



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA,  
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO,  
ESPECIALIZACIÓN DE ORTODONCIA.**

**APLICACIONES DE LA ELECTROMIOGRAFÍA  
EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA.**

**TESIS QUE, PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**

**PRESENTA:**

**C.D. ROSA VALERIA XANCOPINCA MUNGUÍA.**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**C.D. ESP. ERICA HATTORI HARA.**



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO, 2019.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# Índice

	No. página
Resumen .....	4
Abstract.....	5
I. Introducción .....	6
II. Marco teórico	
2.1 Origen y evolución del estudio de la señal EMG.....	8
2.2 Funcionamiento de la Electromiografía.....	10
2.3 Tipos de electromiografía.....	10
2.3.1 Monopolar.....	11
2.3.2 Bipolar.....	11
2.3.3 Multielectrodo.....	12
2.3.4 Electromiografía de superficie.....	12
2.3.5 Electromiografía de aguja.....	14
2.4 ¿Cómo se registra la actividad electromiográfica?.....	14
2.4.1 Análisis en el dominio de la frecuencia.....	15
2.4.2 Análisis en el dominio de la amplitud.....	15
2.4.3 Raíz cuadrática media.....	15
2.5 Uso de la electromiografía.....	16
2.6 Función Muscular.....	17
2.7 Articulación temporomandibular.....	20
2.8 Músculos de la masticación.....	22
2.9 Lengua.....	25
2.10 Fisiología lingual.....	29
2.11 Trastornos relacionados con el desequilibrio neuromuscular.....	34

2.11.1 Apnea obstructiva del sueño.....	34
2.11.2 Trastorno temporomandibular.....	35
III. Planteamiento del problema.....	38
IV. Justificación.....	38
V. Objetivos.....	40
5.1 Objetivos particulares.....	40
VI. Hipótesis.....	40
VII. Materiales y métodos.....	40
1. Tipo de estudio.....	40
2. Población de estudio y muestra.....	41
3. Plan de análisis de datos.....	41
4. Criterios del Electromiógrafo.....	42
5. Método de recolección de la muestra.....	43
6. Análisis estadístico.....	49
7. Resultados.....	49
VIII. Análisis de resultados.....	71
IX. Discusión.....	74
X. Conclusiones.....	81
XI. Referencias.....	82

## Aplicaciones de la Electromiografía en el Tratamiento de Ortodoncia.

### Resumen

El presente estudio se realizó mediante un diseño antes-después; en la primera etapa, se obtuvo la Raíz media cuadrática (RMS por sus siglas en inglés) inicial de los pacientes para la detección de trastornos temporomandibulares por medio de electromiografía de superficie de los músculos maseteros; los pacientes usaron una Férula Oclusal Fisiológica (FOF) previa al tratamiento de ortodoncia. Igualmente se realizó EMG lingual antes de la desprogramación, durante la desprogramación, al final de la desprogramación y 3 meses después de iniciado el tratamiento ortodóncico. El RMS lingual previo y el RMS lingual 3 meses después del tratamiento de ortodoncia de la paciente con maloclusión clase I se comparó con los resultados de la paciente clase III.

Materiales y Métodos.- El equipo (Electromiógrafo), hardware y software utilizado fue desarrollado por el Laboratorio de Bioelectrónica del CINVESTAV del IPN, en conjunto con el Laboratorio de Fisiología de la DEPEI FO-UNAM. Los valores RMS obtenidos del estudio EMG fueron organizados y Graficados (gráficas de variable continua y gráficas de barras) en el programa Excel (OS Windows) y la información se analizó con el programa IBM SPSS Statistics V22.

Resultados.- En nuestro estudio no se encontraron diferencia en los valores RMS de electromiografía de músculos maseteros. En los valores RMS de electromiografía lingual los resultados después de 3 meses de tratamiento de ortodoncia fueron 277  $\mu\text{V}$  en la paciente clase I con ortodoncia convencional y en la paciente clase III con ortodoncia lingual 71.9  $\mu\text{V}$ .

Conclusiones.- Para lograr en el sistema estomatognático un equilibrio, se necesita de una terapia global que incluya como parte del diagnóstico ortodóncico realizar electromiografías de superficie y electromiografías linguales para asegurar una estabilidad por más tiempo al tratamiento ortodóncico.

La electromiografía de aguja, precisa más los resultados de la actividad eléctrica de los músculos a medir.

*Palabras clave: Electromiografía, electromiografía lingual, ortodoncia, lengua, equilibrio neuromuscular, desprogramación.*

## **Abstract**

The present study was conducted using a before-after design; in the first stage, the initial Root Mean Square (RMS) of the patients was obtained for the detection of temporomandibular disorder by means of superficial electromyography of the masseter muscles; the patients used a Physiological Occlusal Splint (FOF) prior to orthodontic treatment. Likewise, lingual EMG was performed before deprogramming, during deprogramming, at the end of deprogramming and 3 months after starting orthodontic treatment. Previous lingual RMS and lingual RMS 3 months after orthodontic treatment of the patient with class I malocclusion was compared with the results of the class III patient.

Materials and Methods. - The equipment (Electromyograph), hardware and software used it was developed by the CINVESTAV Bioelectronics Laboratory of the IPN, in conjunction with the Physiology Laboratory of the DEPEI FO-UNAM.

The RMS values obtained from the EMG study were organized and plotted, (continuous variable charts and box charts) in the Excel program (OS Windows) and the information was analyzed with the IBM SPSS Statistics V22 program.

Results. - In our study no differences were found in RMS values of masseter muscle electromyography. In the RMS values of lingual electromyography the results after 3 months of orthodontic treatment were 277  $\mu\text{V}$  in the class I patient with conventional orthodontics and in the class III patient with 71.9  $\mu\text{V}$  lingual orthodontics.

Conclusions.- To achieve an equilibrium in the stomatognathic system, a global therapy is needed that can be performed as part of the orthodontic diagnosis to

perform surface electromyography's and lingual electromyography's to guarantee a longer period of stability for orthodontic treatment.

Needle electromyography, more precise results of the electrical activity of the muscle to be measured.

*Keywords: Electromyography, lingual electromyography, orthodontics, tongue, neuromuscular balance, deprogramming.*

## **I. Introducción**

El complejo maxilofacial consta de tres sistemas: esquelético, muscular y dentario que en condiciones de armonía funcional proporcionan una oclusión equilibrada <sup>1</sup>. El papel desempeñado por la musculatura orofacial como responsable de la forma definitiva de los arcos dentarios es ampliamente debatido. <sup>2</sup>

Una disfunción muscular puede influir en la aparición de una maloclusión dental en la posición normal de los dientes ya que es indispensable una coexistencia de fuerzas físicas (musculares) antagónicas en sentido bucolingual, presión de unos dientes contra otros mesiodistalmente y en oclusión, del antagonista por un lado y las fibras del ligamento periodontal en sentido vertical. <sup>3</sup>

La función muscular inadecuada de las estructuras del sistema estomatognático (sistema craneocervicomandibular) puede generar disfunción de la articulación temporomandibular (ATM), dolor miofascial, fatiga, disfunción orgánica entre otros problemas de salud que pueden ser detectados a través de la electromiografía (EMG). <sup>3</sup>

La EMG es un procedimiento diagnóstico que permite la evaluación funcional del aparato neuromuscular por medio de señales gráficas, sonidos o valores numéricos que interpretados de forma adecuada revelan la indemnidad del músculo, la transmisión y el estado del nervio, ayudando a evaluar eficazmente la condición del

paciente. Se obtiene mediante la colocación de electrodos intramusculares (aguja) o de superficie que registran el potencial resultante de la sumatoria temporal y espacial de la actividad de las fibras musculares de la o las unidades motoras estudiadas. <sup>3</sup>

La EMG se clasifica según el protocolo de la prueba que realiza en EMG de reposo, que mide la actividad eléctrica muscular basal, la EMG voluntaria, que es la actividad eléctrica muscular cuando se le solicita al sujeto que realice una acción (ej.: máxima contracción durante la intercuspidadación) y la EMG con potenciales evocados, que evalúa la integridad de la unidad motora y se realiza aplicando un pulso eléctrico que estimula la contracción del músculo.<sup>3</sup>

Actualmente se conocen dos variables de EMG: a) clínica, que se encarga de la patología neuromuscular, al estudiar las características del potencial de la unidad motora (PUM) y b) cinesiológica, que permite examinar el tiempo de activación muscular durante la tarea estudiada, así como el pico de máxima actividad. <sup>4</sup>

Uno de los objetivos del tratamiento de Ortodoncia es mejorar el equilibrio muscular y con él, las fuerzas que inducen el crecimiento y desarrollo de características del esqueleto cráneo-facial. <sup>3</sup> Esto justifica la toma de los registros de EMG que se puede emplear durante el diagnóstico, el pronóstico y el proceso del tratamiento como un medio de monitoreo, con el cual podemos entender mejor el efecto de la aparatología removible o fija en los músculos que causan las discrepancias óseo dentales y que afectan el equilibrio del sistema estomatognático. Para poder interpretar la información que genera el estudio, es necesario conocer la anatomía y fisiología del área a estudiar, así como las características, tipos y usos de la electromiografía con el fin de seleccionar la más adecuada a nuestras necesidades y a las del paciente.



La poca o nula información que se tiene sobre el uso de la electromiografía lingual y sobre la relación que estos músculos tienen con la ortodoncia podría ser de gran relevancia para mejorar el conocimiento de las técnicas ortodónticas actuales y brindarle al paciente una rehabilitación estomatognática completa.

## **II. Marco teórico**

### **2.1 Origen y evolución del estudio de la señal EMG**

En 1849, Du Bois Reymond fue el primero en demostrar la actividad eléctrica del músculo humano durante la contracción voluntaria, conectando la mano de un sujeto a las agujas de un galvanómetro y observando que cuando el brazo era flexionado, la aguja se deflectaba y el grado de deflexión aumentaba con la fuerza de contracción.<sup>1</sup>

En 1929, Adrian y Bronk, utilizaron la EMG para estudiar la organización funcional de los movimientos, en el diagnóstico diferencial de las atrofiyas neurógenas y miógenas.<sup>1</sup>

En consecuencia en las décadas de 1940 y 1950, las aportaciones por parte de *Buchthal* y *Clemensem*, consiguieron la diferenciación entre los procesos neurógenos y miógenos, estableciendo las bases para la aplicación clínica de la EMG. Buchthal fue pionero en desarrollar una escuela para la formación de especialistas que difundieran estas técnicas para su uso clínico.<sup>1</sup>

A finales de esta década, en 1949 el registro electromiográfico de la actividad de los músculos mandibulares fue introducido por R.E. Moyers.<sup>4</sup>

La electromiografía clínica tuvo una importante aplicación en la década de 1960 y 1970, principalmente en servicios de rehabilitación. En la actualidad es utilizada en neurofisiología, por neurólogos y rehabilitadores. Sin embargo el registro de la actividad eléctrica se remonta a mediados del siglo XVII, con el médico y científico Francesco Redi, que evidenció la existencia de un músculo especializado que era capaz de producir electricidad en un pez raya. En este mismo campo de

investigación, John Walsh demostró la producción de electricidad en la musculatura de la anguila en el año de 1773.<sup>1</sup>

Pero no fue hasta 1791 cuando el investigador italiano Galvani, precursor de los conocimientos actuales de fisiología neuromuscular, llegó a la conclusión de la presencia de electricidad en la musculatura de los organismos vivos, ya que con sus experimentos en ranas obtuvo la contracción muscular mediante la estimulación de un nervio. Él utilizó un tipo de máquina electrostática. <sup>1</sup>

Posteriormente, en el siglo XIX *Guillaume BA Duchenne*, elaboró el primer trabajo sobre la dinámica y función del músculo, construyó un equipo de estimulación neuromuscular, que en sus comienzos utilizó con fines terapéuticos, para después con fines investigativos y diagnósticos, que más tarde en conjunto a la introducción del concepto de unidad motora (UM) por *Lidell y Sherrington* en 1925.<sup>1</sup>

Los estudios de la conducción motora (*Hodes et al, 1948*) y de la conducción sensitiva (*Dawson y Scott, 1949*) y la posterior introducción de la EMG de la fibra aislada (*Ekstedt, 1964*) aportaron un gran avance de las técnicas electromiográficas en el diagnóstico y evolución de los procesos del sistema nervioso periférico. <sup>2</sup> En la *figura 1* observaremos a través de una línea del tiempo el origen y evolución de la EMG.

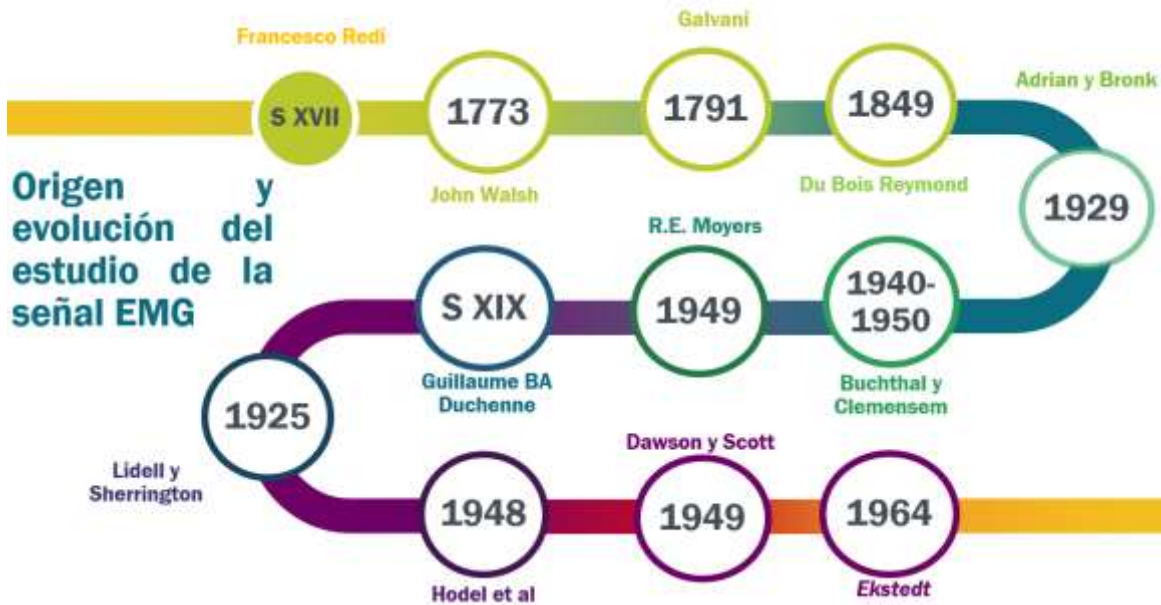


Figura 1. Origen y Evolución del estudio de la señal EMG.

## 2.2 Funcionamiento de la Electromiografía

El potencial de unidad motora (PUM) es el resultante de la suma de los potenciales de fibra muscular generados, los electrodos se encargan de registrar esta actividad muscular, tomando en cuenta que registran las ligeras diferencias de tiempo establecidas por las distintas distancias y conducción de cada fibra.<sup>5</sup>

La EMG puede ser cuantificada midiendo la altura de los potenciales de acción o la frecuencia de los potenciales de acción individuales. A niveles elevados de actividad cuando las espigas del potencial están superpuestas, los recuentos de frecuencia se hacen inexactos.<sup>6</sup>

Sin embargo aunque el registro electromiográfico se conforma de la señales de los potenciales de acción, también toma en cuenta otras denominadas "ruido" (la piel, campos electromagnéticos, artefactos de movimiento, aparatos eléctricos, interferencia de red, etc.) La señal de propagación que se ve en la EMG viene dada por la fase de despolarización de la membrana y el ciclo de repolarización, en forma

de una onda de despolarización que generalmente es de morfología bi o trifásica, su duración oscila entre 4 y 10 milisegundos, la amplitud de los potenciales varía entre 0.5 y 3  $\mu\text{V}$  y la frecuencia de descarga máxima de UM se estima en cincuenta veces por segundo. <sup>7</sup>

### **2.3 Tipos de electromiografía**

La EMG se diferencia en función del tipo de sensor que emplean. La elección del tipo de sensor va a depender del área a estudiar. Se puede examinar desde la actividad eléctrica de una única fibra muscular hasta la actividad global de un músculo. A medida que se incrementa el área de registro, las medidas tomadas son cada vez menos selectivas pero más representativas. Los sensores se clasifican en función del número de electrodos que lo constituyen, que puede ser monopolar, con un único electrodo activo; bipolar, con dos electrodos activos y los multielectrodos, con más de dos electrodos que en la actualidad se utilizan en EMG de superficie de alta densidad. Sin embargo, estos pueden ser invasivos o no, empleando electrodos de inserción (de aguja) o electrodos de superficie que se colocan sobre la piel, adheridos mediante algún tipo de adhesivo.<sup>2</sup>

#### **2.3.1 Monopolar**

En los primeros estudios electromiográficos, se utilizaban sensores monopolares de superficie que no se encontraban lejos de sufrir inconvenientes. El mayor problema que presentaban es que al posicionarlos de manera aleatoria en un músculo durante una contracción voluntaria, se observó que el registro del potencial de acción generaba una gran variabilidad en cuanto a la duración, amplitud y forma. Este gran problema se debe a que en la técnica monopolar, el voltaje obtenido por el electrodo de referencia es una fuente de error ya que al estar ubicado en una zona alejada del músculo a estudiar, registra la actividad eléctrica de los músculos adyacentes y no puede ser eliminada. Este fenómeno se conoce como *cross talk*.<sup>7</sup>

### 2.3.2 Bipolar

El error que se obtenía al realizar la EMG con sensores monopolares, se corrige al utilizar los bipolares (*figura 2*), debido a que los electrodos se colocan con una distancia entre sí, inferior al tamaño del músculo, entonces la actividad generada por los músculos adyacentes es prácticamente igual en ambos extremos y por lo tanto eliminada al restar los valores.<sup>7</sup>



Figura 2. Sensor monopolar

### 2.3.3 Multielectrodo

En los últimos años la introducción de la nueva EMG de superficie, emplea un multielectrodo (*figura 3*) que permite valorar la amplitud del potencial de acción y el número de UM activas, que hasta entonces solo era registrable mediante electrodos de aguja. Lo que nos ayuda a calcular la velocidad de conducción, la localización de la placa motora terminal, clasificar los potenciales de acción de las UM y calcular el tamaño de las mismas. Esta nueva técnica amplía el campo de las posibilidades que la EMG de superficie nos aporta.<sup>7</sup>

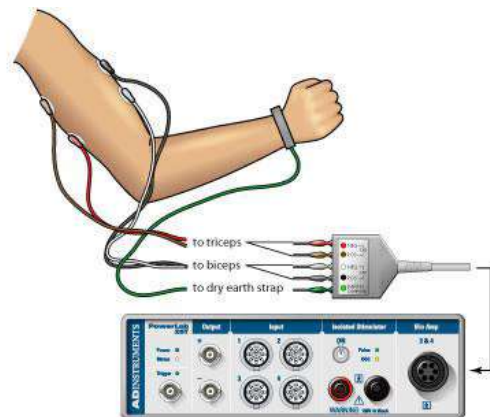


Figura 3. Sensor multielectrodo

#### 2.3.4 Electromiografía de superficie

La electromiografía de superficie (EMGs) permite la investigación no invasiva de los fenómenos bioeléctricos, que se producen en las fibras musculares esqueléticas durante el reposo, el estrés y la contracción máxima. La actividad EMG de superficie tiene tres aplicaciones principales en biomecánica: como indicador de la iniciación de la activación del músculo, su relación con la fuerza producida por el músculo y como un índice de los procesos de fatiga que ocurren dentro del músculo. <sup>8</sup>

La EMGs explora una mayor área del músculo, son menos invasivos, no ofrecen riesgos de complicaciones y pueden ser utilizados con fines determinados, el principal inconveniente que presenta es la resistencia que opone la piel al paso de la corriente eléctrica, denominada impedancia natural. Esta dependerá de la cantidad de epidermis y del grosor del tejido conectivo y graso bajo el electrodo. La impedancia actúa como un filtro de frecuencia baja atenuando la señal EMG captada. De manera que cuanto mayor sea el grosor del tejido subcutáneo, menor será la amplitud de la señal registrada. El tejido graso subcutáneo es un tejido de baja conductividad por lo que parte de la señal eléctrica producida por el tejido muscular, se disipa y pierde. Sin embargo el tejido cutáneo presenta una alta conductividad, ambos factores deberán tomarse en cuenta para el correcto registro de la EMG. En cuanto a la impedancia esta se compensa con una buena preparación de la piel y empleando un amplificador.<sup>7</sup>

Dentro de los electrodos de superficie encontramos dos tipos distintos:

- Los electrodos activos, que incorporan preamplificadores en el lugar del electrodo para mejorar la impedancia.
- Los electrodos pasivos que no cuentan con amplificador y por ello es importante reducir al máximo la impedancia de la piel.

En cuanto a la forma, los circulares son los más usados (*figura 4*), se recomienda que tengan un tamaño de 10 mm en músculos pequeños de 2-3 mm. Además debe

tomarse en cuenta la distancia interelectrodo, la recomendada es de 20 mm. Los electrodos deben colocarse en sentido de las fibras musculares y se recomienda colocar un electrodo de manera neutra sobre un tejido inactivo (huesos o tendones).<sup>3</sup>



**Figura 4.** Electrodo circular que actualmente es el más usado para EMGs

### 2.3.5 Electromiografía de aguja

Los electrodos de aguja (*figura 5*) fueron introducidos en 1929 por Adrian y Bronk, estos se insertan en los músculos a explorar, proporcionando registros de mayor calidad y especificidad, permitiendo el estudio de las características de los potenciales de unidad motora. Se considera un procedimiento efectivo para identificar diferentes enfermedades neurológicas que pueden afectar a cualquier componente desde la motoneurona alfa, sus axones y las fibras musculares que inervan.<sup>2</sup>



*Figura 5. Electrodo monopolar de aguja*

#### **2.4 ¿Cómo se registra la actividad electromiográfica?**

Un electromiógrafo amplifica entre 200 y 5000 veces la señal del músculo con selectividad para frecuencia en el rango de .1 a 2 kHz, de ahí que la señal electromiográfica también se puede definir como el registro de la suma temporal de las señales eléctricas de fibras musculares que disparan a diferentes frecuencias.<sup>1</sup>

Se ha demostrado que para lograr registros electromiográficos con una alta confiabilidad se debe tener en cuenta factores que puedan alterar los resultados, tales como la posición del paciente, la edad, la composición y forma de la cara, la cantidad de tejido conectivo y grasa.

