et al. Evaluation of masticatory muscle activity in patients with unilateral posterior crossbite before and after rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod.* 2019;41(1):46–53.
63. Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V. An electromyographic investigation of masticatory muscles symmetry in normo-occlusion subjects. *J Oral Rehabil.* 2000;27(1):33–40.
64. Yousefzadeh F, Shcherbatyy V, King GJ, Huang GJ, Liu ZJ. Cephalometric and electromyographic study of patients of East African ethnicity with and without anterior open bite. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2010;137(2):236–46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.03.033>
65. Sanjuan Sanjuan A, Alamillos Granados FJ, Dean Ferrer A, Estero-Serrano de la Cruz M, Mendez Garcia M, Murga-Oporto L. Electromyography assisted application of botulinum toxin in pterygoid musculature for the treatment of masticatory myofascial pain. *Rev Española Cirugía Oral y Maxilofac.* 2019;41(2):54–60.
66. Olivares HG, Pérez AG, Saucedo FL, Medina FÁ. Electromyographic changes in the masseter and temporalis muscles before and after orthognathic surgery in patients with mandibular prognathism. *J Craniofac Surg.* 2019;30(5):1539–43.
67. Sabbag A, Denadai R, Raposo-Amaral CA, Buzzo CL, Raposo-Amaral CE, Nagae MH. Electromyographic activity of the masseter and temporal muscles in patients with nonsyndromic complete unilateral cleft lip and palate: 2-stage versus 1-stage palate repair. *J Craniofac Surg.* 2018;29(6):1463–8.

68. Aristizabal Hoyos JA, López Soto OP, López Soto LM. Actividad y Fuerza de Maseteros y Temporales de Pacientes Rehabilitados con Sobredentadura vs Pacientes dentados. *Int J Odontostomatol*. 2017;11(2):224–30.
69. Hashii K, Tomida M, Yamashita S. Influence of changing the chewing region on mandibular movement. *Aust Dent J*. 2009;54(1):38–44.
70. Coelho-Ferraz MJP, Bérzin F, Amorim C. Evaluación electromiográfica de los músculos masticadores durante la fuerza máxima de mordedura. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac*. 2008;30(6):420–7.
71. Ferreira B, Da Silva GP, Gonçalves CR, Arnoni VW, Siéssere S, Semprini M, et al. Stomatognathic function in Duchenne muscular dystrophy: A case-control study. *Dev Med Child Neurol*. 2016;58(5):516–21.
72. Camacho Salas A. Distrofia muscular de Duchenne. *An Pediatr Contin*. 2014;12(2):47–54.
73. Hallak Regalo SC, Vitti M, Bagaiolo Moraes MT, Semprini M, De Felécio CM, Chiarello De Mattos MDG, et al. Electromyographic analysis of the orbicularis oris muscle in oralized deaf individuals. *Braz Dent J*. 2005;16(3):237–42.
74. Rodrigues D, Siriani AO, Bérzin F. Effect of conventional TENS on pain and electromyographic activity of masticatory muscles in TMD patients. *Pesqui Odontol Bras*. 2004;18(4):290–5.