Las respuestas electromiográficas de los músculos masticatorios dependen y son modificadas por la posición de la cabeza, la extensión dorsal aumenta la actividad de los temporales y la flexión ventral aumenta la de maseteros y digástrico.<sup>1</sup>

La señal es recogida por electrodos y pueden ser clasificados según su relación con la piel en electrodos de superficie (sobre la piel), electrodos internos (dentro de la piel) y microelectrodos (nivel celular). Los electrodos deben colocarse paralelos a las fibras musculares para maximizar la actividad de la señal y no se deben colocar en la placa terminal.<sup>1</sup>



### 2.4.1 Análisis en el dominio de la frecuencia

Para evaluar los componentes de frecuencia de la señal electromiográfica se realiza una gráfica de potencia vs frecuencia que se denomina un análisis espectral. Los parámetros que cotidianamente se evalúan son: el pico de frecuencia, el pico de potencia y la potencia acumulada. Este análisis es importante porque clínicamente se puede observar que las frecuencias bajas aumentan cuando un sujeto se somete experimentalmente a fatiga. <sup>1</sup>

### 2.4.2 Análisis en el dominio de la amplitud

Cuantifica el esfuerzo muscular mediante el cálculo del área bajo la señal. Se procede a la rectificación de datos, que consiste en la positivización de los valores negativos y las positivas se anulan entre sí, para considerar solo magnitudes absolutas. <sup>1</sup>

### 2.4.3 Raíz cuadrática media (RMS)

Medida estadística de la magnitud de una cantidad variable. El RMS (*Figura 6 y 7*) es uno de los análisis de señal EMG, se trata de un valor indicativo de la magnitud de la señal y se obtiene en intervalos de tiempo. Puede describirse matemáticamente como la estimación de la desviación estándar de un proceso aleatorio en ruido auditivo. <sup>9</sup>

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$

*Figura 6. Fórmula del RMS*

El valor de la EMG por medio de RMS se mide en micro volts o mili volts para estimar el valor de la amplitud. El RMS es un método para cuantificar la señal EMG en el cual cada valor es calculado en área, sumando y dando un valor medio y al final se obtiene la raíz cuadrática del producto. <sup>9</sup>

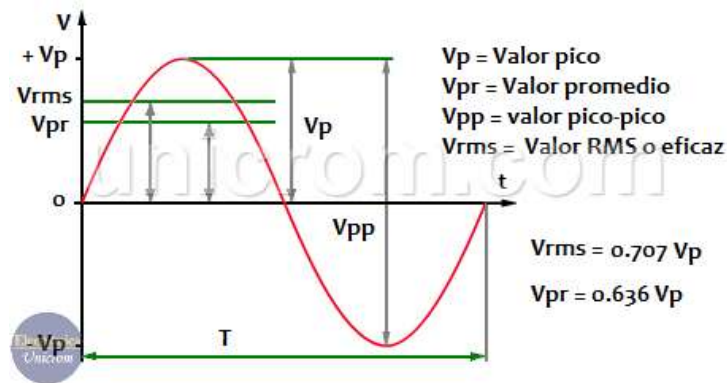


Figura 7. Gráfica del RMS

## 2.5 Uso de la electromiografía

La EMG de superficie en odontología, es usada principalmente para evaluar pacientes con Trastorno Temporomandibular (TTM), dolor o disfunción de los músculos mandibulares y dolores de cabeza de tipo tensional. La intervención a pacientes con TTMs tiene por objetivo reducir la hiperactividad muscular en frecuencia, intensidad y/o duración en los individuos que tiene dolor miofascial.<sup>9</sup>

En cuanto a las cefaleas que son atribuidas a los trastornos de la articulación temporomandibular se acentúan comúnmente en el área pre auricular, los músculos de la masticación y en la región del temporal. Se producen o exacerban con los movimientos de la ATM o aplicando presión sobre las estructuras de dicha articulación y los músculos de la masticación<sup>17</sup>, dichas áreas están al alcance de la EMG, ya que son de fácil acceso para ser medibles.

La electromiografía de aguja permite explorar entre otras cosas, el funcionamiento del sistema nervioso periférico, incluyendo la unión neuromuscular y el músculo. Algunos pacientes pueden encontrar el procedimiento doloroso, otros experimentan un pequeño nivel de discomfort cuando la aguja es insertada. Los músculos a los cuales se les realiza el procedimiento pueden quedar adoloridos por uno o dos días después del procedimiento, sin embargo proporcionan registros de mayor calidad y especificidad.<sup>2</sup>

## 2.6 Función Muscular

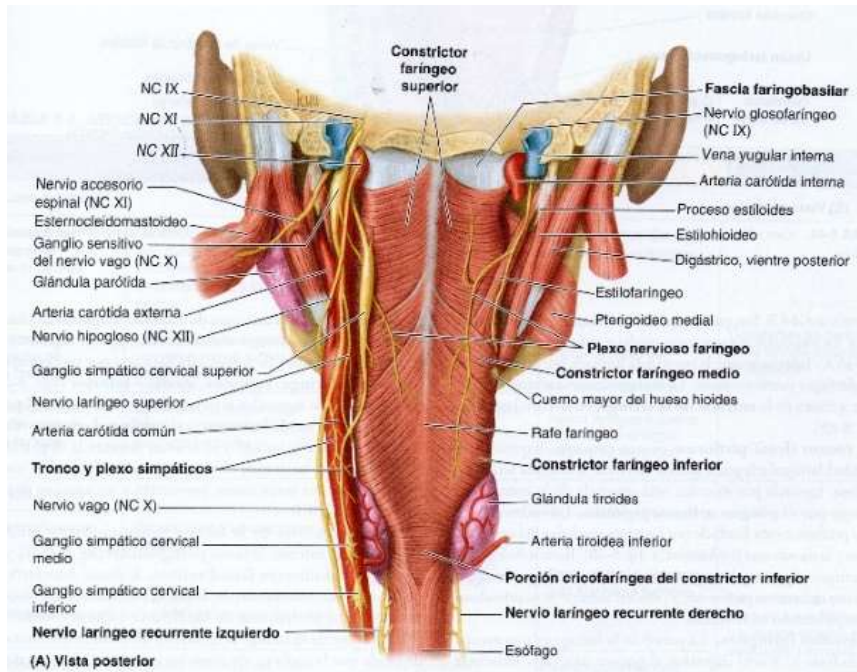
Las fuerzas musculares se clasifican como fuerzas extraorales e intraorales.

- Extraorales (*figura 8*), dónde participan el orbicular de los labios, el buccinador y el constrictor superior de la faringe.
- Intraorales (*figura 9*): Músculos de la lengua y los suprahioideos. Estas fuerzas musculares son las que intervienen en el desarrollo esquelético del cráneo. <sup>10</sup>

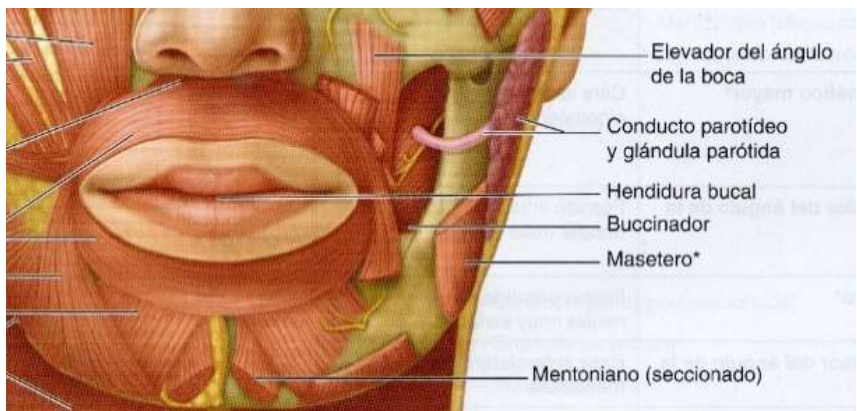
Las fuerzas extraorales crean una fuerza centrípeta que desde fuera contralará el crecimiento de las arcadas, actuando junto a la fuerza interna que es centrífuga, dada por músculos linguales o por el conjunto muscular lingual quienes ligado a los músculos suprahioideos, inducirán el crecimiento y desarrollo de los maxilares y arcadas dentarias. Estos dos grupos dominarán la posición de la mandíbula, hioides y lengua que harán de todo una unidad funcional; participando en las funciones del sistema masticatorio de forma directa.<sup>9</sup>

Un sistema mandibular con menor ventaja mecánica requeriría una musculatura relativamente mayor (más masa) para producir la fuerza que un sistema más eficaz pudiera generar con músculos más pequeños. Si el tamaño de los músculos permanece constante y la ventaja mecánica varía al modificar la longitud del brazo de carga, la fuerza masticatoria resultante fluctúa de acuerdo con las alteraciones en la ventaja mecánica. Esto explica en parte porque es posible aplicar más fuerza con los molares que con los incisivos.<sup>9</sup>

El tamaño y la orientación de los músculos de la masticación varían con la morfología caneofacial. Adultos de cara larga tiene músculos maseteros más delgados con un área de sección transversal más pequeña; pacientes con prognatismo también tienen músculos maseteros más delgados y más pequeños.



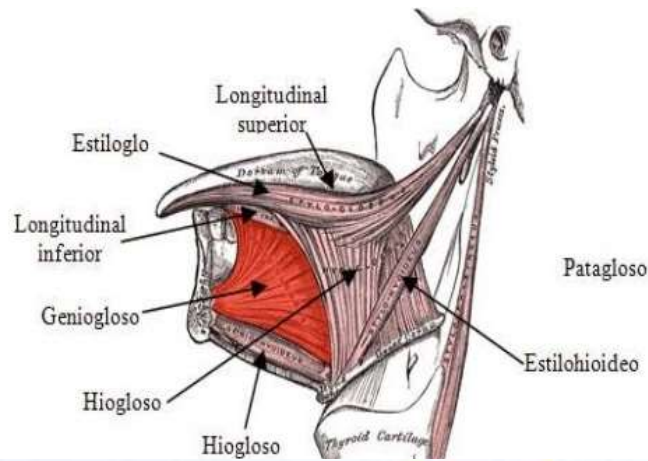
A



B

**Figura 8 Fuerzas musculares extraorales A. Músculo constrictor de la faringe B. Músculo orbicular de los labios y buccinador**

A



B



**Figura 9. Fuerzas musculares intraorales A. Músculos de la lengua B. Músculos suprahioideos**

## 2.7 Articulación temporomandibular

La articulación temporomandibular es una articulación sinovial de tipo gínglimo modificada, que permite los movimientos de deslizamiento (traslación) y un pequeño grado de rotación (giro), además de los movimientos de flexión (elevación) y extensión (descenso) que son típicos de los gínglimos. Las superficies articulares óseas que intervienen son la fosa mandibular y el tubérculo articular del hueso temporal superiormente, y la cabeza de la mandíbula inferiormente (*figura 12*).<sup>12</sup>

Los movimientos deslizantes de protrusión y retrusión (traslación) ocurren entre el hueso temporal y el disco articular (cavidad superior) (*figura 13*.); los movimientos del gínglimo (descenso y elevación) y los de rotación o giro se producen en el compartimento inferior. Una parte más gruesa de la cápsula articular forma el ligamento lateral intrínseco de esta articulación, que fortalece la articulación

lateralmente, y junto con el tubérculo posglenoideo (v. figura 12 A) actúan para evitar la luxación posterior de la articulación.<sup>12</sup>

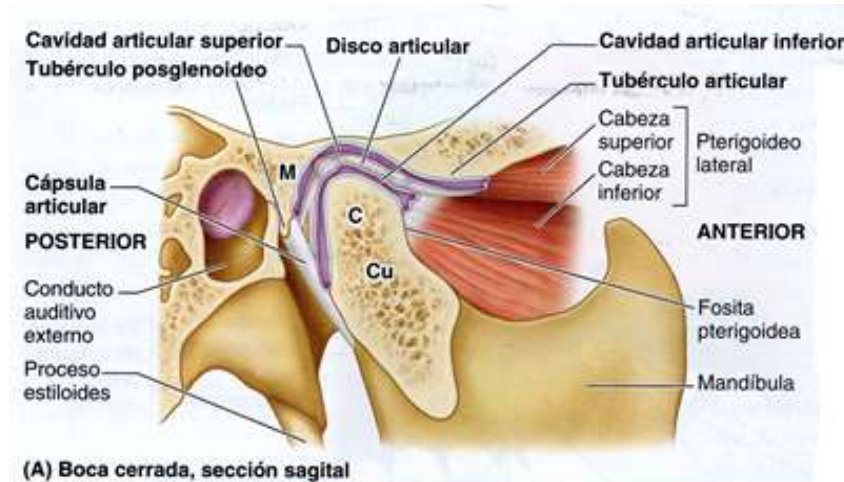


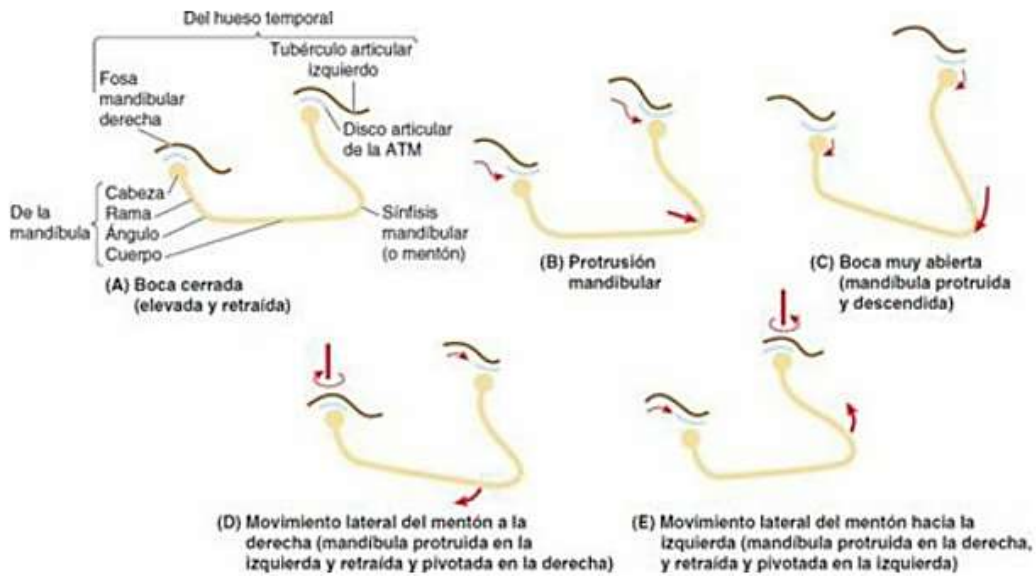
Figura 12. Imagen anatómica de la articulación temporomandibular.

La función de unión de la cápsula articular se ve reforzada por una serie de ligamentos (figura 14), constituyen dispositivos de limitación pasiva para restringir el movimiento articular. Su función comienza ante los movimientos bordeantes o límite, a los que se oponen.

A continuación, en la Tabla 1 se enlistan los movimientos de la articulación temporomandibular así como los músculos que ejercen dichos movimientos.

Tabla 1. Movimientos de la Articulación Temporomandibular

Movimientos de la mandíbula	Músculos
Elevación (cerrar la boca)	Temporal, masetero y pterigoideo medial
Descenso (abrir la boca)	Pterigoideo lateral y músculos suprahioides e infrahioides
Protrusión del mentón	Pterigoideo lateral, masetero y pterigoideo medial
Retrusión del mentón	Temporal (fibras oblicuas posteriores y casi horizontales) y masetero
Movimientos laterales	Temporal del mismo lado, pterigoideos del lado opuesto y masetero



**Figura 13. Movimientos de la mandíbula producidos en la ATM**

## 2.8 Músculos de la masticación

Los movimientos de la articulación temporomandibular se deben principalmente a los músculos de la masticación. Estos cuatro músculos que se observan en la *figura 14* (temporal, masetero y pterigoideos medial y lateral) se desarrollan a partir del mesodermo del primer arco faríngeo embrionario; por consiguiente, todos ellos reciben inervación por parte del nervio de dicho arco, el nervio mandibular (motor de la mandíbula) (NC V3).<sup>12</sup> Se resumirá en la Tabla 2 la inserción proximal, distal, su inervación así como su acción de los músculos de la masticación, músculos suprahioides, infrahioides y de la expresión facial que están relacionados con los movimientos mandibulares y la ATM.



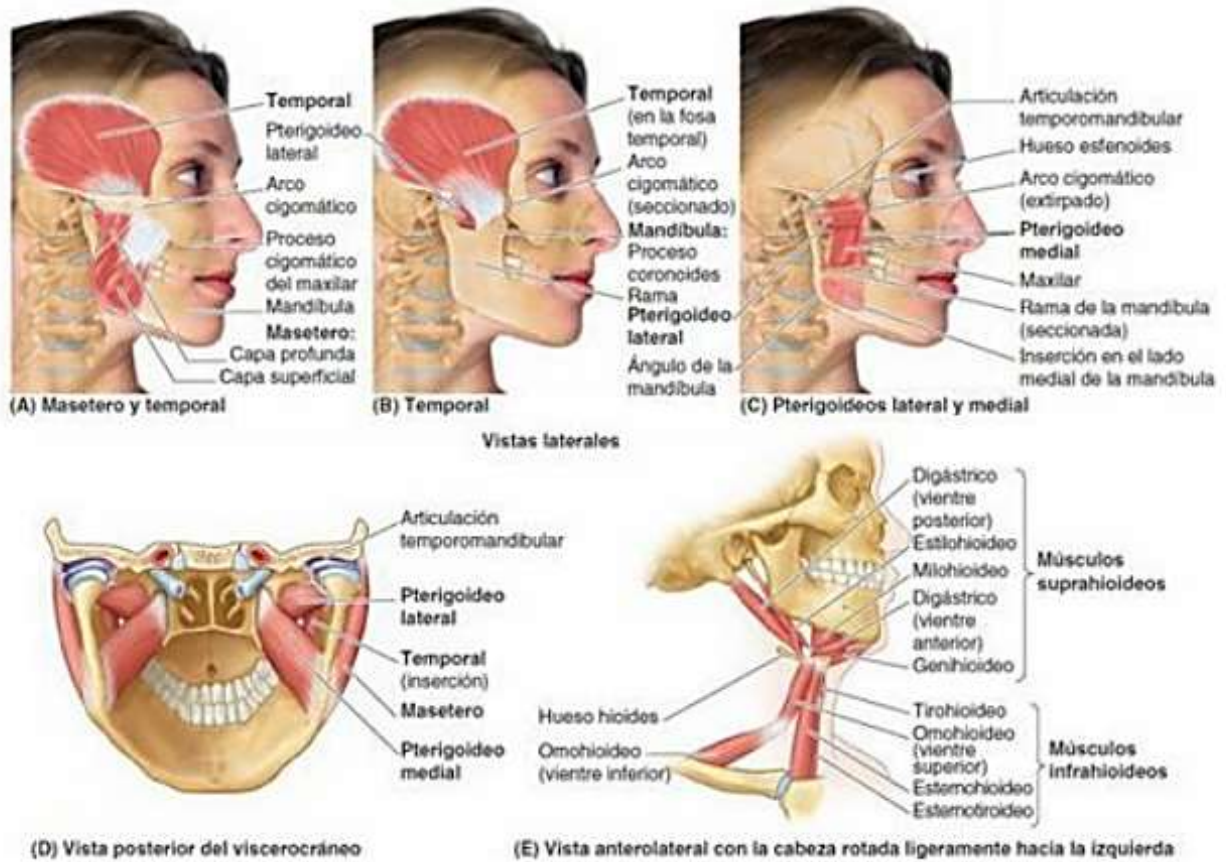


Figura 14. Músculos que actúan sobre la mandíbula y ATM.

Tabla 2. Músculos de la masticación, suprahioides, infrahioides y de la expresión facial.

Músculos	Inserción proximal	Inserción distal	Inervación	Acción sobre la mandíbula
<b>Músculos de la masticación</b>				
<b>Temporal</b>	M triangular con amplia inserción en el suelo de la fosa temporal y la cara profunda de la fascia temporal	Inserción estrecha en la punta y la cara medial del proceso coronoides y el borde anterior de la rama de la mandíbula	Tronco anterior	Eleva la mandíbula y la cierra; las fibras posteriores, más horizontales, son las que tiran hacia atrás de la mandíbula



<b>Masetero</b>	Músculo cuadrado que se inserta en el borde inferior y la cara medial del proceso maxilar del hueso cigomático y del arco cigomático	Ángulo y cara lateral de la rama de la mandíbula	del nervio mandibular (NC V3)	A través del nervio masetero	Eleva la mandíbula y la cierra; las fibras superficiales contribuyen de forma limitada en la protrusión mandibular
<b>Pterigoideo lateral</b>	M triangular con dos cabezas desde: 1) cara infratemporal y cresta del ala mayor del esfenoides 2) cara lateral de lámina lateral de pterigoides	Cabeza superior se inserta en la cápsula y el disco articular de la ATM; cabeza inferior se inserta en la fosita pterigoidea de la cara antromedial del cuello del proceso condilar de la mandíbula		A través del nervio pterigoideo lateral	Cuando actúan bilateralmente, protruyen la mandíbula y descienden el mentón; cuando actúan unilateralmente, mueven la mandíbula hacia el lado contralateral; la contracción unilateral alterna produce amplios movimientos laterales de masticación
<b>Pterigoideo medial</b>	M cuadrangular con dos cabezas desde: 1) cara medial de lámina lateral de la pterigoides y el proceso piramidal del hueso palatino 2) la tuberosidad del maxilar	Cara medial de la rama de la mandíbula, inferior al foramen mandibular.	Tronco anterior del nervio mandibular (NC V3)	A través del nervio pterigoideo medial	Actúa de forma sinérgica con el masetero para elevar la mandíbula; contribuye a la protrusión; la actividad unilateral alterna produce pequeños movimientos de masticación

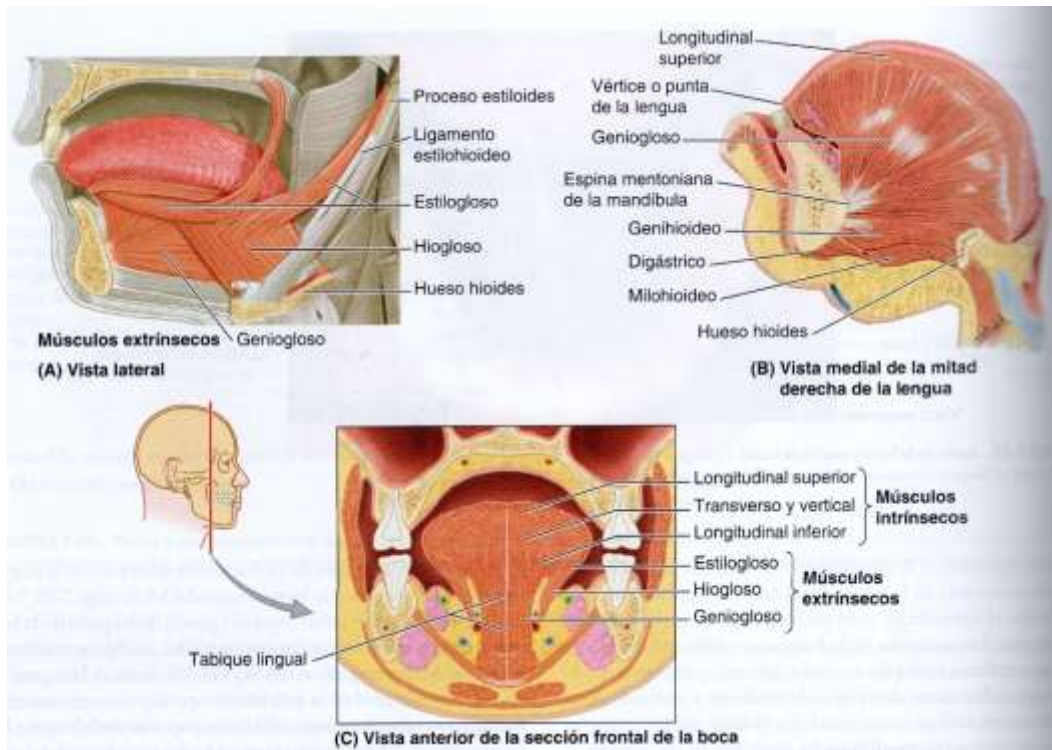
<b>Músculos suprahioideos</b>				
<b>Digástrico</b>	Base del cráneo	Hueso hioides	Nervio facial y mandibular	Desciende la mandíbula contra resistencia cuando los músculos infrahioideos fijan o descienden el hueso hioides
<b>Estilohioideo</b>	Proceso estiloides		Nervio facial	
<b>Milohioideo</b>	Parte medial del cuerpo de la mandíbula		Nervio mandibular	
<b>Genihioideo</b>	Parte anterior del cuerpo de la mandíbula		Nervio Genihioideo (C1-C2)	
<b>Músculos infrahioideos</b>				
<b>Omohioideo</b>	Escápula	Hueso hioides	Asa cervical del plexo cervical (C1-C3)	Fija o desciende el hueso hioides
<b>Esternohioideo</b>	Manubrio del esternón			
<b>Esternotiroideo</b>		Cartílago tiroides		
<b>Tirohioideo</b>	Cartílago tiroides	Hueso tiroides	C1 (a través del nervio hipogloso, NC XIII)	
<b>Músculo de expresión facial</b>				
<b>Platisma</b>	Tejido subcutáneo de las regiones infraclavicular y supraclavicular	Base de la mandíbula, piel de la mejilla y labio inferior, ángulo de la boca y orbicular de la boca	Ramo cervical del nervio facial (NC VIII)	Desciende la mandíbula contra resistencia

## 2.9 Lengua

La lengua es un órgano muscular biomecánicamente distinto, ya que genera deformación, articulación y movimiento sin el soporte mecánico de una estructura esquelética rígida. Se cree que el soporte mecánico es logrado por la naturaleza incomprensible del tejido muscular, como activación sinérgica de las fibras musculares orientadas ortogonalmente.<sup>14</sup>

La lengua humana comprende músculos intrínsecos relacionados ortogonalmente (vertical, transversal, longitudinal superior e inferior) que se originan y terminan dentro de la lengua y los llamados músculos extrínsecos (geniogloso, hipogloso,

estilogloso y palatogloso) (figura 15) que tienen orígenes óseos externos y se insertan en el cuerpo de lengua. La teoría del hidrostato muscular ( Kier y Smith 1985 ) plantea una interacción constante de los músculos extrínsecos e intrínsecos en todas las funciones de la lengua. <sup>14</sup>



**Figura 15. Músculos de la lengua**

En cuanto a la inervación (figura 16), el XII nervio craneal, es el nervio motor primario que inerva siete de los ocho músculos de la lengua. El palatogloso, un músculo extrínseco de la lengua, está inervado por el nervio vago (X craneal). Al salir del agujero hipogloso, el nervio hipogloso (HGN) emite una pequeña rama meníngea y recoge una rama de la rama anterior de C1, se mueve en espiral detrás del nervio vago y pasa entre la arteria carótida interna y la vena yugular interna inferior al vientre posterior del músculo digástrico, a la región submandibular en la lengua. <sup>16</sup>

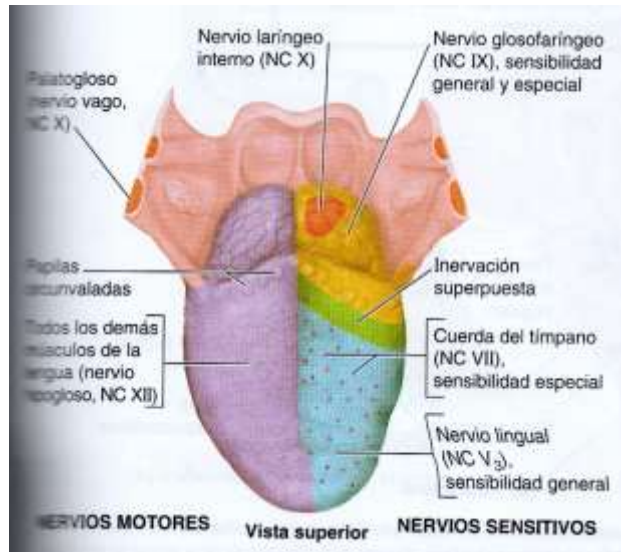


Figura 16. Inervación de la lengua

Tabla 3. Músculos de la lengua

Músculo	Forma y posición	Inserción proximal	Inserción distal	Acción(es) principal(es)
<b>Músculos extrínsecos de la lengua</b>				
<b>Geniogloso</b>	M en forma de abanico; forma la mayor parte de la lengua	A través de un tendón corto en la parte superior de la espina mentoniana de la mandíbula	Todo el dorso de la lengua; las fibras más inferiores y más posteriores se unen al cuerpo del hioides	Actividad bilateral deprime lengua; especialmente porción central, creando un surco longitudinal; parte posterior tira de la lengua anteriormente para impulsarla hacia delante; parte más anterior retrae el vértice de la lengua protruida; contracción unilateral desvía la lengua hacia lado contralateral.

<b>Hiogloso</b>	M delgado, cuadrilátero	Cuerpo y cuerno mayor del hioides	Caras inferiores de las partes laterales de la lengua	Deprime la lengua, tirando inferiormente de sus lados; ayuda a acortar (retraer) la lengua
<b>Estilogloso</b>	M triangular corto, pequeño	Borde anterior distal del proceso estiloides; ligamento Estilohioideo	Lados de la lengua posteriormente, formando interdigitaciones con el hiogloso	Retrae la lengua y eleva sus lados; actúa con geniogloso para formar un canal central durante la deglución
<b>Palatogloso</b>	M palatino estrecho, en forma de semiluna; forma el arco palatogloso posterior del istmo de las fauces	Aponeurosis palatina del paladar blando	Entra en la parte posterolateral de la lengua transversalmente y se mezcla con los músculos intrínsecos transversos de la lengua	Capaz de elevar la parte posterior de la lengua o deprimir el paladar blando, actúa como constrictor del istmo de las fauces

#### Músculos intrínsecos de la lengua

<b>Longitudinal superior</b>	Lámina delgada profunda a la mucosa del dorso de la lengua	Capa fibrosa submucosa y tabique fibroso medio	Bordes de la lengua y mucosa	Enrosca la lengua longitudinalmente hacia arriba, elevando el vértice y los lados de la lengua; acorta (retrae) la lengua
<b>Longitudinal inferior</b>	Banda estrecha junto a la cara inferior	Raíz de la lengua y cuerpo del hioides	Vértice de la lengua	Enrosca la lengua longitudinalmente hacia abajo, deprimiendo el

				vértice; acorta (retrae) la lengua
<b>Transverso</b>	Profundo al músculo longitudinal superior	Tabique fibroso medio	Tejido fibroso en los bordes laterales de la lengua	Estrecha y alarga (protruye) la lengua
<b>Vertical</b>	Fibras que forman intersección con músculo transverso	Capa fibrosa submucosa del dorso de la lengua	Cara inferior de los bordes de la lengua	Aplana y ensancha la lengua

## 2.10 Fisiología lingual

En 1985 Kier y Smith, propusieron una explicación biomecánica para el funcionamiento de la lengua; se dice que las fibras musculares longitudinales que están dispuestas en los márgenes periféricos de dicho órgano se encargan de realizar movimientos de flexión a través del reclutamiento unilateral. Las fibras que se encuentran perpendiculares a la dirección longitudinal (ya sea transversal, vertical, radial o circular) crean alargamiento longitudinal reduciendo el área transversal de la lengua. <sup>14</sup>

Según la teoría del hidrostato muscular ( Smith y Kier 1989 ), la protrusión no es el resultado de la activación de un solo músculo, sino que es una consecuencia de la expansión en el eje largo (a través de la contracción de los músculos intrínsecos de la lengua *vertical* y *transverso* ) y el movimiento hacia adelante en espacio (a través de la contracción del *geniogloso*) Es importante destacar que se cree que las acciones multivectoriales de los músculos intrínsecos de la lengua la endurecen, haciendo posible el desarrollo de la fuerza protrusiva. <sup>14</sup>

Los músculos extrínsecos e intrínsecos se fusionan estrechamente para optimizar la velocidad y la flexibilidad. Ningún movimiento de la lengua es el resultado de un solo músculo. Se reporta que la protrusión de la lengua resulta no solo por la acción

del geniogloso, sino también por las actividades combinadas de los músculos intrínsecos vertical y transversal y el músculo extrínseco del geniogloso. También, que la contracción simultánea pero bidireccional de las fibras intrínsecas verticales y horizontales entrecruzadas forma el núcleo de la lengua y conduce a la protrusión de la lengua en el eje anterior-posterior, que se opone a la retracción producida por la contracción unidireccional de los músculos longitudinales. <sup>14</sup>

Por lo tanto, los músculos extrínsecos imparten una deformación a gran escala de la lengua y los músculos intrínsecos ayudan a afinar la forma final. Del mismo modo, los movimientos retrusivos implican la coactivación de los músculos estilogloso e hiogloso junto con los músculos longitudinales superior e inferior. Se ha demostrado que la coactivación de grupos musculares antagonistas previene el efecto oclusivo del retractor, mejorando así la permeabilidad faríngea. <sup>14</sup>

Los músculos extrínsecos de la lengua cambian la posición de ella, mientras que los músculos intrínsecos alteran su forma. Entre los extrínsecos, se considera que el músculo geniogloso es la protuberancia de la lengua, mientras que los músculos estilogloso e hiogloso se consideran retrusores. <sup>16</sup>

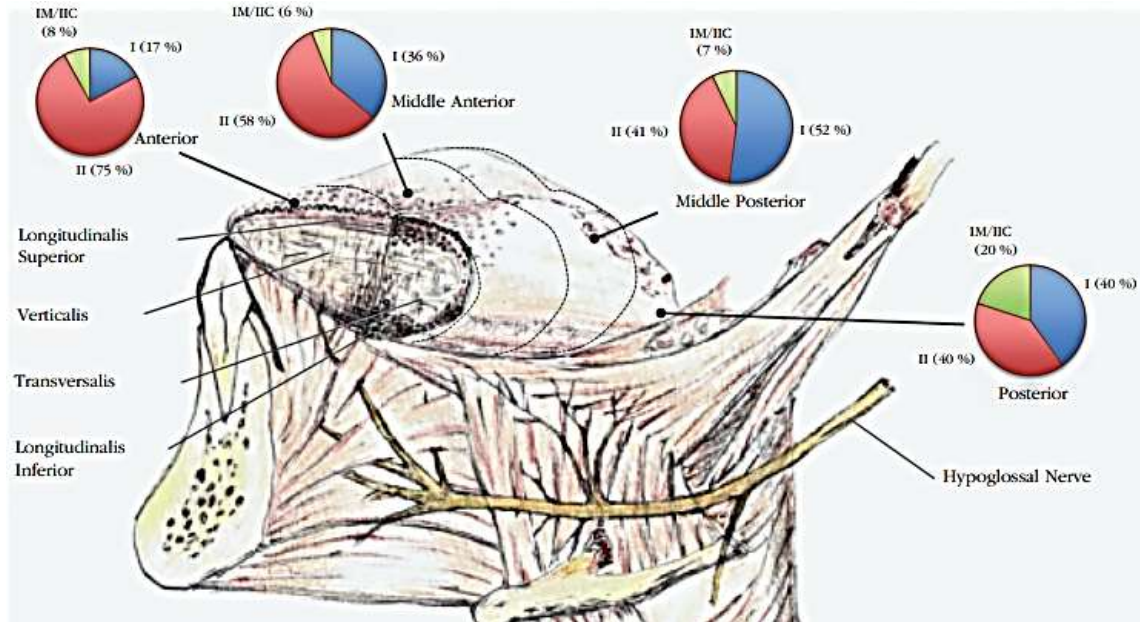
Las fibras musculares se clasifican en uno de dos tipos principales: Cadenas pesadas de miosina, Myosin Heavy Chain (MHC) por sus siglas en inglés Tipo I y MHC Tipo II con diferente composición de MHC. Las fibras musculares tipo I, también conocidas como fibras musculares de contracción lenta (se contraen lentamente), son más eficientes al usar oxígeno para generar adenosina-5'-trifosfato para contracciones musculares continuas y prolongadas sin fatiga (*Tabla 4*). Por lo tanto, las fibras de contracción lenta permiten actividades sostenidas o tónicas. Las fibras musculares tipo II también se conocen como fibras musculares de contracción rápida o fatiga rápida. Las fibras de contracción rápida se subdividen en fibras de Tipo IIa, Tipo IIx y Tipo IIb. En general, las fibras de contracción rápida son menos eficientes en la creación de sustrato rico en energía y son más adecuadas para generar explosiones rápidas pero duraderas de fuerza o velocidad, o actividades físicas. Por el contrario, las fibras de contracción lenta están más adaptadas para

generar actividades tónicas lentas de larga duración, como las necesarias para mantener la posición de la lengua y evitar que su masa caiga en las vías respiratorias retroglósas. La mayoría de las fibras en los músculos extrínsecos son de Tipo I y la mayoría de fibras de los músculos intrínsecos son de Tipo II, lo que sugiere el papel de los músculos extrínsecos en el inicio y mantenimiento de los movimientos de masa, mientras que los músculos intrínsecos contribuyen a su ajuste fino. Los músculos de la lengua humana, como los músculos extraoculares, el paladar blando y los músculos oro-faciales humanos, muestran una mayor capacidad oxidativa en comparación con otros músculos esqueléticos, lo que implica que la lengua es uno de los órganos resistentes a la fatiga (figura 17).<sup>16</sup>

Tabla 4. Tipos de fibras musculares y sus propiedades

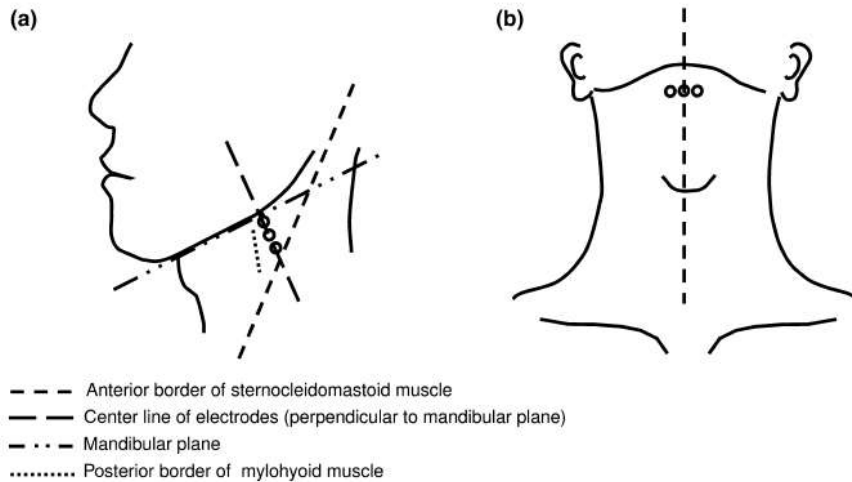
Características	Fibras tipo I	Fibras tipo II		
		Fibras tipo IIa	Fibras tipo IIx	Fibras tipo IIb
<b>Tiempo de contracción</b>	Lento	Moderadamente rápido	Rápido	Muy rápido
<b>Resistencia a la fatiga</b>	Alta	Bastante alto	Intermedio	Bajo
<b>Actividad</b>	Aeróbico	A largo tiempo anaeróbica	A corto tiempo anaeróbica	A corto tiempo anaeróbica
<b>Sustentabilidad</b>	Horas	< 30mins	< 5 min	< 1 min
<b>Potencia producida</b>	Bajo	Medio	alto	Muy alto
<b>Densidad mitocondrial</b>	Alto	Alto	medio	bajo
<b>Densidad capilar</b>	Alto	intermedio	bajo	Bajo
<b>Capacidad oxidativa</b>	Alto	Alto	intermedio	Bajo
<b>Capacidad glucolítica</b>	Bajo	Alto	alto	intermedio
<b>Principal almacenamiento de energía</b>	Triglicéridos	Fosfatasa creatinina , glucógeno	Fosfatasa creatinina , glucógeno	Fosfatasa creatinina , glucógeno





**Figura 17. Principales fibras musculares y su localización**

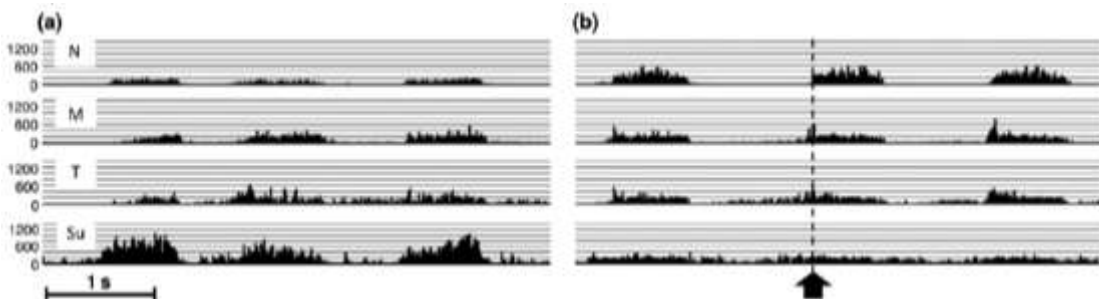
Manda, Maeda, Pan y Cols. (2016) Proponen un método para evaluar la actividad lingual por medio de EMGs del cuello en donde colocan 3 electrodos, uno 1 cm por detrás del borde posterior del músculo Milohioideo, en una línea perpendicular al borde inferior de la mandíbula, otro electrodo se ubicó 1 cm por debajo del borde inferior de la mandíbula y un electrodo justo por encima del músculo esternocleidomastoideo (*figura 18*). Además, se colocaron electrodos de superficie en el músculo masetero izquierdo, en la parte anterior del músculo temporal izquierdo, en el esternocleidomastoideo izquierdo, en el músculo Platisma izquierdo y en la zona submental. En el músculo temporal, esternocleidomastoideo y maseteros, se colocaron electrodos en el centro del vientre muscular, paralelo al músculo. Los electrodos para el área submental se colocaron 2 cm posterior al mentón. <sup>11</sup>



**Figura 18.** Diagrama esquemático de la ubicación de electrodos de superficie para EMG. Los electrodos de la superficie del cuello eran colocados 1 cm posterior al borde posterior del músculo Milohioideo, en una línea perpendicular al borde inferior de la mandíbula., el otro electrodo se encuentra 1 cm por debajo del borde inferior de la mandíbula, y un electrodo justo por encima del borde anterior del músculo esternocleidomastoideo.

La primera tarea por evaluar fue realizar con presión máxima la papila incisiva en una dirección anterosuperior por la punta de la lengua. La actividad eléctrica submental fue más notable en comparación con los otros músculos, lo que sugiere el papel fundamental de los músculos submentales en la protuberancia de la lengua; en contraste, la actividad EMG de los músculos del cuello fue débil durante esta tarea.

Durante la prueba de máxima contracción voluntaria, la actividad EMG de los músculos del cuello fue alta, en donde se observó un retraso entre el inicio de la actividad del músculo masetero, el temporal y la aparición de la actividad de los músculos del cuello (*figura 19*).<sup>11</sup>



**Figura 19. Coordinación de la EMG de la superficie del cuello (N), músculo masetero (M), músculo temporal (T) y superficie submental (Su) a: Máxima presión contra la papila incisiva en dirección anterosuperior por la punta de la lengua; se observa la poca actividad de los músculos del cuello b: apriete voluntario máximo. Flecha 1: se observa que los músculos submental y temporal no disminuyen su actividad, y el retraso en tiempo de la actividad den los músculos del cuello y masetero.**

En otro grupo experimental de 7 pacientes, colocaron un sensor para medir la presión de la lengua y observaron una correlación significativa ( $P < 0.01$ ) entre la intensidad de la actividad EMG de los músculos del cuello y el aumento de presión de elevación de la lengua. Concluyendo que dentro de la limitación de su estudio, la EMG de los músculos del cuello puede cuantificar la fuerza del levantamiento de la parte posterior de la lengua. <sup>11</sup>

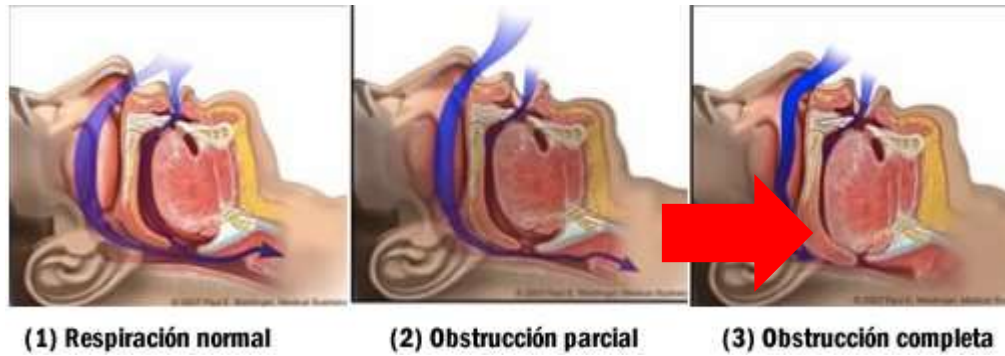
## **2.11 Trastornos relacionados con el desequilibrio neuromuscular**

### **2.11.1 Apnea obstructiva del sueño**

La apnea obstructiva del sueño (AOS) es un trastorno común que afecta a más del 6% de los adultos con consecuencias muy graves (morbilidades) (*figura 20*). Se caracteriza por episodios repetitivos de obstrucciones de las vías respiratorias superiores, que causan disminución del oxígeno en la sangre y la subsiguiente excitación del sueño. <sup>16</sup>

La pérdida progresiva del tono lingual y faríngeo en la vía aérea superior es la causa principal de AOS. El bloqueo de las vías aéreas se asocia con una reducción del tono muscular lingual y se atribuye presumiblemente a señales neuronales inadecuadas que normalmente proporciona el Nervio hipogloso (HGN) <sup>16</sup>, esta reducción hace que exista también un colapso faríngeo dificultando el acceso del aire.

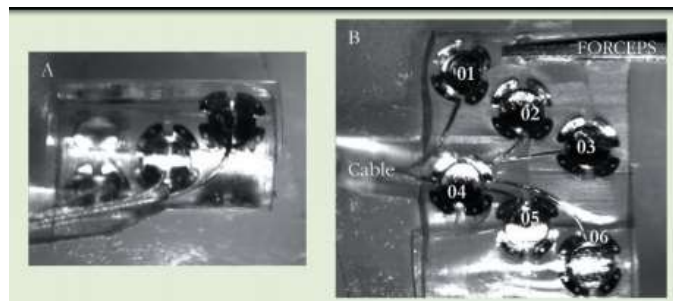
La pared anterior de la orofaringe (aproximadamente un tercio) está formada por la superficie posterior de la lengua. La pared flexible hipofaríngea está anclada no solo por sus propios músculos, los músculos constrictores faríngeos superiores y medios superpuestos, sino también por los músculos linguales. <sup>16</sup>



*Figura 20. Apnea obstructiva del sueño*

La utilización de los aparatos orales y cirugía de las vías respiratorias superiores para el tratamiento de AOS muchas veces no son suficientes y pueden provocar algunos efectos secundarios. En consecuencia, existe una necesidad significativa de alternativas terapéuticas adicionales.<sup>16</sup>

El tratamiento por elección de la OSA, es la estimulación del nervio hipogloso que requiere un electrodo multicanal (*figura 21*), cualquier activación del sistema debe tener en cuenta las inervaciones diferenciales de los músculos linguales por parte de las ramas del hipogloso, y el hecho de que algunos músculos linguales funcionan para abrir las vías respiratorias, mientras que otros no.<sup>16</sup>



*Figura 21. Electrodo multicanal para el nervio hipogloso, diseñado para rodear dicha rama*

### 2.11.2 Trastorno temporomandibular

La Asociación Dental Americana, refiere que los trastornos temporomandibulares son todas aquellas alteraciones funcionales del sistema masticatorio. Son diferentes las causas que pueden desencadenar dichos trastornos; así como los trastornos que pueden afectar la articulación temporomandibular (ATM).<sup>18</sup>

En cuanto al tratamiento de los TTM existen diversos métodos que ayudan a encontrar la relación ideal de la articulación temporomandibular con sus componentes dependiendo de la etiología de éste. <sup>18</sup> Por ejemplo: el tratamiento oclusal reversible es el que tiene como objetivo modificar el estado oclusal del paciente temporalmente. Se aplica utilizando un dispositivo oclusal, el cual es de acrílico y se coloca sobre los dientes de una arcada; donde la superficie opuesta altera la posición mandibular y el patrón de los contactos de los dientes. En el caso de las actividades parafuncionales, el dispositivo establece un patrón de contactos oclusales que estarán en armonía con la relación cóndilo-disco-fosa óptima para el paciente, por lo que el dispositivo proporcionará una estabilidad ortopédica. <sup>18</sup>

En cuanto al tratamiento oclusal irreversible, el ajuste selectivo de los dientes, técnicas restauradoras que modifican el estado oclusal, tratamiento ortodóntico y las intervenciones quirúrgicas serán algunos ejemplos que alteren permanentemente el estado oclusal y/o la posición mandibular. <sup>18</sup>

El tratamiento farmacológico ayuda a controlar los síntomas asociados a algún trastorno de la articulación temporomandibular. Los agentes farmacológicos más utilizados en el tratamiento de dichos trastornos son: analgésicos, antiinflamatorios, relajantes musculares, ansiolíticos, antidepresivos, anticonvulsivantes. <sup>18</sup>

Los relajantes musculares tienen un efecto central que produce sedación en el paciente, y esto podría ser la causa de que el paciente responda positivamente. El prototipo de los relajantes musculares es la mefenesina, otros relajantes son propanodiolos como son: el carisoprodol y el metocarbamol. <sup>18</sup> El relajante muscular que influye positivamente para tratar los dolores por los trastornos de la articulación temporomandibular es la ciclobenzaprina. En las modalidades de fisioterapia se encuentran los siguientes tipos: termoterapia, crioterapia, tratamiento con ultrasonidos, fonoforesis, iontoforesis, tratamiento de estimulación electrogalvánica, estimulación nerviosa eléctrica transcutánea y láser frío. Algunos ejemplos del tratamiento para TTM se observan en la figura 22 <sup>18</sup>



**Figura 2. Ejemplos de tratamiento para TTMs. A) Ajuste oclusal B) AINES C) Relajante muscular D) Crioterapia y Termoterapia E) Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea y F) Láser frío**

### **III. Planteamiento del problema**

La posición lingual juega un papel fundamental al deglutir y en estado de reposo. Su mala posición puede traer consigo alteraciones en la oclusión así como crecimiento anormal de los maxilares y desequilibrio entre las fuerzas musculares extra e intraorales. Estas alteraciones pudieran así también estar involucradas en el comportamiento de otros padecimientos como el trastorno temporomandibular, la apnea obstructiva de sueño y migrañas, entre otros. La importancia de la ortodoncia y su papel en devolver el equilibrio no solo dental sino muscular es de vital importancia para el ortodoncista.

Actualmente, en México no hay reportes de Electromiografía lingual aplicados a la Ortodoncia, es por eso que surgen los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son los cambios registrados en RMS de la electromiografía de superficie del músculo masetero, previa desprogramación muscular, durante la desprogramación por medio del uso de una férula oclusal fisiológica y al final de ésta, en maloclusión clase I, II y III?
- ¿Cuál es la diferencia registrada en RMS de la electromiografía lingual, previa desprogramación, durante, al final de la desprogramación y 3 meses después del tratamiento de Ortodoncia, en la paciente clase I tratado con ortodoncia convencional comparado con la paciente clase III con ortodoncia lingual?

### **IV. Justificación**

El equilibrio de las fuerzas musculares es de gran importancia para la estabilidad del tratamiento de Ortodoncia a largo plazo, ya que no solo se busca lograr una estética dental sino también la función y armonía neuromuscular adecuada. De ahí la importancia del diagnóstico electromiográfico de superficie y de aguja. En este estudio se le da más peso a la electromiografía de aguja ya que es un auxiliar más preciso para medir la actividad de los músculos de lengua, porque las fibras

musculares intrínsecas se interdigitan dentro del cuerpo de la lengua y no son fácilmente medibles mediante EMGs.<sup>23</sup>

En cuanto se logra el equilibrio neuromuscular, regulando la actividad eléctrica, llevando a una relación céntrica a la mandíbula y posicionando a la lengua en el lugar ideal; podremos lograr que las fuerzas intra y extraorales lleguen a una homeostasis. Dicho de otra manera, por ejemplo, cuando la lengua junto con sus músculos crean un equilibrio de fuerzas, se reeducará la musculatura para así evitar hábitos no fisiológicos, brindando un tratamiento de Ortodoncia más estable, así como una oclusión en donde no existan puntos prematuros de contacto que desvíen o alteren ese equilibrio muscular para preservar la posición ideal de la mandíbula, evitando a largo plazo cefaleas relacionadas con TTMs.

Para confirmar lo dicho anteriormente, Medrano (2008) menciona que las maloclusiones pueden deberse a un cambio en la longitud de un músculo en reposo que controle la posición mandibular. Cuando existen estos cambios a causa de un trastorno muscular se le conoce como maloclusión aguda y la alteración de la oclusión va a depender de los músculos afectados.<sup>4</sup>

Para justificar el uso de la Electromiografía de superficie en los tratamientos de Ortodoncia, la musculatura que se ve afectada en los hábitos parafuncionales, está al alcance de este auxiliar de diagnóstico. Estos hábitos (bruxismo, onicofagia y el morderse el labio, por mencionar algunos) serán una de las causas más importantes que provocarán trastornos de la articulación temporomandibular, así como cefaleas constantes.<sup>18</sup>

En varios estudios se ha demostrado la relación que existe entre los trastornos de la articulación temporomandibular con las cefaleas primarias, siendo la migraña la más común. Estas cefaleas son producidas por la tensión muscular crónica en la región temporal, frontal, parietal y occipital. Cuando la cefalea es ocasionada por la ATM, el dolor será unilateral y cuando el dolor es por los músculos que la envuelven, la cefalea es bilateral.<sup>18</sup>



Debido a todas las consecuencias negativas del desbalance muscular, la aplicación de la mioterapia funcional cobra cada día más fuerza.<sup>22</sup>

## **V. Objetivos**

Implementar el uso de la Electromiografía de superficie y lingual para determinar trastornos temporomandibulares, así como la posición que guarda la lengua antes del tratamiento y su modificación durante éste, provocada por la mecánica implementada para el alivio de la maloclusión, evaluando y comparando el valor RMS de cada paciente que presenta maloclusión clase I, II y III.

### **5.1 Objetivos particulares**

- Determinar el RMS de la electromiografía de superficie del músculo masetero en oclusión céntrica antes de la utilización de la férula oclusal fisiológica.
- Determinar el RMS de la electromiografía de superficie en oclusión céntrica del músculo masetero después de la utilización de la férula oclusal fisiológica.
- Comparar el RMS de la electromiografía lingual en los pacientes con maloclusión clase I y con maloclusión clase III posterior a la utilización de la férula oclusal fisiológica y 3 meses después del tratamiento de Ortodoncia.

## **VI. Hipótesis**

H0: No habrá diferencia entre el nivel eléctrico muscular lingual previo y posterior al tratamiento en los pacientes con maloclusión clase I y clase III.

H1: Habrá diferencia entre el nivel eléctrico muscular lingual previo y posterior al tratamiento en los pacientes con maloclusión clase I y clase III.

## **VII. Materiales y métodos**

### **1. Tipo de estudio**

Estudio experimental, comparativo, prospectivo y longitudinal realizado en la Clínica de Especialización en Ortodoncia Naucalpan de la Facultad de Estudios Superiores

Iztacala perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México y en el departamento de Fisiología de la DEPeI FO-UNAM.

## **2. Población de estudio y Muestra**

Se obtuvo una muestra por conveniencia de 3 pacientes femeninos entre 26 y 35 años de edad. Los 3 pacientes se distribuyeron según su maloclusión: Paciente 1 (n=1) con maloclusión clase I, paciente 2 (n=1) con maloclusión clase II y paciente 3 (n=1) con maloclusión clase III. En todos los pacientes se indicó el uso de férula oclusal fisiológica previo al tratamiento de Ortodoncia bajo el mismo protocolo que el estudio de Rodríguez C (2016).

## **3. Plan de análisis de datos**

Los valores obtenidos del estudio EMG son analizados por medio del RMS incluido en el software del Electromiógrafo Digital, para reportarlos, organizarlos y Graficarlos (Gráficas de cajas con desviación estándar) en el programa Excel (OS Windows). La información se analizó con el programa IBM SPSS Statistics V22. Los resultados se compararon utilizando la fórmula del Cambio Clínico Objetivo (CCO), para evaluar el comportamiento de cada paciente.

$$\text{CCO} = \text{Pos} - \text{Pre} / \text{Pre}$$

Donde:

Pre = resultado del paciente en el pre-test.

Pos = resultado del paciente en el post-test.

Se utilizó el signo de “más” para indicar un CCO positivo y el signo de “menos” para indicar un CCO negativo. Los puntos de corte propuestos para su interpretación fueron: resultados mayores o iguales a 0.20 mostraron un CCO positivo, resultados menores o iguales a 0.19 y mayores o iguales a -0.19 fueron interpretados como ausencia de CCO; y resultados menores o iguales a -0.20 significaron CCO negativo (Cardiel, 1994).

El presente estudio se realizó mediante un diseño antes-después. Se utilizó una Férula oclusal fisiológica para todos los pacientes, se midió la actividad eléctrica

inicial de los músculos maseteros de los tres pacientes y se comparó el RMS de los pacientes clase I, clase II y clase III.

Se tomaron registros electromiográficos linguales por medio de una aguja monopolar Technomed de 25 x 0.35 desechable de punta de lápiz para reducir el sangrado, que proporciona una señal clara y confiable por su punta recubierta de teflón; los registros se tomaron antes del uso de la férula (paciente Clase I y II), después de la desprogramación (paciente Clase I, II y III) y sólo en la paciente clase I y clase III se tomaron registros eléctricos linguales 3 meses después del tratamiento de ortodoncia, para así poder comparar los valores del RMS obtenidos antes y durante el tratamiento de ortodoncia y comparar el RMS de los pacientes clase I con el pacientes Clase III durante la primera fase del tratamiento de ortodoncia.

#### **4. Criterios del Electromiógrafo**

Desarrollado por el Laboratorio de Bioelectrónica del CINVESTAV del IPN, en conjunto con el Laboratorio de Fisiología de la DEPEl Facultad de Odontología UNAM.

- Número de canales 2
- Ancho de banda: 10 a 500 Hz.
- Nivel de amplificación: 1 a 100 kV/V
- Voltaje de alimentación: 127 VCA
- Numero de bits: 16
- Resolución: 2.44  $\mu$ V
- Resistencia de entrada: 1012  $\Omega$

Software del EMG

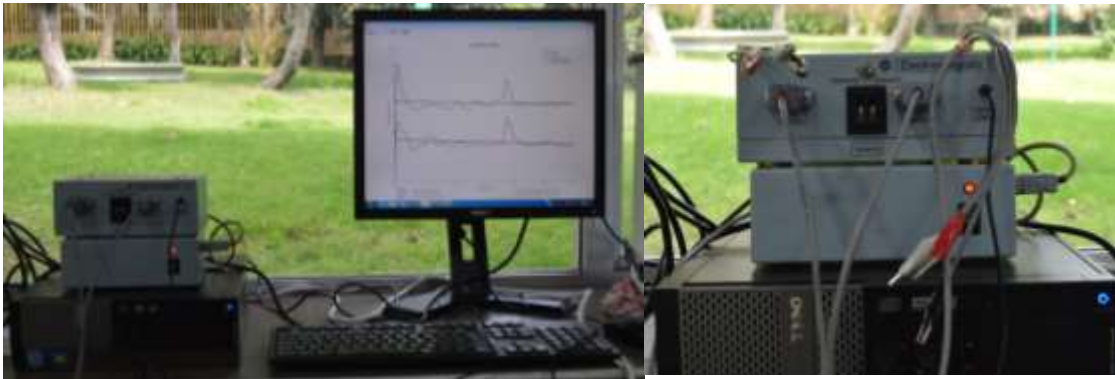
El electromiógrafo está diseñado para realizar las siguientes funciones:

- Captura el registró de actividad EMG superficial en tiempo real.
- Mostrar el tiempo real de porcentaje de la MCV.
- Aplicar filtros digitales en tiempo real si es necesario.

- Calibración en base a una señal patrón.
- Almacenar registros EMG en disco duro.
- Realizar el análisis de RMS, MNF y DFA de la señal Electromiográfica superficial.
- Actualizar base de datos de pacientes.

En la implementación de la interfaz gráfica de usuario se utiliza el programa MATLAB® versión 2011 para sistemas de 32 bits de la compañía MathWorks. Y para la implementación de la base de datos utilizados se utiliza el programa Access 2007 de Microsoft Office para sistemas de 64 bits. Aunque se implemente con dos programas diferentes, el usuario lo percibe único.

El electromiógrafo tiene un amplificador, un generador de onda triangular y un acoplador que permite conectar la entrada de la tarjeta de audio de una computadora (*figura 23*).



**Figura 23. Electromiógrafo y computadora del laboratorio de Fisiología de la DEPeI Facultad de Odontología UNAM.**

## **5. Método de recolección de la muestra**

El presente estudio se realizó en la clínica de Especialización en Ortodoncia Naucalpan de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México, el laboratorio de Fisiología del Posgrado de Odontología UNAM (en ambos lugares se llevaron a cabo los estudios

Electromiográficos). Durante el período comprendido durante Octubre 2018 a Agosto 2019, el estudio se realizó en 4 fases:

**Fase 1:** Después de reclutar a las estudiantes de la Especialización de Ortodoncia candidatas a realizar el estudio, se procedió a tomar el estudio electromiográfico. El paciente se encontró cómodamente sentado en la unidad dental, se preparó la superficie de la piel en la región del músculo masetero limpiándola con una torunda de alcohol para disminuir la impureza de la piel.

Posteriormente se palpó el cuerpo y la rama mandibular de la paciente, para localizar las inserciones musculares del músculo masetero superficial y en la apófisis mastoides derecha e izquierda respectivamente, para localizarlos se le solicitó al paciente que apretara fuertemente sus molares.

Se colocaron seis electrodos superficiales (Marca Kendall meditrance 100) (*figura 24*) en las inserciones, uno se adhiere en el ángulo de la mandíbula y el segundo en la inserción superior del arco cigomático, una vez adheridos los electrodos se colocaron los cables bipolares.

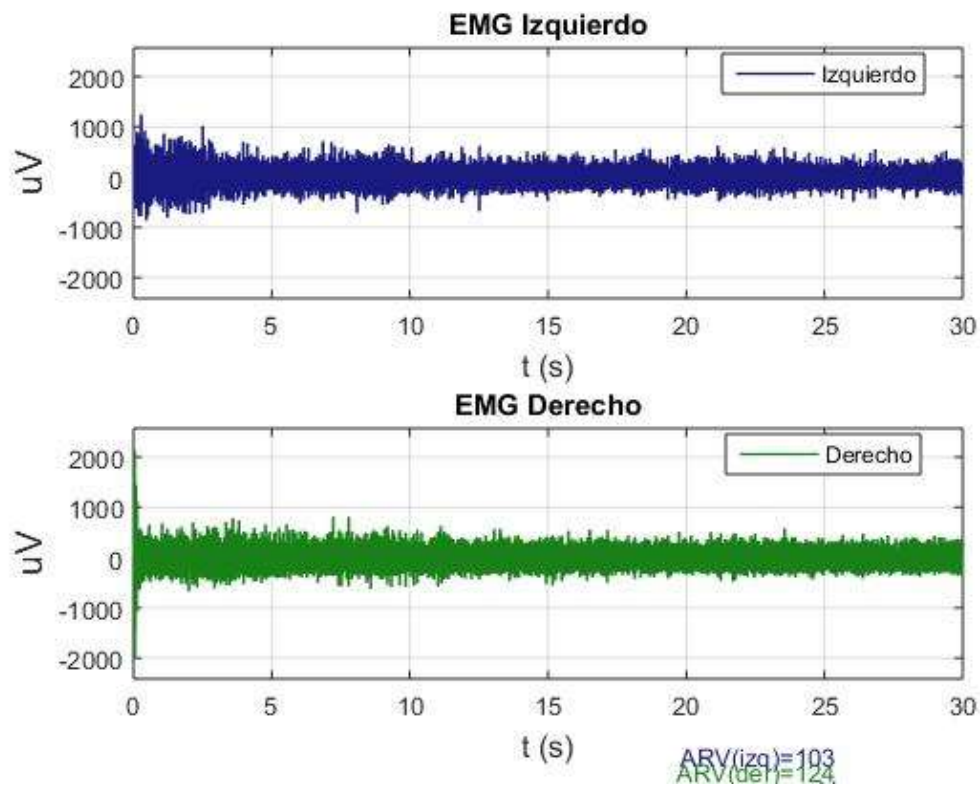


**Figura 24. Colocación de electrodos bilaterales**

Para realizar el registro electromiográfico se abrió el programa de electromiografía digital en la computadora, se agregó el nuevo expediente a la base de datos del programa y se calibró el electromiógrafo. Durante el registro el paciente fue instruido

a morder o apretar los molares con la mayor fuerza posible; a este proceso se le denomina Máxima contracción voluntaria (MCV), el cual se realiza en oclusión céntrica durante cinco segundos, para captar la señal bioeléctrica y es calibrado, de acuerdo a la fuerza muscular individual de cada paciente.

Finalmente se procedió a realizar la EMGs propiamente dicha, la cual se registró en Máxima Contracción Voluntaria (MCV) en oclusión céntrica durante 30 segundos (*figura 25*) Dicho procedimiento se realizó 3 veces por cita, el primero en oclusión céntrica, el segundo en desoclusión posterior (colocando un abatelenguas entre los incisivos) (*figura 26*) y el tercero con Férula oclusal fisiológica previo al tratamiento de ortodoncia.



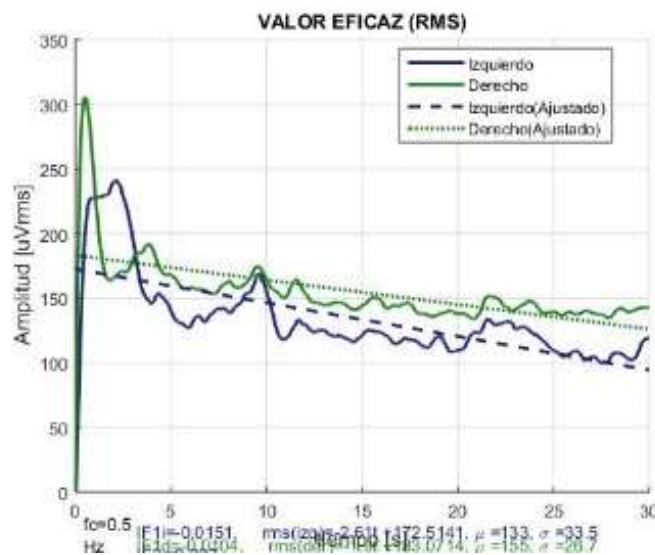
**Figura 25. EMG en MCV en oclusión céntrica de los músculos maseteros, color azul músculo izquierdo, color verde músculo derecho.**



*Figura 26. Toma de EMG en desoclusión posterior, colocando abatelenguas entre los incisivos*

Se obtuvo y registra la información eléctrica muscular (*figura 26*) se observa de color azul el osciloscopio correspondiente al músculo masetero izquierdo y de color verde el osciloscopio del músculo masetero derecho.

Los valores obtenidos de la EMG-s son analizados con RMS incluido en el software del electromiógrafo digital, se observa a modo de gráficas de barras en tres tiempos (*figura 27*), para posteriormente reportarlos en el programa Excel, en la base de datos general.



*Figura 27. RMS en gráfica*

**Fase 2:** En cuanto a la electromiografía lingual inicial, el paciente se acomodó de la manera ya mencionada además se usaron retractores de labios para mayor comodidad del paciente y con una gasa estéril se detuvo la lengua, sin ejercer presión y de manera pasiva. Se colocó un electrodo monopolar en la ubicación de la apófisis mastoideas y dos agujas monopolares en el músculo geniogloso obteniéndose la información muscular. (*Figura 28*).



*Figura 28. Colocación de agujas monopolares (antes de la desprogramación con FOF)*

**Fase 3:** Se indicó el uso de la férula oclusal Fisiológica. Esta férula se realizó con acetato 0.060" y sobre de éste un acetato rígido de espesor 0.080" y con rebase de acrílico autopolimerizable transparente, para alcanzar el mayor número de contactos posibles en relación céntrica. Se desgastaron interferencias oclusales en la FOF y se pule con motor de alta velocidad (*figura 29 y 30*). Se dio la información de los cuidados y el tiempo que debía portarla (día y noche), y retirándola al ingerir alimentos. Se programó una cita a los quince días a partir de la entrega.





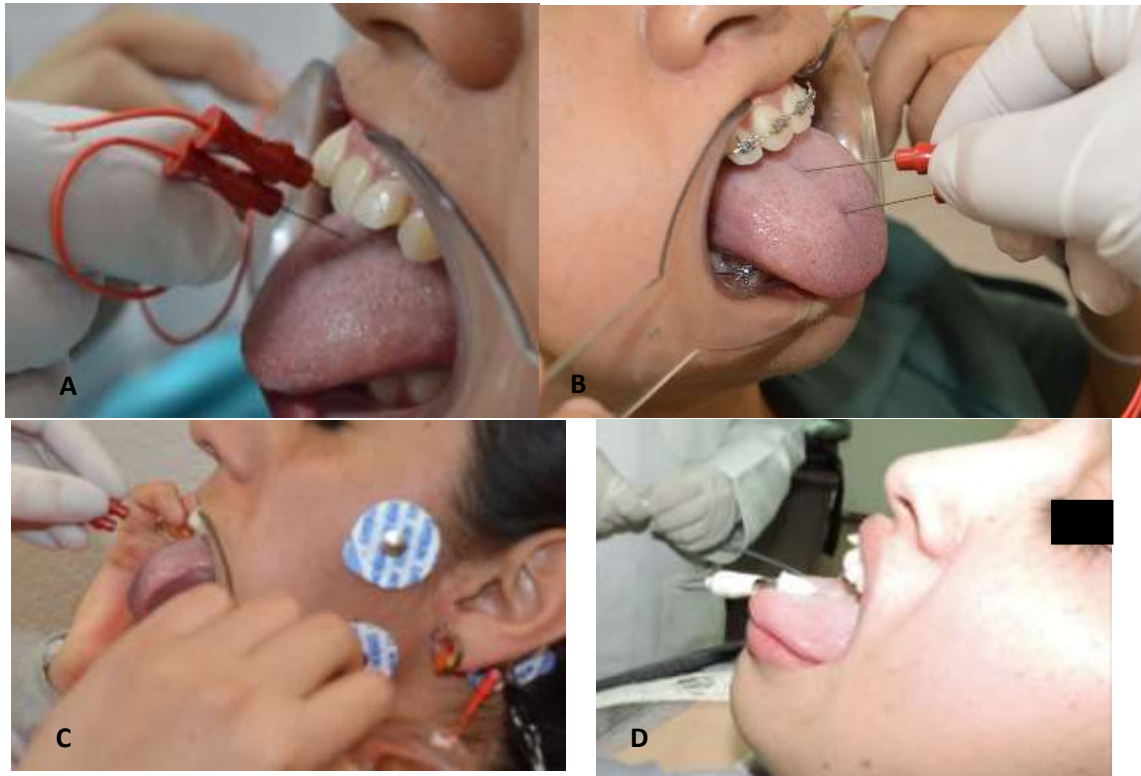
*Figura 29. Férula oclusal fisiológica (rebase deacrílico autopolimerizable)*



*Figura 30. Férula oclusal fisiológica*

Al término de la desprogramación, se volvieron a tomar registros electromiográficos linguales.

**Fase 4:** Se colocó aparatología fija ortodóntico, en el paciente Clase I (aparatología fija Alexander .018) y en el paciente Clase III (ortodoncia lingual) y se programó una cita para la toma de la electromiografía lingual 3 meses después de iniciar el tratamiento en el laboratorio de fisiología en el Posgrado de Odontología UNAM (*figura 31*).



*Figura 31. A. Toma de EMG lingual antes del tratamiento de ortodoncia en paciente 1 Clase I B. EMG lingual 3 meses después del tratamiento de ortodoncia en paciente 1 Clase I. C. Toma de EMG lingual en paciente 2 Clase II. D. Toma de EMG lingual en paciente 3 Clase III.*

## 6. Análisis estadístico

Los resultados fueron vaciados en hojas de datos digitales, realizándose estadística descriptiva para medición de la actividad eléctrica muscular de cada paciente correspondiente a cada cita.

## 7. Resultados

En el presente estudio participaron 3 pacientes de género femenino, edades entre 26 a 35 años, el promedio de edad fue de 30.6 años. En la tabla 1 se muestra la distribución de la muestra.

<b>Tabla 1. Distribución de la muestra por edad, género y maloclusión</b>			
<b>Muestra</b>		<b>Género</b>	<b>Maloclusión</b>
<b>Paciente</b>	<b>Edad</b>		
<b>1</b>	26	Femenino	Clase I
<b>2</b>	35	Femenino	Clase II
<b>3</b>	31	Femenino	Clase III

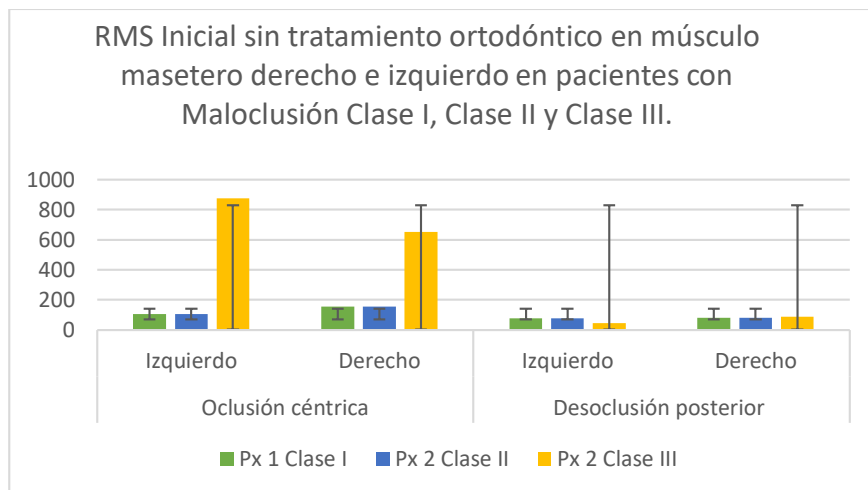
Se realizó registró electromiográfico (EMG) con electromiógrafo digital de dos canales, sin marca comercial. Desarrollado por el Laboratorio de Fisiología de la DEPeI Facultad de odontología UNAM- CINVESTAV-IPN, en proceso de patente. El valor de raíz cuadrática media (RMS) obtenido de una señal electromiográfica, indica la magnitud de la señal que se utiliza para estudiar la fatiga muscular medido en micro voltios ( $\mu\text{V}$ ), está relacionado con la disipación de energía que la señal en forma continua de igual valor disiparía, en otras palabras, es el valor del voltaje de una señal que toma valores aleatorios en el tiempo que produciría el mismo efecto de disipación de energía que su equivalente a un voltaje continuo.

En la tabla 2 se observa el registro inicial, se registraron los valores RMS en oclusión céntrica y desoclusión posterior del músculo masetero derecho y músculo masetero izquierdo. Los valores RMS fueron más elevados en oclusión céntrica en el paciente 3 (RMS izquierdo:  $877 \mu\text{V}$  y RMS derecho:  $653 \mu\text{V}$ ), en comparación con el paciente 1 y 2 que coinciden en valores RMS (RMS izquierdo:  $106 \mu\text{V}$ , RMS derecho:  $156 \mu\text{V}$ ). En los 3 pacientes se observa disminución de los valores RMS en desoclusión posterior, ya que como se había mencionado anteriormente, en dicha prueba se colocaron abatelenguas para que no existieran contactos posteriores, esto nos indica que en los 3 pacientes existían puntos prematuros de contacto que al liberarlos o al no estar en contacto, disminuyen la actividad eléctrica de los músculos maseteros.

RMS Inicial sin tratamiento ortodóntico en músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.				
Muestra	Oclusión Céntrica		Desoclusión Posterior	
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
<b>Px 1 Clase I</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V	81.3 $\mu$ V
<b>Px 2 Clase II</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V	81.3 $\mu$ V
<b>Px 3 Clase III</b>	877 $\mu$ V	653 $\mu$ V	44.9 $\mu$ V	88.1 $\mu$ V

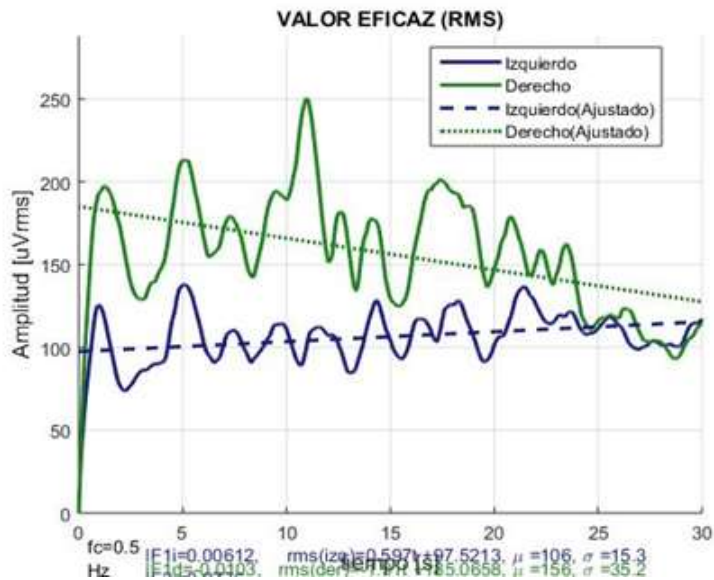
**Tabla 2. RMS Inicial sin tratamiento ortodóntico en músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.**

En la Gráfica 1 se puede observar la diferencia de los valores RMS obtenido en base a los registros electromiográficos en oclusión céntrica y desoclusión posterior realizados durante la primera fase. Se ilustra que el promedio RMS del Paciente 3 en oclusión céntrica es de 877  $\mu$ V y 653  $\mu$ V (izquierdo y derecho), siendo mucho más elevado en comparación a los promedios RMS obtenidos por el Paciente 1 y 2 (106  $\mu$ V y 156  $\mu$ V) teniendo en cuenta que el rango normal debe ser menor a 150  $\mu$ V.

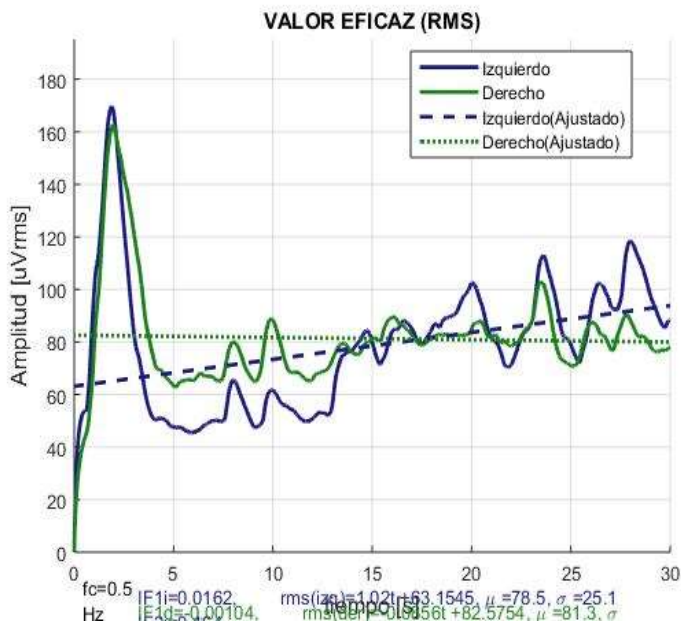


**Gráfica 1. RMS Inicial sin tratamiento ortodóntico en músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.**

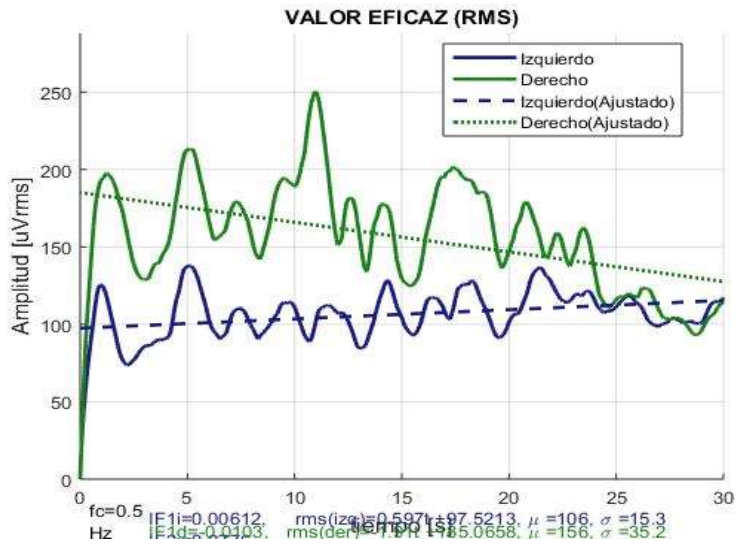
RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 1 Clase I en oclusión céntrica



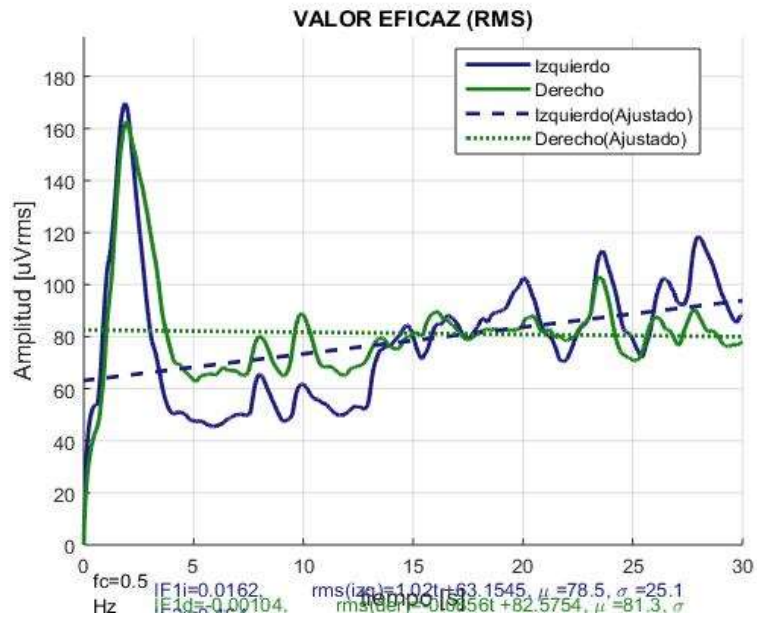
RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 1 Clase I sin contactos posteriores



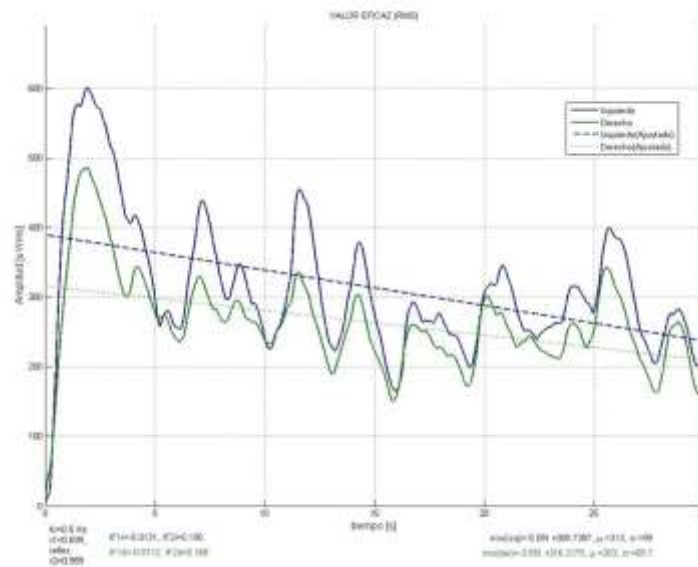
RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 2 Clase II en oclusión céntrica



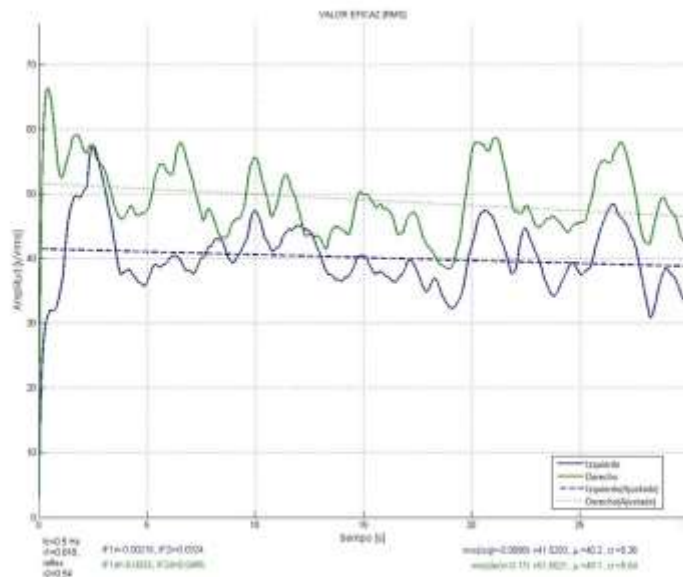
RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 2 Clase II sin contactos posteriores



RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 3 Clase III sin contactos posteriores



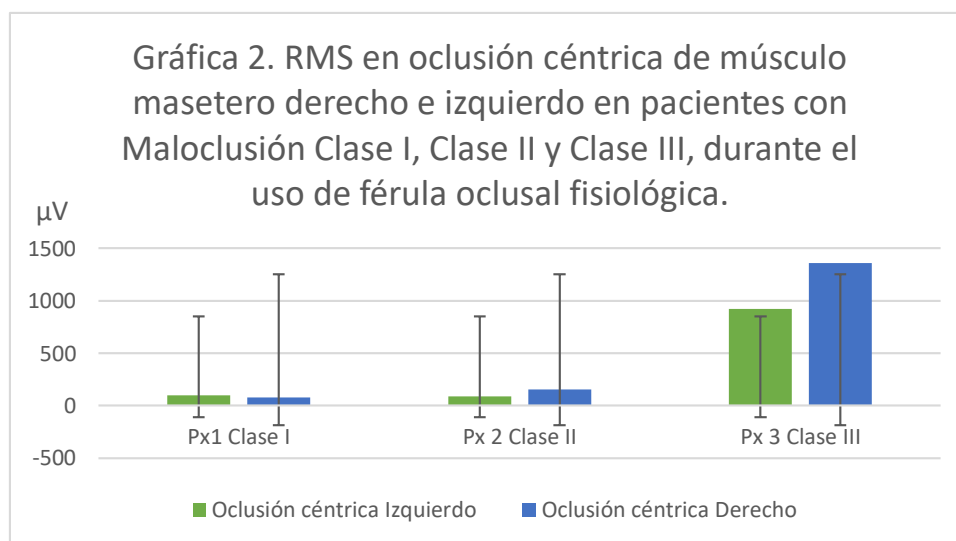
RMS inicial de músculo masetero izquierdo y derecho de Paciente 3 Clase III sin contactos posteriores



En la Tabla 3 se encuentra el registro RMS de los 3 pacientes, posterior a la colocación de la FOF. Se observa que la tendencia de actividad eléctrica de la EMG en la paciente 3, aumenta con el uso de la FOF. Sin embargo, en la paciente 1 y 2, también se observa disminución de la actividad eléctrica muscular aunque no presentaron TTM (Gráfica 2).

RMS en oclusión céntrica de músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III, durante el uso de férula oclusal fisiológica.		
Oclusión céntrica		
Muestra	Izquierdo	Derecho
Px 1 Clase I	99.8 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V
Px 2 Clase II	87.5 $\mu$ V	155 $\mu$ V
Px 3 Clase III	924 $\mu$ V	1360 $\mu$ V

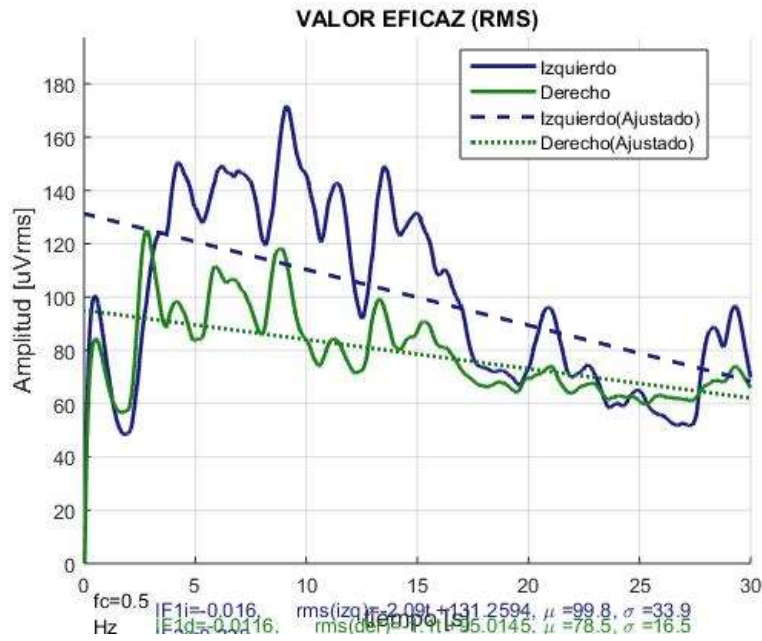
Tabla 3. RMS en oclusión céntrica de músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III, durante el uso de férula oclusal fisiológica.



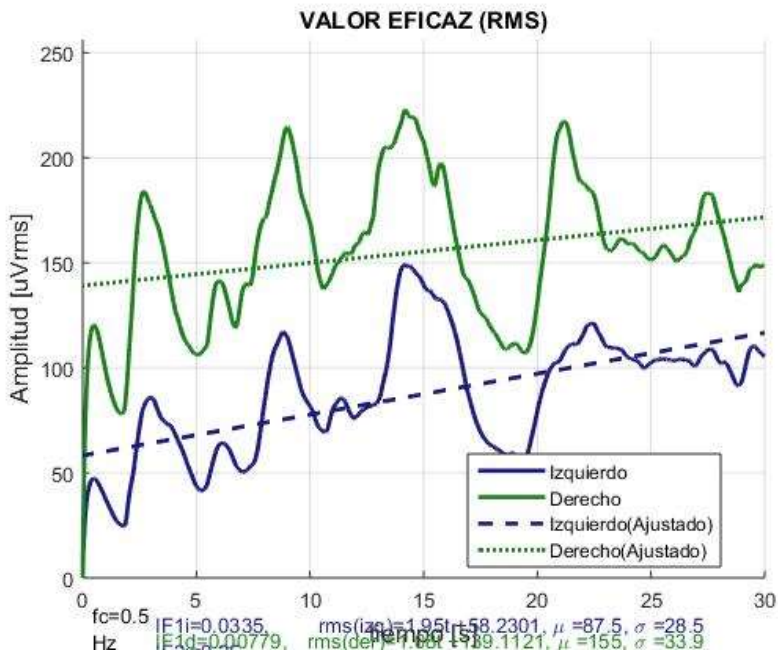
Gráfica 2. RMS en oclusión céntrica de músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III, durante el uso de férula oclusal fisiológica.



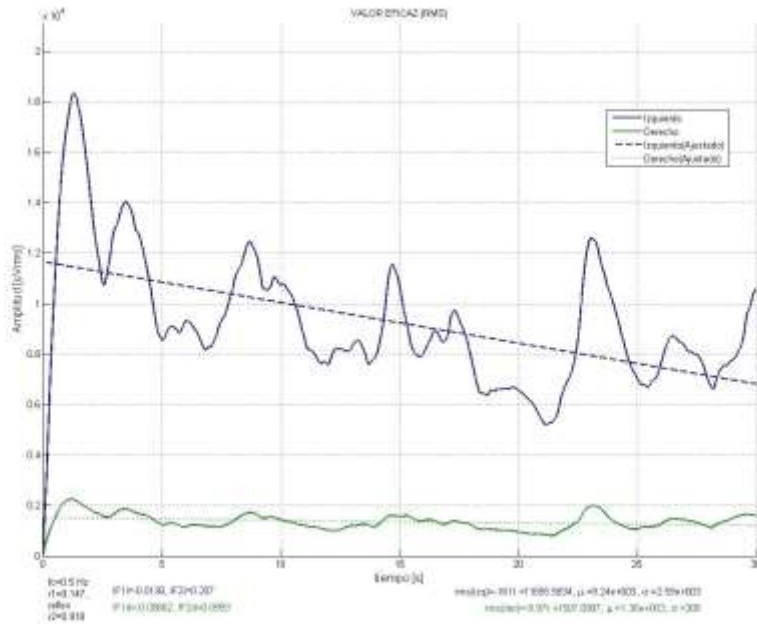
RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, durante el uso de la FOF del Paciente 1 Clase I en oclusión céntrica.



RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, durante el uso de la FOF del Paciente 2 Clase II en oclusión céntrica.



RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, durante el uso de la FOF del Paciente 3 Clase III en oclusión céntrica.



Se observa en la tabla 4 la diferencia RMS de la actividad eléctrica del músculo masetero izquierdo y derecho en oclusión céntrica antes del uso de la FOF y durante su uso.

<b>Comparación entre RMS inicial del músculo masetero en oclusión céntrica y durante el uso de la férula oclusal fisiológica</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Oclusión céntrica inicial</b>		<b>Oclusión céntrica durante el uso de la FOF</b>	
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
<b>Px 1 Clase I</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	99.8 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V
<b>Px 2 Clase II</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	87.5 $\mu$ V	155 $\mu$ V
<b>Px 3 Clase III</b>	877 $\mu$ V	653 $\mu$ V	924 $\mu$ V	1360 $\mu$ V

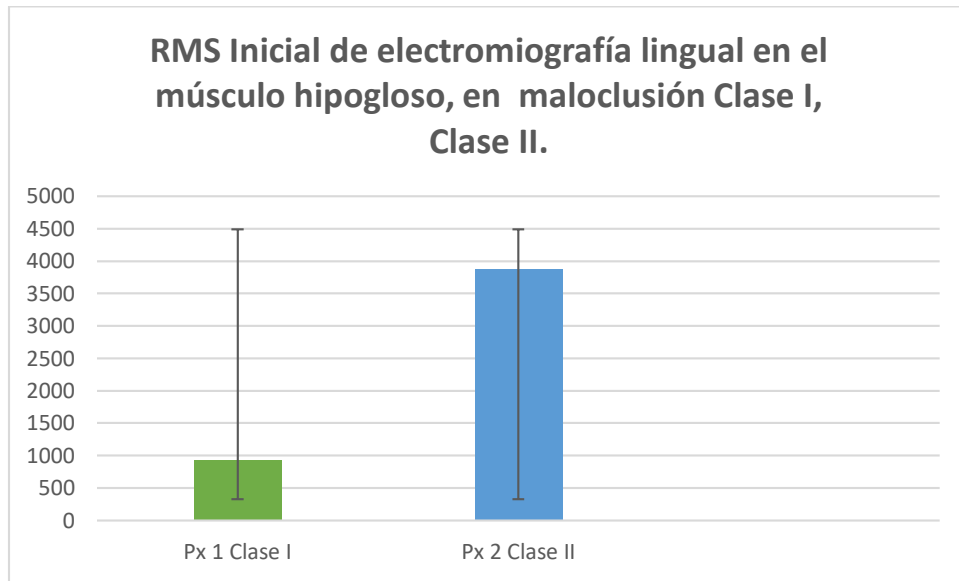
**Tabla 4. Comparación entre RMS inicial del músculo masetero en oclusión céntrica y durante el uso de la férula oclusal fisiológica**

En la Tabla 5, se muestran los registros iniciales electromiográficos linguales RMS, del músculo hipogloso de los pacientes 1 y 2, antes del uso de la FOF.

<b>RMS Inicial de electromiografía lingual del músculo hipogloso, en maloclusión Clase I y Clase II.</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Electromiografía lingual</b>
<b>Px 1 Clase I</b>	939 $\mu$ V
<b>Px 2 Clase II</b>	3880 $\mu$ V

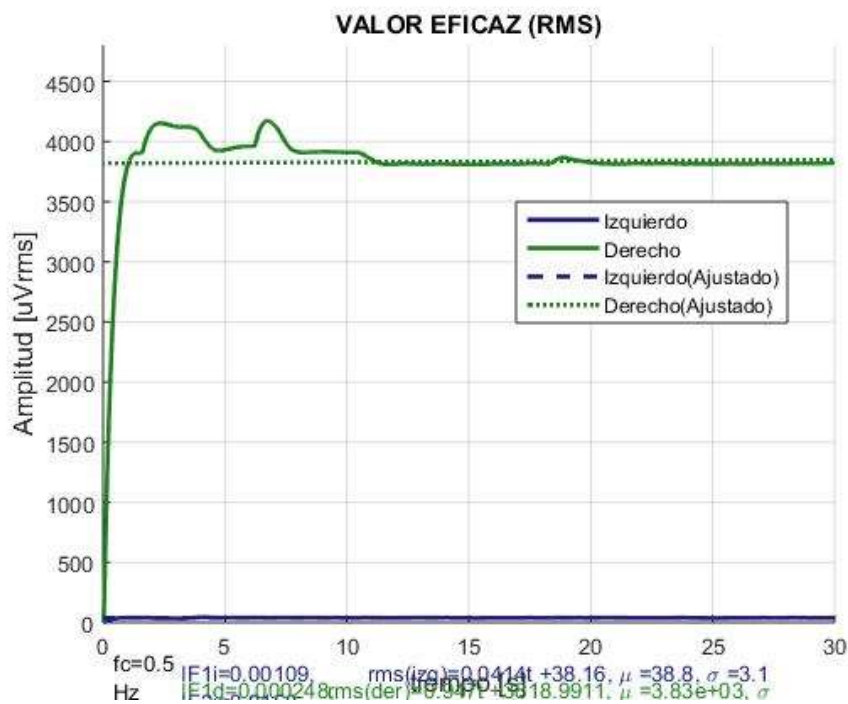
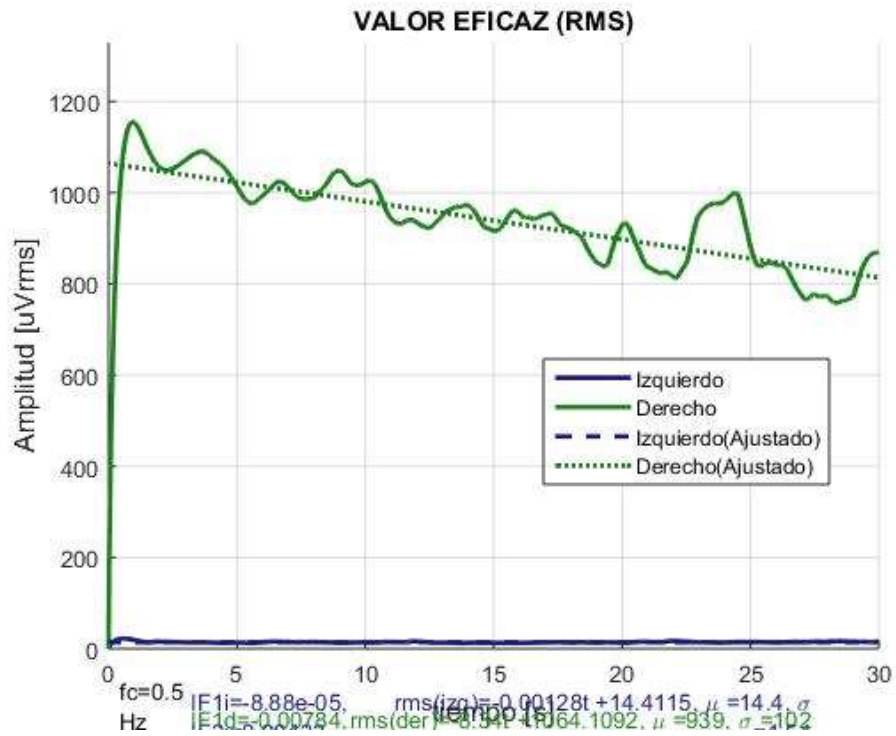
**Tabla 5. RMS Inicial de electromiografía lingual del músculo hipogloso. En maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.**

En los resultados obtenidos en la electromiografía lingual se observa el aumento considerable de la actividad eléctrica en el paciente 2 Clase II, concordando con lo que reporta Nishi (2018) donde dice que la mayoría de los pacientes con maloclusión clase II presenta hiperactividad de los músculos periorales con alteración en la posición de la lengua.<sup>27</sup>



**Gráfica 3. RMS Inicial de electromiografía lingual en el músculo hipogloso, en maloclusión Clase I, Clase II.**

RMS inicial del músculo hipogloso, antes del uso de la Férula oclusal fisiológica en los pacientes 1 Clase I y 2 clase II respectivamente.

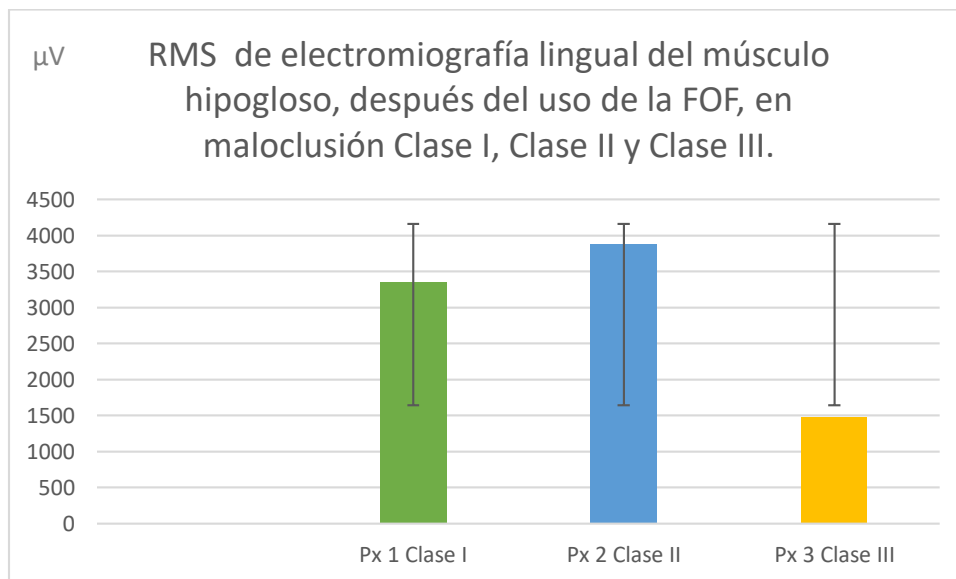


En los pacientes Clase I y Clase II se volvió a tomar un registro electromiográfico lingual después de la desprogramación muscular y en el paciente Clase III se realizó la primer toma. Los resultados se enlistan en la tabla 6.

<b>RMS de electromiografía lingual del músculo hipogloso, después del uso de la FOF, en maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Electromiografía lingual</b>
<b>Px 1 Clase I</b>	3350 $\mu$ V
<b>Px 2 Clase II</b>	3890 $\mu$ V
<b>Px 3 Clase III</b>	1480 $\mu$ V

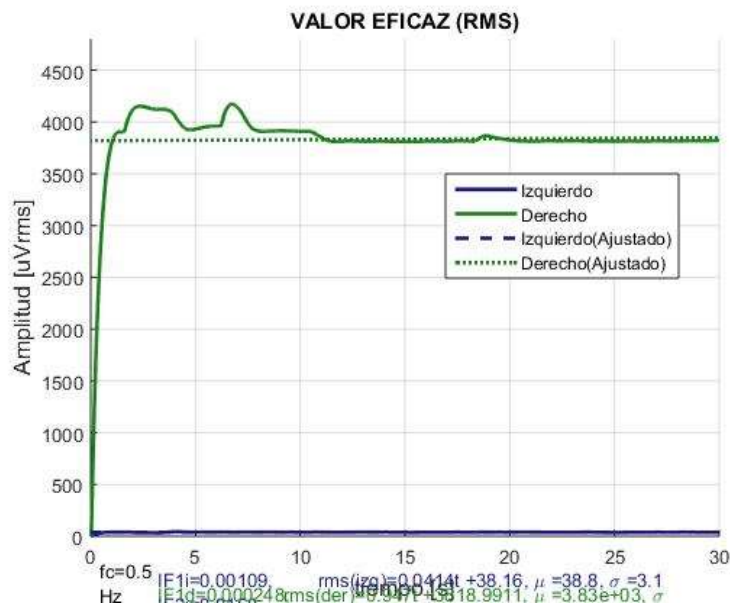
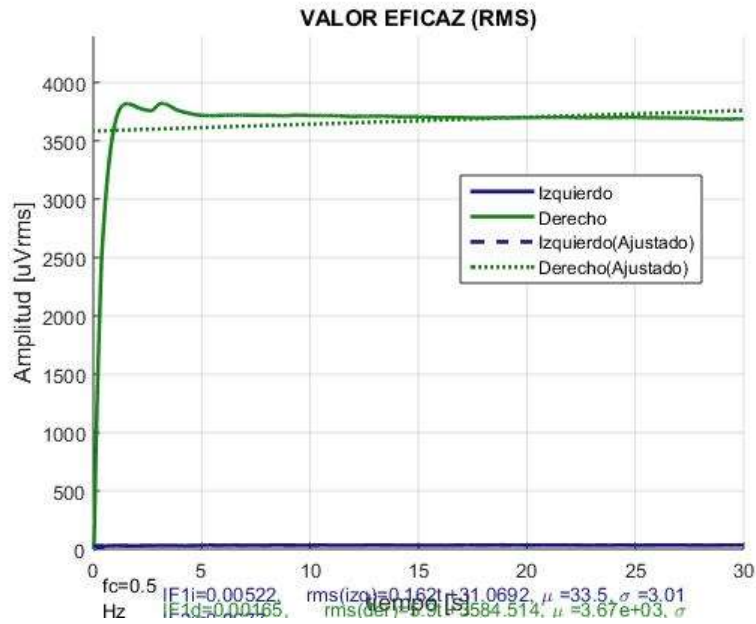
**Tabla 6. RMS de electromiografía lingual en el músculo hipogloso después del uso de la FOF, en maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.**

En la paciente 1 Clase I se disparó notablemente la actividad eléctrica lingual después del uso de la FOF (de RMS 939  $\mu$ V inicial a 3350  $\mu$ V) mientras que en la paciente 2 Clase II se mantuvo la actividad eléctrica lingual (RMS 3880  $\mu$ V). Ambos pacientes difieren mucho en comparación con los valores obtenidos con la paciente 3 Clase III.

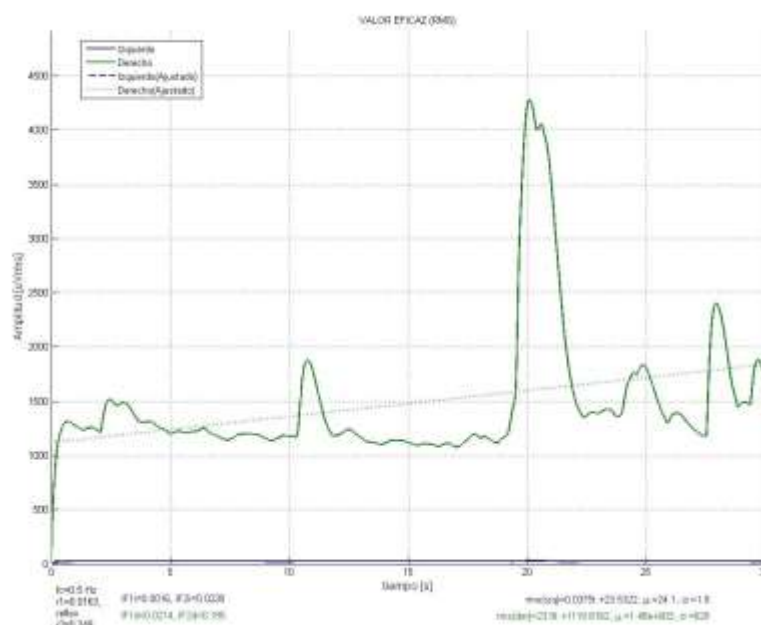


**Gráfica 4. RMS de electromiografía lingual después del uso de la FOF, en maloclusión Clase I, Clase II y Clase III.**

RMS del músculo hipogloso, después del uso de la Férula oclusal fisiológica en los pacientes 1 Clase I y 2 clase II respectivamente.



RMS inicial del músculo hipogloso, después del uso de la Férula oclusal fisiológica en la paciente 3 Clase III.



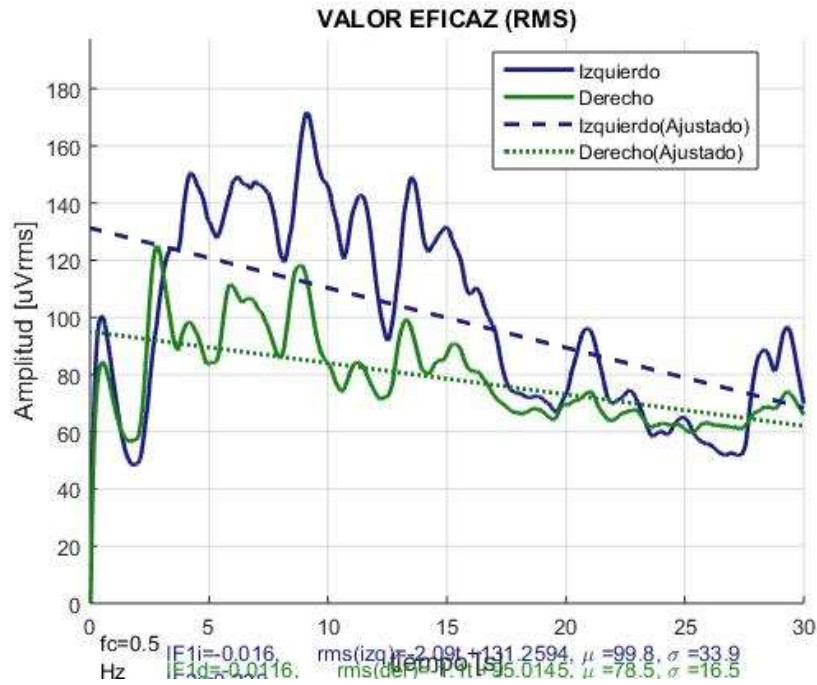
Los valores RMS del músculo masetero después de la desprogramación, se observan a continuación en la tabla 7.

<b>RMS en oclusión céntrica de músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III, después del uso de la férula oclusal fisiológica.</b>		
<b>Oclusión céntrica</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>
<b>Px 1 Clase I</b>	99.8 µV	78.5 µV
<b>Px 2 Clase II</b>	110 µV	201 µV
<b>Px 3 Clase III</b>	119 µV	138 µV

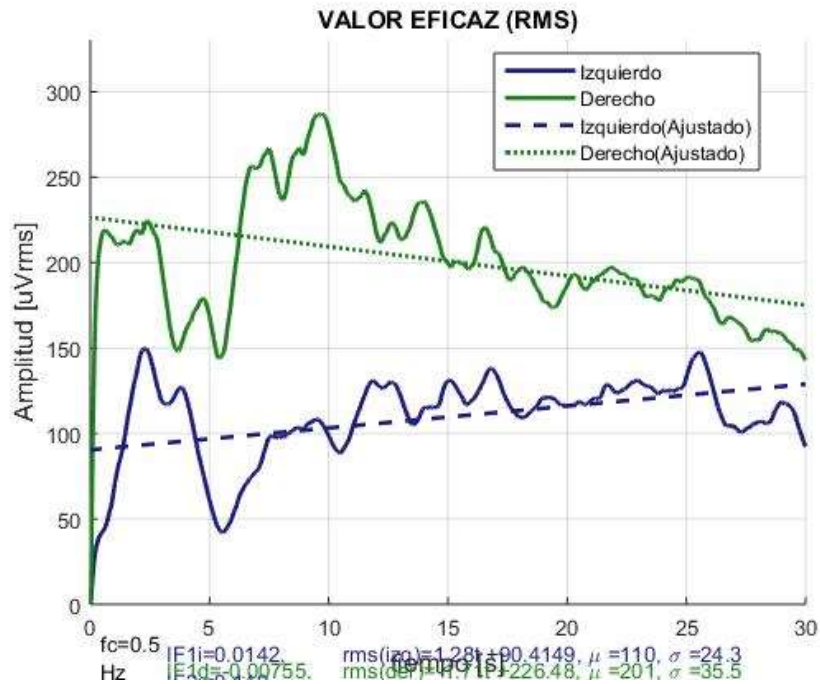
**Tabla 7. RMS en oclusión céntrica de músculo masetero derecho e izquierdo en pacientes con Maloclusión Clase I, Clase II y Clase III, después del uso de la férula oclusal fisiológica.**



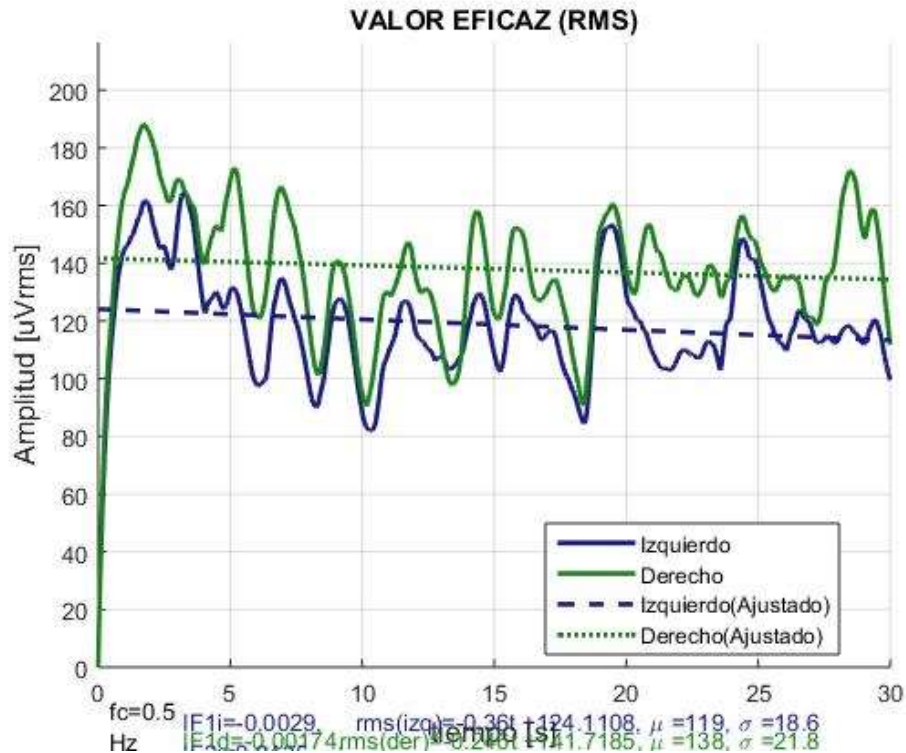
RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, después del uso de la FOF del Paciente 1 Clase I en oclusión céntrica.



RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, después del uso de la FOF del Paciente 2 Clase II en oclusión céntrica.



RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, después del uso de la FOF del Paciente 3 Clase III en oclusión céntrica.

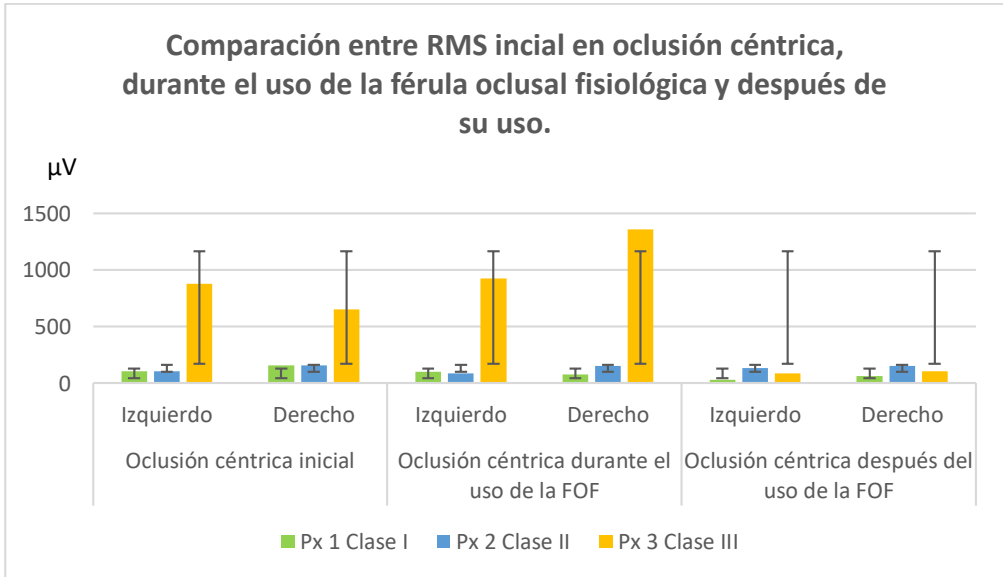


En las tres pacientes el rango permanece menor a 150  $\mu\text{V}$ , rango normal para el músculo masetero <sup>9</sup>; lo que nos indica el equilibrio muscular y la importancia de la desprogramación neuromuscular. El desfase entre los resultados del músculo masetero del lado derecho e izquierdo indica probablemente que exista un contacto que este potencializado esta actividad y que puede ser eliminado por los métodos descritos anteriormente. En este estudio, se procedió a la colocación de aparatología fija convencional en la paciente 1 Clase I y ortodoncia lingual en la paciente 3 Clase III; la paciente 2 Clase II no acepto realizarse el tratamiento. En la Tabla 8, se resumen los valores RMS del músculo masetero antes de la desprogramación, durante el uso de la FOF y después de la desprogramación.

**Comparación entre RMS inicial en oclusión céntrica, durante el uso de la férula oclusal fisiológica y después de su uso.**

Muestra	Oclusión céntrica inicial		Oclusión céntrica durante el uso de la FOF		Oclusión céntrica después del uso de la FOF	
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
<b>Px 1 Clase I</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	99.8 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V	99.8 $\mu$ V	78.5 $\mu$ V
<b>Px 2 Clase II</b>	106 $\mu$ V	156 $\mu$ V	87.5 $\mu$ V	155 $\mu$ V	133 $\mu$ V	155 $\mu$ V
<b>Px 3 Clase III</b>	877 $\mu$ V	653 $\mu$ V	924 $\mu$ V	1360 $\mu$ V	119 $\mu$ V	138 $\mu$ V

**Tabla 8. Comparación entre RMS inicial en oclusión céntrica y durante el uso de la férula oclusal fisiológica**

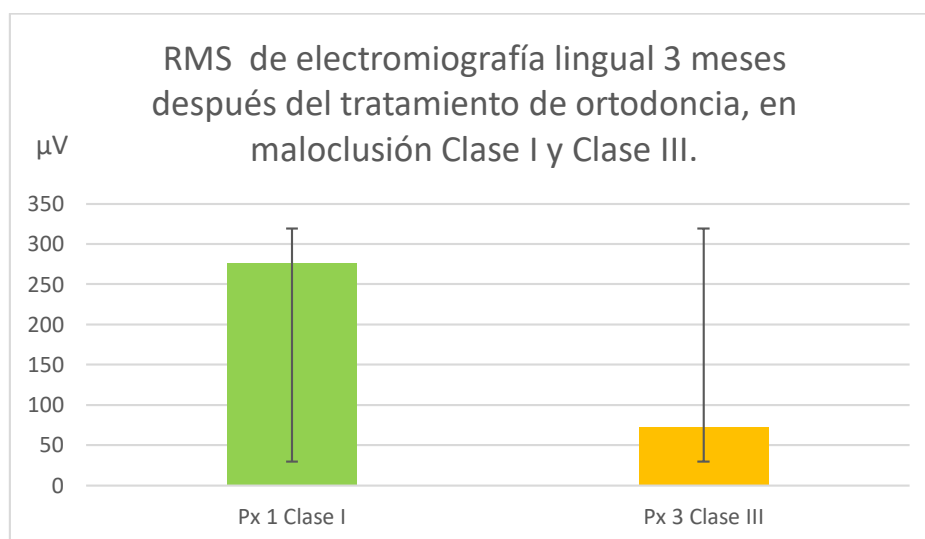


**Gráfica 5. Comparación entre RMS inicial en oclusión céntrica, durante el uso de la férula oclusal fisiológica y después de su uso.**

Tres meses después del tratamiento de ortodoncia y sólo en la paciente 1 (Aparatología Alexander .018) y en la paciente 3 (ortodoncia lingual), se tomaron registros RMS de la actividad eléctrica lingual y los resultados se enlistan en la tabla 9 y en la gráfica 6.

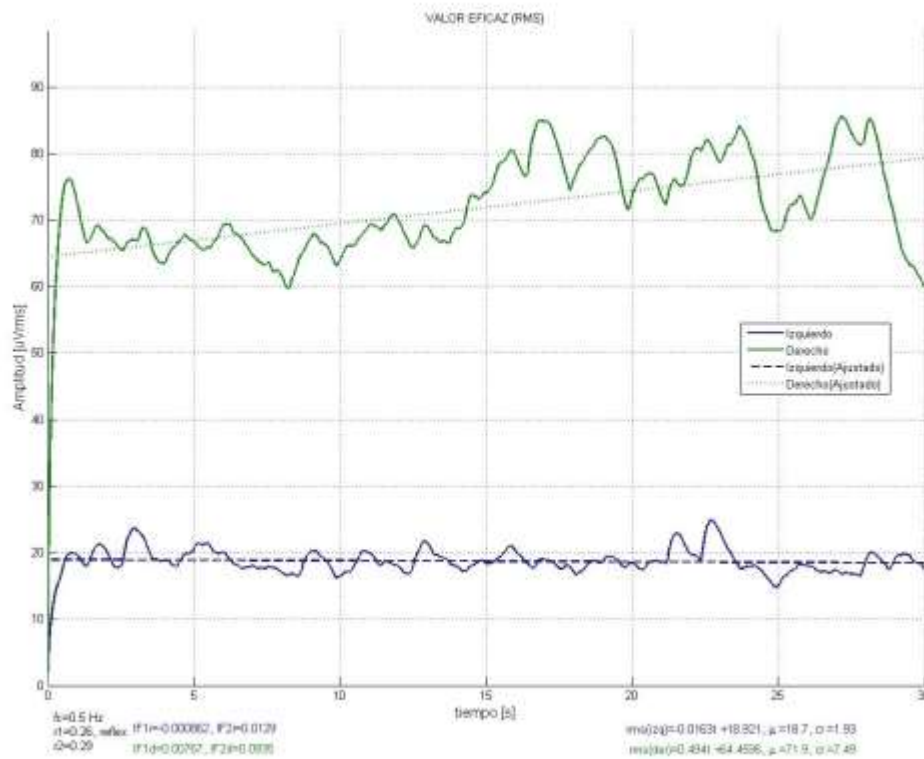
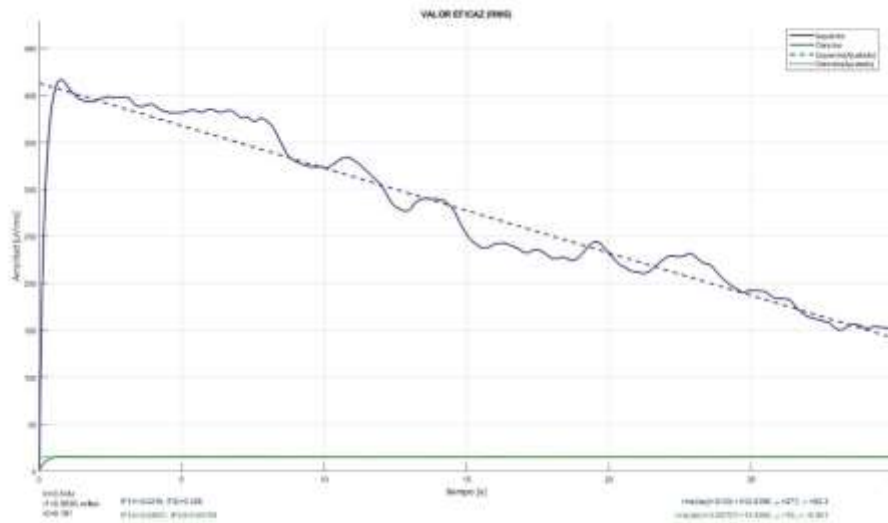
<b>RMS de electromiografía lingual del músculo hipogloso, 3 meses después del tratamiento de ortodoncia en maloclusión Clase I y Clase III.</b>	
<b>Maloclusión</b>	<b>Electromiografía lingual</b>
<b>Clase I</b>	277 $\mu$ V
<b>Clase III</b>	71.9 $\mu$ V

**Tabla 9. RMS de electromiografía lingual del músculo hipogloso, 3 meses después del tratamiento de ortodoncia en maloclusión Clase I y Clase III.**



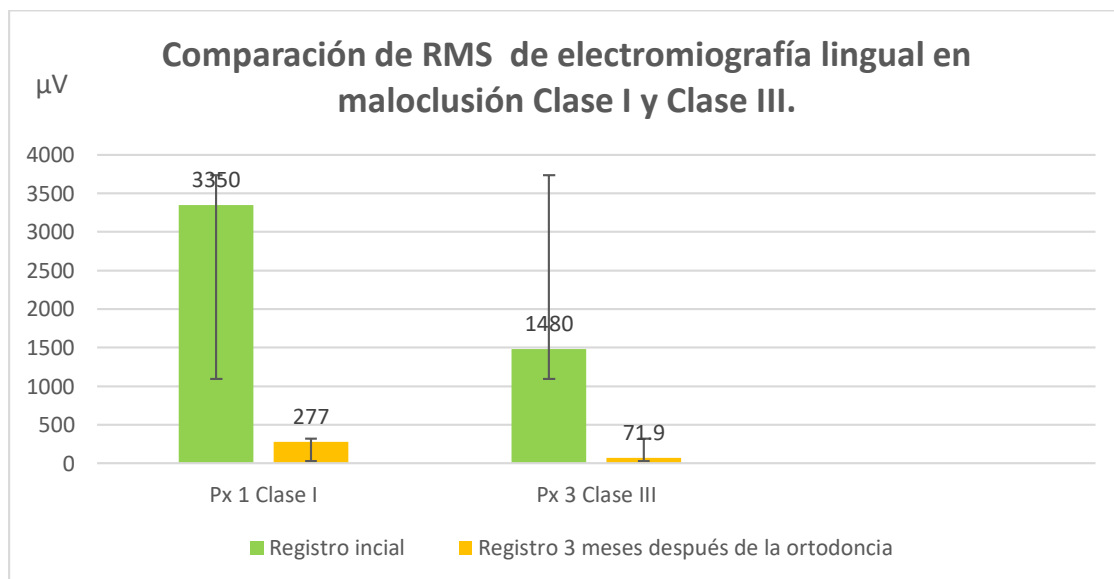
**Gráfica 6. RMS de electromiografía lingual 3 meses después del tratamiento de ortodoncia, en maloclusión Clase I y Clase III.**

RMS del músculo hiogloso, 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Paciente 1 Clase I (Aparatología Alexander .018) y paciente 3 Clase III (Ortodoncia lingual).



Comparación de RMS de electromiografía lingual en maloclusión Clase I y Clase III.		
Maloclusión	Registro inicial antes del tratamiento Ortodóntico	3 meses después del tratamiento de Ortodoncia
Clase I	3350 $\mu$ V	277 $\mu$ V
Clase III	1480 $\mu$ V	71.9 $\mu$ V

**Tabla 10.** Comparación de RMS de electromiografía lingual en maloclusión Clase I y Clase III.



**Gráfica 7.** Comparación de RMS de electromiografía lingual en maloclusión Clase I y Clase III.

Después de recolectar los datos por medio de tablas y gráficas, se procedió a comparar los valores RMS por medio de la fórmula del Cambio Clínico Objetivo, en donde se observó la tendencia que tuvieron los valores al disminuir o aumentar con el uso de la FOF y después de la desprogramación en los músculos maseteros derecho e izquierdo así como en los valores RMS de la electromiografía lingual del músculo hipogloso; antes del uso de la FOF y 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Dichos valores se encuentran en la tabla 11, 12 y 13.

Muestra	Sin tx VS uso FOF				Sin tx VS desprogramación			
	Izquierdo		Derecho		Izquierdo		Derecho	
	Valor	CCO	Valor	CCO	Valor	CCO	Valor	CCO
<b>Px 1 Clase I</b>	-0.058	CCO -	-0.496	CCO -	-0.058	CCO-	-0.49	CCO -
<b>Px 2 Clase II</b>	-0.174	Ausencia	-0.006	Ausencia	-0.147	Ausencia	-0.006	Ausencia
<b>Px 3 Clase III</b>	0.053	Ausencia	0.415	CCO +	-0.898	CCO -	-0.834	CCO -

**Tabla 11. Cambio clínico objetivo comparando valores RMS del músculo masetero izquierdo y derecho, antes de la desprogramación contra el uso de la FOF y antes del uso de la FOF contra desprogramación muscular.**

En la paciente 1 Clase I, todos los valores disminuyeron; en cuanto a la paciente 2 Clase II, no hubo cambio importante con el uso de la férula oclusal fisiológica y en la paciente 3 Clase III, se encontró un aumento notable de la actividad del músculo masetero derecho antes del uso de la FOF y durante éste.

Muestra	Antes de desprogramación VS Uso de FOF	
	Valor	CCO
<b>Px 1 Clase I</b>	2.567	CCO +
<b>Px 3 Clase II</b>	0.002	Ausencia

**Tabla 12. Cambio clínico objetivo comparando valores RMS del músculo hipogloso, antes de la desprogramación contra el uso de la FOF.**

En cuanto al Cambio Clínico Objetivo que se dio en el músculo hipogloso después del uso de la FOF en la paciente 1 Clase I, se observó un aumento relevante durante el uso de la FOF a comparación de la paciente 2 Clase II, en el que no hubo diferencia de actividad eléctrica antes del uso de la FOF y durante su uso; la actividad del músculo hipogloso se mantuvo constante.

Muestra	Uso de FOF VS 3 meses después del tx	
	Valor	CCO
Px 1 Clase I	-0.917	CCO -
Px 3 Clase III	-0.951	CCO -

**Tabla 13. Cambio clínico objetivo comparando valores RMS del músculo hipogloso, durante el uso de la FOF contra 3 meses después del tratamiento de ortodoncia.**

En la Tabla 13 se observan los valores comparados del músculo hipogloso, del tiempo que se usó la férula contra 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Tanto en la paciente 1 como en la 3, la disminución de los valores antes y después son representativos al tener una disminución importante.

### VIII. Análisis de resultados

Los valores RMS del músculo masetero derecho e izquierdo fueron más elevados en oclusión céntrica en el paciente 3 (RMS izquierdo: 877  $\mu$ V y RMS derecho: 653  $\mu$ V), en comparación con el paciente 1 y 2 donde ambos coinciden en sus valores RMS (RMS izquierdo: 106  $\mu$ V, RMS derecho: 156  $\mu$ V).

Se obtuvieron resultados similares a los de Miralles (1999) quien también comparó las clases I y II, no encontrando diferencias significativas en el registro de actividad eléctrica.<sup>24</sup>

Se reportó una alta actividad electromiográfica de los músculos maseteros en la paciente clase III la cual al tener un RMS mayor a 200  $\mu$ V se le considera que presenta TTM. Cabe destacar que a los tres pacientes se les indicó el uso de férula oclusal a pesar de que no presentaban trastornos ya que el desequilibrio muscular



juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo anormal del aparato estomatognático así como lo refiere Pittman en el 2008. La importancia de un correcto balance muscular y su función ha sido reconocida durante muchos años ya que los patrones anormales y hábitos nocivos contribuyen a favorecer, provocar o recidivar maloclusiones dentales.<sup>22</sup>

Moreno et al. (2008) informaron que los individuos con maloclusión de Angle Clase II div. 1 presentan una amplitud del voltaje más alta en el masetero, en nuestra muestra no encontramos voltajes más altos en la actividad del masetero en nuestro px clase II, sin embargo si encontramos este aumento en la amplitud de la RMS de la lengua. Tomando en cuenta que la longitud del músculo masetero es crítica en la generación de la tensión activa y tomando en cuenta los diversos vectores que determinan el equilibrio de postura mandibular, según Throckmorton et al., necesariamente deberíamos encontrar diferencias de respuesta eléctrica muscular en los distintos tipos de arquitectura facial, ya que habría variación en la longitud de los músculos y en los vectores que determinan las bases óseas.<sup>25</sup>

Con el uso de la férula, en nuestros resultados vimos que tanto los pacientes clase I y clase II bajaron considerablemente la actividad muscular de un promedio de 131  $\mu$ V a 89.15  $\mu$ V en Clase I y 121.25  $\mu$ V en Clase II coincidiendo con el estudio de Rodríguez en 2016.

En cuanto a los valores registrados en la actividad eléctrica lingual antes del tratamiento de ortodoncia, en la Px 1 Clase I se obtuvo un valor RMS de 939  $\mu$ V y en la Px 2 Clase II un RMS de 3880  $\mu$ V. La diferencia notable de la actividad lingual entre la Px 1 y 2 puede coincidir con lo que dice Moreno et al. En el 2018 sobre el aumento en el voltaje de actividad de los músculos maseteros en maloclusiones Clase II Div. 1 aunque no mida la EMG lingual, señalamos anteriormente que los vectores determinan el equilibrio de la postura mandibular.<sup>25</sup>

Nishi en 2018 dice que a menor número de contactos oclusales los sujetos de estudio presentan menor amplitud de voltaje lo que podría explicar el cambio tan marcado en el px3 donde se utilizó una aparatología ortodóntica lingual ya que tienen en su conformación una plataforma donde los incisivos al morder hacen que haya una desoclusión posterior a forma de crear un plano de mordida.<sup>26</sup>

Aunque coinciden nuestros resultados del Px CIII con los resultados en el estudio de Rodríguez (2016) en la disminución de la frecuencia RMS del masetero pudimos observar en nuestro caso que se redujeron aún más todos nuestros resultados y esto puede ser debido a la técnica lingual que se utilizó y a la ventaja del siempre utilizar un plano de mordida, manteniendo un equilibrio muscular constante.

El plano de mordida anterior que se adapta a los brackets linguales de Kurz, Takemoto y Jano le da ventajas a la ortodoncia lingual como son: fuerzas más axiales de intrusión de los incisivos superiores, facilidad de extrusión de molares, desprogramación de hábitos, facilita la reposición de la mandíbula a una relación céntrica, libera la oclusión de los molares facilitando sus movimientos de distalización, expansión, entre otras<sup>31</sup> ; a esto podemos atribuir la disminución significativa de la actividad eléctrica lingual en la paciente clase III en comparación con la paciente clase I tratado con ortodoncia convencional observada en la gráfica 7.

El Cambio Clínico Objetivo permitió comparar el comportamiento de cada paciente con respecto a su propio comportamiento al tomar en cuenta los valores iniciales contra los valores que se obtuvieron durante el uso de la férula oclusal fisiológica, así como después de la desprogramación muscular en el músculo masetero izquierdo y derecho; en cuanto a los valores iniciales del músculo hipogloso se compararon RMS del uso de la férula contra 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Los resultados que se observaron con un CCO -, indicaron una tendencia a la disminución de los valores comparados como por ejemplo: en la paciente 1 clase I, obtuvo CCO – en todos los valores a excepción de un CCO +

(tendencia al aumento) en la comparación del valor RMS inicial del músculo hipogloso contra el valor RMS de dicho músculo pero durante el uso de la Férula, la diferencia fue de 2.56; este resultado puede ser atribuido a que en las primeras semanas de uso se logró la desprogramación neuromuscular o el equilibrio de los músculos y el uso por más tiempo de la férula, influyó en el comportamiento y en la posición de la lengua.

En la paciente 2 Clase II se obtuvo una ausencia de CCO, este resultado puede ser atribuido a lo que menciona Moreno et al (2008). En los pacientes Clase 2 Div 1, la actividad eléctrica de los músculos maseteros se encuentra alta por naturaleza, en estos pacientes lo que se busca es equilibrar las fuerzas del lado derecho con las del lado izquierdo. Esto justifica la ausencia de cambio clínico en los valores.

Hablando de los cambios Clínicos Objetivos que ocurrieron en la paciente 3 Clase III, Wen Ching y cols. (2013) ,mencionaron que los pacientes con mayor maloclusión e hiperdivergencia de Clase III muestran una mayor actividad temporal anterior en reposo y un menor aumento en la actividad muscular del masetero . Los pacientes con características dolicofaciales presentan un rendimiento masticatorio deficiente significativo y ejercen un mayor esfuerzo muscular masticatorio para funcionar <sup>33</sup>. Esto puede indicar el aumento notable de actividad eléctrica en el paciente 3 a comparación del paciente 1 y 2, y su drástica disminución de actividad al momento de usar la férula y con el tratamiento de ortodoncia.

## **IX. Discusión**

Muchos son los estudios que relacionan la presencia de malos hábitos orales, como los de succiones no nutritivas, con el origen de las maloclusiones y con frecuencia la corrección no es estable, porque no se alcanza el equilibrio neuromuscular adecuado. Es por ello que la evaluación clínica por parte del Ortodoncista debe incluir una evaluación de las disfunciones neuromusculares.

Entre las tareas y objetivos principales de la intervención ortodóntica se encuentran la corrección de las alteraciones de las estructuras óseo-dentarias y cartilaginosas, equilibrar las relaciones oclusales y normalizar el tonismo de la musculatura orofacial, sin embargo, el desconocimiento de los patrones disfuncionales que pueden producirse a este nivel, focalizando la atención hacia estructuras y buscando únicamente el plano estético, repercuten negativamente sobre la intervención ortodóntica, cuyos objetivos pueden verse alterados a mediano o largo plazo.<sup>3</sup>

Un estudio de 1997 realizado para demostrar la efectividad de la terapia miofuncional en la mejoría de la oclusión dental, reconoce la importancia de las técnicas terapéuticas que son aplicables a muchos desordenes como: respiración bucal, posturas linguales inadecuadas, incompetencia labial, desajuste temporomandibular, deglución atípica, desviación postural de la cabeza, cuello y mandíbula, desordenes de alimentación, hábitos de succión digital, patrones incorrectos de la articulación del habla, dispraxia oral y bruxismo.<sup>28</sup>

Medrano y cols. Registraron la actividad del músculo orbicular de los labios y compararon por grupos (pacientes tratados con mioterapia, mioterapia y aparatos funcionales y sólo aparatos miofuncionales) en los movimientos en que se exploraron (desviación y apertura), antes y después del tratamiento. En todos los casos se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables estudiadas, a excepción de la densidad y la actividad en el movimiento de apertura.<sup>3</sup>

El mecanismo de control de la actividad de los músculos mandibulares durante la función masticatoria es el resultado de un mecanismo de retroalimentación neuromuscular que se inicia en los receptores ubicados en los músculos de la masticación, los ligamentos, la ATM y el periodonto. De todos estos receptores, los de mayor influencia son los mecanorreceptores periodontales. Shore en 1983, afirma que en el ligamento periodontal se encuentra el 90% de las terminaciones nerviosas responsables de la propiocepción, y que la sensibilidad de estos mecanorreceptores es tan grande, que son capaces de percibir discrepancias muy

pequeñas en la oclusión. Existen mecanorreceptores periodontales simples, compuestos y complejos. Estos dos últimos, son receptores de tipo tónico y su umbral de excitación es inferior al dolor; están encargados de guiar la mandíbula hacia la posición oclusal e intervienen en el tono muscular.<sup>20</sup>

La lengua, los labios, los dientes y el ligamento periodontal envían información constantemente a un grupo de neuronas que controlan las actividades musculares rítmicas, en el tronco encefálico. A este grupo de neuronas se le denomina globalmente “Generador de Patrones Centrales” (GPC), que son los responsables de que se produzca en el momento adecuado la actividad de los músculos antagonistas, de forma que se puedan efectuar las funciones específicas. Para que el GPC alcance su máxima eficiencia, debe recibir información sensitiva constante, procedente de las estructuras de la masticación. Una vez que se encuentra el patrón más eficiente y que reduce al mínimo la lesión de las estructuras, este patrón se aprende y repite. Este patrón aprendido se denomina engrama muscular.<sup>20</sup>

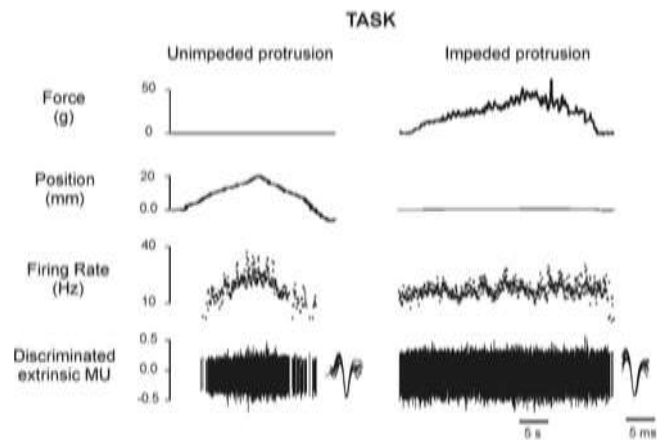
Para adentrarnos más en el tema de la lengua, en los recién nacidos dicho músculo es relativamente grande y se encuentra en una posición adelantada para poder mamar. La punta se introduce entre las almohadillas gingivales anteriores y colabora en el sello labial (Deglución infantil). Cuando erupcionan los incisivos centrales en el sexto mes, la lengua empieza a retroceder. En la deglución normal la lengua en el momento de deglutir, queda situada en el interior de los arcos dentarios en su vértice en contacto con la parte anterior de la bóveda palatina. La deglución madura se realiza en oclusión máxima con los labios en contacto y con una actividad peristáltica de la musculatura lingual, en el interior de la cavidad oral se deglute 500-600 veces diarias unas vez cada dos minutos aproximadamente.<sup>16</sup>

Cuando no ocurre esta retracción de la lengua durante la infancia, surgen desequilibrios musculares, tal como la apnea obstructiva del sueño que está íntimamente relacionada con la posición lingual; Niimi y col. demostraron que los músculos de la lengua interactúan anatómicamente y fisiológicamente con los músculos constrictores faríngeos superiores. Las fibras musculares constrictoras faríngeas

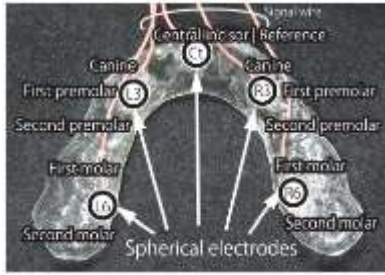
superiores entran en contacto con la base de la lengua y se conectan con fibras de gran diámetro transversal en la parte delantera y las vértebras cervicales en la parte posterior, formando un anillo muscular. Por lo tanto, la estabilidad de la orofaringe no solo depende de la rigidez de los músculos constrictores, sino también en parte de la rigidez de los músculos linguales posteriores, en particular algunos de ellos son retractores de la lengua.<sup>16</sup>

Son pocos los estudios que miden la actividad eléctrica de la lengua, uno de ellos es el de Pittman y Bailey (2008) en donde miden la actividad eléctrica de los músculos intrínsecos y geniogloso de la lengua con un electrodo de aguja de tungsteno (diámetro de la punta de 1 a 5  $\mu\text{m}$ , diámetro del eje de 250  $\mu\text{m}$ ; FHC, Bowdoinham, ME) con aislamiento retirado de la punta terminal ( $\sim 2$  mm), los pacientes realizaron protrusión sin impedir el movimiento y protrusión impedida para generar fuerza y comparar así la

contracción muscular. Concluyeron que los objetivos de fuerza estaban dentro del rango fisiológico y que las actividades EMG informadas en tareas de protrusión impedida se aproximan a las desarrolladas por la lengua en el habla y algunas funciones gustativas.<sup>29</sup>



Otro estudio es el de Nakatani, Araki y Konishi (2015) en el cual midieron la actividad eléctrica de la lengua en cuatro direcciones (adelante, atrás, izquierda y derecha) por medio de electrodos unidos a una guarda para mandíbula, los electrodos son colocados de tal manera que toquen la encía, son esféricos y pegados a través de un orificio de la guarda con cemento dental.



Los electrodos fueron posicionados de la siguiente manera: entre el primer molar y el segundo molar del lado izquierdo (L6), entre el canino y el primer premolar en el lado izquierdo (L3), entre el incisivo central derecho y el izquierdo (Ct), entre el canino y el primer premolar del lado derecho (R3), y entre el primer molar y el segundo molar en el lado derecho (R6). Estos electrodos están posicionados en el músculo geioglo, estilogloso y otros músculos extrínsecos de la lengua.<sup>30</sup>

Ninguno de los dos estudios mencionados anteriormente, relaciona la fuerza muscular lingual con la Ortodoncia.

Cuando los trastornos de la ATM no son diagnosticados de manera oportuna antes del tratamiento de ortodoncia por medio de la EMG, la sintomatología se irá intensificando, llegando a provocar afectación severa asociada a cefaleas.<sup>18</sup> Dichas cefaleas son un problema muy común en la población, se puede considerar la principal causa del consumo de analgésicos y en ocasiones, dependiendo de su frecuencia e intensidad, éstas limitan las actividades de la vida cotidiana de quien las padece.<sup>18</sup>

En el estudio realizado en la Universidad Federal de Segirpe, dividen en 3 grupos a los pacientes; el grupo que presentaba cefalea crónica leve tenía mayor sensibilidad en el músculo masetero y pterigoideo lateral (músculos de la masticación), dolor en la región posterior de la mandíbula y dolor en la ATM. Y el otro grupo que presentaban episodios de cefaleas tenían dolor en el músculo masetero y temporal.<sup>17</sup> Esto demuestra que los pacientes que presentan cefaleas tienen una alta prevalencia del dolor en la ATM y sensibilidad en los músculos de la masticación; mencionando que estas condiciones de dolor pueden ser un disparador de las cefaleas debido a la excitación central y periférica.<sup>17</sup>

En un estudio realizado en el Programa de Ortodoncia en la Universidad del Estado de Nueva York, menciona que el factor de riesgo de padecer cefalea se incrementa con el overjet, overbite y la mordida cruzada posterior. <sup>18</sup>

He ahí la importancia de mantener la zona neutra estable ya que esta franja muscular proporciona un equilibrio en las bandas musculares de los orbiculares de los labios y buccinadores por fuera, y la fuerza externa de la lengua por dentro, haciendo presión con igual intensidad para mantener alineados los dientes en ambas arcadas. <sup>31</sup>

Ya establecido este desequilibrio neuromuscular nos apoyaremos de la desprogramación, que se define como el procedimiento mediante el cual se rompe el engrama muscular habitual, que pudiera estar alterado por posibles interferencias oclusales, con el fin de llevar la mandíbula a una posición más fisiológica. Cuando los músculos de cierre elevan la mandíbula “sin interferencias”, llevan el cóndilo mandibular y el disco articular hacia arriba hasta que son fijados por los ligamentos.

La herramienta que utilizamos en este estudio fue la confección de férulas oclusales que tratan de modificar la información propioceptiva, alterando artificialmente la oclusión de forma temporal y con esto conseguir una normalización de la actividad muscular, mejorar la relación maxilo-mandibular y obtener una relación fisiológica del cóndilo mandibular en la cavidad glenoidea. Esto permite disminuir el grado de tensión, compresión, estiramiento y subluxación de cualquiera de los componentes articulares. El mecanismo de acción se podría explicarse por un aumento en la dimensión vertical, por la obtención de una oclusión artificial lo más estable posible, por la normalización de la actividad muscular y hasta por un efecto placebo. <sup>18</sup>

Para comprobar la disminución eléctrica de los músculos maseteros con el uso de aparatos miofuncionales, Nuño A. y cols. Estudiaron mediante técnicas electromiográficas a 30 pacientes de 4 a 12 años, divididos en 3 grupos de acuerdo al tipo de oclusión (según Angle). Se realizaron registros EMG de los músculos maseteros en contracción voluntaria máxima mantenida durante 20 segundos en oclusión céntrica, utilizando electrodos de superficie en el vientre muscular,



obteniendo el registro del patrón de interferencia y el integrado, antes e inmediatamente después de colocar un aparato Bimler diseñado para cada paciente, así como a los 30, 60, 90, y 120 días de su uso. El parámetro a valorar fueron los cambios de amplitud, medidos en milivolts.<sup>33</sup>

Los valores EMG promedio registrados al inicio del tratamiento fueron diferentes para cada grupo, siendo estadísticamente significativos cuando se compararon las clases I y II contra la clase III ( $P < 0.05$ ).

Estas diferencias entre clases coinciden con la información por Miralles y col. Quienes reportan una actividad EMG postural mayor de los músculos maseteros y temporales de sujetos clase III que los de clase I y II.<sup>33</sup>

Los valores promedio de los registros EMG obtenidos de los músculos maseteros de los pacientes clase II, mostraron una tendencia al decremento.

Por otra parte los valores promedio de los registros EMG obtenidos de los músculos maseteros de los pacientes clase III se incrementaron, siendo este incremento significativo ( $P < 0.05$ ) al tercer mes. El aumento en la actividad EMG de los músculos maseteros, en condiciones de contracción voluntaria máxima es probable que se deba a un aumento en el número de contactos oclusales debido al reposicionamiento mandibular, lo que permite una mejor relación molar de la mordida.

La colocación del dispositivo Bimler provoca una disminución del promedio de la actividad EMG de los maseteros de los pacientes en cada uno de los grupos.<sup>33</sup>

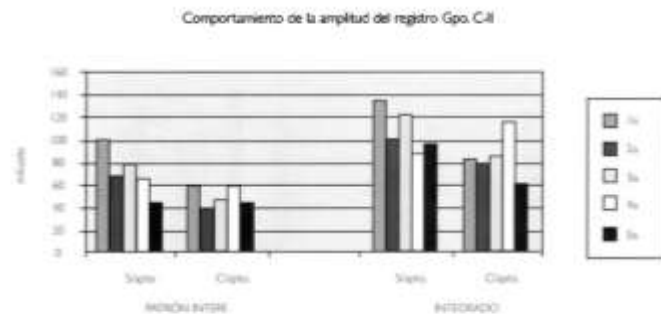


Figura 3. Valores EMG promedio de los maseteros de los niños del grupo clase II, tanto para con el dispositivo Bimler colocado como sin él, para cada una de las sesiones de registro (cada barra).

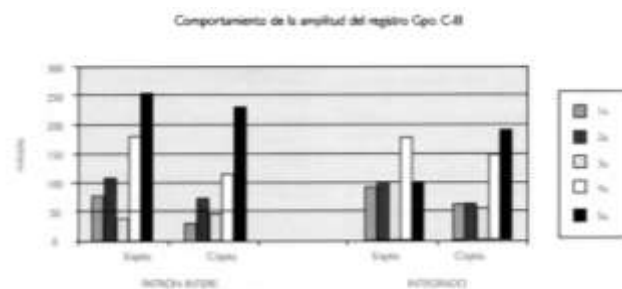


Figura 4. Valores promedio de los registros EMG de los maseteros de los niños del grupo clase III, obtenidos en cada una de las sesiones de registro.

Por todo lo anterior mencionado, proponemos el uso del articulador en todos los pacientes ya que la ventaja principal es que con su uso se evitan los reflejos protectores de la neuromusculatura, los cuales dificultan la ejecución de un correcto examen clínico y funcional de la oclusión, permitiendo detectar discrepancias entre RC y MIC que pudiesen estar asociadas a interferencias dentales que en algunos casos y dependiendo de su magnitud, se pueden traducir en trauma oclusal o deslizamiento mandibular, éstos últimos pueden llevar a su vez a una distracción condilar y disfunción de la ATM, sobre todo en pacientes con hiperlaxitud ligamentaria y patrón muscular débil.<sup>20</sup>

Así como también realizar un set-up para mejorar y aclarar el plan de tratamiento, implementar el uso de una férula oclusal (en el marco teórico de este estudio, se describen los pasos para realizar una férula oclusal según la filosofía Roth).

## **X. Conclusiones**

Para lograr en el sistema estomatognático un equilibrio, se necesita de una terapia global que incluya como parte del diagnóstico ortodóntico realizar electromiografías de superficie y electromiografías linguales para asegurar una estabilidad por más tiempo al tratamiento ortodóntico.

La electromiografía de aguja, precisa más los resultados de la actividad eléctrica del músculo a medir.

Adiestrar o reeducar a la musculatura lingual con métodos alternativos como son la ortodoncia lingual.

Implementar un protocolo de articulado para realizar correctamente una férula oclusal individualizada para cada paciente.

La zona neutral determina la posición horizontal de las piezas dentarias, aquí recae la importancia del equilibrio de las fuerzas musculares, para lograr la tan deseada estabilidad oclusal.

## XI. Referencias

1. Caballero K, Duque L, Ceballos S, et. Al (2002). *Conceptos básicos para el análisis electromiográfico*. Rev. CES, Vol. 15 No. 1.
2. Lazcano S. (2018), *el uso de electromiografía como auxiliar de diagnóstico en ortodoncia*. Tesis de licenciatura. UNAM.
3. Medrano Montero, Jacqueline, Carracedo Rabassa, Zoraida, & Palomino Truit, Agustín. (2016). *Evaluación electrofisiológica de los músculos masticatorios en niños sometidos a terapia de ortodoncia con aparatos funcionales y mioterapia*. *Correo Científico Médico*, 20(1), 67-79. Recuperado en 09 de octubre de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1560-43812016000100007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812016000100007&lng=es&tlng=es)
4. Medrano J, Palomino A. (2008) *Electromiografía del aparato de la masticación en niños sanos y portadores de maloclusión clase I y II*. *Revista Odontológica Mexicana*. Vol. 12, Núm. 3 Septiembre pp 131-136
5. Nuin Amuriza I. *Electromiografía de superficie (EMGs) en el diagnóstico y detección de la fatiga en ciclistas*. 2015 [citado 20 de agosto de 2018]; Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es:80/handle/10324/14277>
6. Godoy F. J, Ocampo M. M. (2017) *Electromiografía y velocidad de conducción neural: una introducción*. *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas*. ; 14(3):9.
7. Moyers R. *Manual de Ortodoncia*. (1992). Buenos Aires; México: Editorial Médica Panamericana 4a Ed, Pp. 79-80.
8. Moreno I. (2001) *Estudio electromiográfico de los patrones musculares en sujetos con mordida abierta anterior*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. Pp. 30-36, 144-151.
9. Rodríguez C. (2016) *EMG en pacientes ortodónticos con maloclusión clase II y III*. Tesis de Especialidad, UNAM.
10. Portus Torres C. (2010) *Actividad EMG bilateral de los músculos supra e infrahioides durante apriete y rechinar dentario en sujetos sanos con guía canina o función de grupo*. Repositorio Académico -Universidad de Chile Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133931>
11. Manda Y, Maeda N, Pan Q, Sugimoto K, Hashimoto Y, Tanaka Y, Komama N, Minagi S.(2016) *New method of neck surface electromyography for the Evaluation of tongue-lifting activity*. *Journal of Oral Rehabilitation* 43; 417–425.
12. Moore, (2013) *Anatomía con orientación clínica* 7ª ed. Wolters Kluwer
13. Navarro C. (2006) *Fisiología de la Articulación temporomandibular*  
CANARIAS MÉDICA Y QUIRÚRGICA

14. Stavness I, Lloyd J, Fels S (2012) *Automatic prediction of tongue muscle activation using a finite element model. Journal of Biomechanics* 45, 2841–2848
15. Hernández J. *Anatomía de la lengua*. Hallado en: [https://www.academia.edu/37243910/Anatom%C3%ADa\\_de\\_la\\_lengua.pdf](https://www.academia.edu/37243910/Anatom%C3%ADa_de_la_lengua.pdf)
16. Zaidi F. N., Meadows P., Jacobowitz O., Davidson T. M. 2012. (2013) *Tongue Anatomy and Physiology, the Scientific Basis for a Novel Targeted Neurostimulation System Designed for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea. Neuromodulation*; 16: 376–386 Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=Jvcxrlo>
17. Reyes A. (2018) *Relación entre las cefaleas y los trastornos de la articulación temporomandibular*. Tesina de Licenciatura, Facultad de Odontología UNAM.
18. Okeson J. (2013) *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares*. Elsevier.
19. Tagliaferro G. (2010) *Filosofía Roth Williams. Diagnóstico ortodóntico y desprogramación neuromuscular. Tesis, universidad central de Venezuela facultad de odontología postgrado de ortodoncia*
20. Maldonado J, Lombard L, Gutiérrez C, Canseco J, Cuairán V. (2015) *Evaluación de dos técnicas para el registro de relación céntrica mandibular: arco gótico versus céntrica de poder*. Rev. Odont Mexicana Vol. 19. Núm. 1.
21. González M; Flores G. (2014) *Terapia Miofuncional como alternativa de tratamiento para evitar la Recidiva en Mordida Abierta Anterior* Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría Recuperado de: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2014/art-35/>
22. Pittman LJ, Bailey EF (2008) *Genioglossus and intrinsic electromyographic activities in impeded and unimpeded protrusion tasks. J Neurophysiol. Jan*; 101(1):276-82.
23. Miralles R, Hevia R, Contreras L, Carvajal R, Bull R, Mann A.(1999) *Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. Angle Orto*; 61:277–84.
24. Moreno, I.; Sanchez, T.; Ardizzone, I; Aneiros, F. & Celemin, A. (2008) *Electromyographic comparisons between clenching, swallowing and chewing in jaw muscles with varying occlusal parameters. Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 13(3):207-13.
25. Albornoz, m.; Ogalde, a. & Aguirre, m. *Radiographic and electromyographic study of masseter and temporal anterior muscles in subjects with Angle II, I malocclusion and controls. Int. J. Morphol.*, 27(3):861-866, 2009.

26. Nishi SE, Basri R, Rahman NA, Husein A, Alam MK. (2018) *Association between muscle activity and overjet in class II malocclusion with surface electromyography*. J Orthodont Sci; 7:3.
27. Alvizua V; Quirós O. (2013) *Efectividad de la terapia Miofuncional en los hábitos más comunes capaces de producir maloclusiones clase II* Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Obtenible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2013/art-15/> Consultado el: 09/10/2019
28. Pittman LJ, Bailey EF (2008) *Genioglossus and intrinsic electromyographic activities in impeded and unimpeded protrusion tasks*. J Neurophysiol. Jan; 101(1):276-82.
29. Nakatani S, Araki N, Konishi Y (2015) *Tongue-motion Classification Using Intraoral Electromyography for a Tongue-computer interface*. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 978-1-4799-8697-2/15
30. Abad, GG. (2003) *Desarrollo de técnica para la elaboración en el laboratorio de prótesis totales fisiológicas*. Labodent, Guayaquil - Ecuador, Febrero
31. Echari P. (2002) *El renacimiento de la Ortodoncia lingual y ...2* Rev. Esp Orto 32:191-2
32. Nuño A, García A, Ángeles F, Alatorre E, (2004) *Efecto sobre la función de los músculos maseteros de pacientes tratados con equipo Bimler, valorado electromiográficamente*. Bol Med Hosp Infant Mex Vol. 61.
33. Wen Ching E, Shing Huan C, Jou Lo L, Ray Chen Yu (2013) *Alteration of Masticatory Electromyographic Activity and Stability of Orthognathic Surgery in Patients With Skeletal Class III Malocclusion*. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 71:7, 1249-1260. Recuperado de: <https://www-science-direct-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239113000074>

## Referencias imágenes

- Figura 1. Origen y Evolución del estudio de la señal EMG. (2019) Autoría propia.
- Figura 2. Sensor monopolar. Recuperado de: <http://www.neutronic.com.ar/NeutronicWeb/InsumosElectrodoBipolar.htm>.
- Figura 3. Sensor multielectrodo. Recuperado de: <http://www.neurofisiologiacadiz.es/servicios/electroneurogramaelectromiograma/>
- Figura 4. Electrodo circular que actualmente es el más usado para EMGs. Recuperado de: <http://www.robotics4geeks.com/it/22-sensor>.

- Figura 5. Electrodo monopolar de aguja Recuperado de: <https://interferenciales.com.mx/products/agujas-monopolares-desechables-pre-cableadas>
- Figura 6. Fórmula del RMS Recuperado de: <https://unicrom.com/valor-rms-promedio-pico/>
- Figura 7. Gráfica del RMS Recuperado de: <https://unicrom.com/valor-rms-promedio-pico/>.
- Figura 8 Fuerzas musculares extraorales. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Figura 9 Fuerzas musculares intraorales. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed. / <https://www.anatomiatopografica.com/musculos/musculos-de-la-lengua/>.
- Figura 10. Diagrama esquemático de la ubicación de electrodos de superficie para EMG. 11. Manda Y, Maeda N, Pan Q, Sugimoto K, Hashimoto Y, Tanaka Y, Komama N, Minagi S. (2016) New method of neck surface electromyography for the evaluation of tongue-lifting activity. Journal of Oral Rehabilitation 43; 417–425.
- Figura 11. Coordinación de la EMG de la superficie del cuello (N), músculo masetero (M), músculo temporal (T) y superficie submental (Su). Manda Y, Maeda N, Pan Q, Sugimoto K, Hashimoto Y, Tanaka Y, Komama N, Minagi S. (2016) New method of neck surface electromyography for the evaluation of tongue-lifting activity. Journal of Oral Rehabilitation 43; 417–425.
- Figura 12. Articulación temporomandibular. A D) Imagen anatómica y Tomografía computarizada de la ATM en las posiciones con la boca abierta y cerrada. E) Inervación de la ATM. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Figura 11. Ligamentos de la articulación temporomandibular. Recuperado de: <http://www.kinefisioterapia.es/articulacion-temporomandibular/>.
- Figura 15. Músculos de la lengua Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Figura 16. Inervación de la lengua. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Figura 17. Principales fibras musculares y su localización. Zaidi F. N., Meadows P., Jacobowitz O., Davidson T. M. (2012). Tongue Anatomy and Physiology, the Scientific Basis for a Novel Targeted Neurostimulation System Designed for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea. Neuromodulation 2013; 16: 376–386
- Figura 18. Inervación de la lengua. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.

- Figura 19. Apnea obstructiva del sueño.
- *Figura 20. Electrodo multicanal para el nervio hipogloso, diseñado para rodear dicha rama.* Zaidi F. N., Meadows P., Jacobowitz O., Davidson T. M. 2012. Tongue Anatomy and Physiology, the Scientific Basis for a Novel Targeted Neurostimulation System Designed for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea. *Neuromodulation* 2013; 16: 376–386
- Figura 21. Ejemplos de tratamiento para TTMs. A) Ajuste oclusal B) AINES C) Relajante muscular D) Crioterapia y Termoterapia E) Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea y F) Láser frío. Recuperado de: [http://www.odontologosecuador.com/espanol/artodontologos/ajuste\\_oclusal\\_por\\_desgaste\\_selectivo.htm](http://www.odontologosecuador.com/espanol/artodontologos/ajuste_oclusal_por_desgaste_selectivo.htm)  
<http://tugestordesalud.com/uso-de-antiinflamatorios-no-esteroides-en-deportistas-de-ultra-resistencia/>  
<https://www.ibushak.com/products/relajante-muscular-reumophan-alka-20-tabletas-grisi>  
<https://phisiobasic.com/crioterapia-y-termoterapia-cuando-una-y-cuando-otra/>  
<https://www.bio-terapias.com/cat.php?id=395893>
- Figura 22. Electromiógrafo y computadora del laboratorio de Fisiología de la DEPeI Facultad de Odontología UNAM. Autoría propia
- Figura 23. Colocación de electrodos bilaterales. Autoría propia
- Figura 24. EMG en MCV en oclusión céntrica de los músculos maseteros, color azul músculo izquierdo, color verde músculo derecho. Autoría propia
- Figura 25. Toma de EMG en desoclusión posterior, colocando abatelenguas entre los incisivos. Autoría propia
- Figura 26. RMS en gráfica. Autoría propia
- Figura 27. Colocación de agujas monopolares. Autoría propia
- Figura 28. Férula oclusal fisiológica (rebase de acrílico autopolimizable). Autoría propia
- Figura 29. Férula oclusal fisiológica. Autoría propia
- Figura 30. A. EMG lingual antes del tratamiento de ortodoncia B. EMG lingual 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Autoría propia
- Tabla 1 Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Tabla 2. Músculos de la masticación, suprahioides, infrahioides y de la expresión facial. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
- Tabla 3. Músculos de la lengua. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.

- Tabla 4. Tipos de fibras musculares y sus propiedades. Stavness I, Lloyd J, Fels S (2012) Automatic prediction of tongue muscle activation using a finite element model. *Journal of Biomechanics* 45, 2841–2848
- Tabla 5. Hábitos orales no fisiológicos.(2019) Autoría propia



Figura 34. Electromiógrafo y computadora del laboratorio de Fisiología de la DEPeI Facultad de Odontología UNAM. Autoría propia

- Figura 35. Colocación de electrodos bilaterales. Autoría propia
  - Figura 36. EMG en MCV en oclusión céntrica de los músculos maseteros, color azul músculo izquierdo, color verde músculo derecho. Autoría propia
  - Figura 37. Toma de EMG en desoclusión posterior, colocando abatelenguas entre los incisivos. Autoría propia
  - Figura 38. RMS en gráfica. Autoría propia
  - Figura 39. Colocación de agujas monopolares. Autoría propia
  - Figura 40. Férula oclusal fisiológica (rebase de acrílico autopolimizable). Autoría propia
  - Figura 41. Férula oclusal fisiológica. Autoría propia
  - Figura 42. A. EMG lingual antes del tratamiento de ortodoncia B. EMG lingual 3 meses después del tratamiento de ortodoncia. Autoría propia
- 
- Tabla 1 Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
  - Tabla 2. Músculos de la masticación, suprahioideos, infrahioideos y de la expresión facial. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
  - Tabla 3. Músculos de la lengua. Moore, Anatomía con orientación clínica (2013) 7ª ed.
  - Tabla 4. Tipos de fibras musculares y sus propiedades. Stavness I, Lloyd J, Fels S (2012) Automatic prediction of tongue muscle activation using a finite element model. Journal of Biomechanics 45, 2841–2848