



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

ESTUDIO ELECTROMIOGRÁFICO DIGITAL MEDIANTE LA  
RAÍZ CUADRÁTICA MEDIA (RMS) EN PACIENTES CON  
TRASTORNOS TEMPOROMANDIBULARES ANTES Y  
DESPUÉS DEL USO DE LA FÉRULA OCLUSAL  
FISIOLÓGICA.

### **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N O   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

FÉLIX MORENO CEDILLO

TUTOR: DR. FERNANDO ÁNGELES MEDINA

ASESORES: MTRO. NICOLÁS PACHECO GUERRERO  
C.D. JULIO MORALES GONZÁLEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## Agradecimientos

A mis **padres Juan Cruz Moreno y María de La Luz Cedillo**, mi ejemplo a seguir, me inculcaron el valor del trabajo y paciencia. Gracias a todo su esfuerzo pudimos alcanzar ésta meta y seguramente las siguientes. Mi hermana **Jazmín Moreno**, con quien compartí en todo momento de nuestra vida grandes momentos y gracias a nuestros padres pudimos dar un paso en el escalón. A mis tíos **Alejandro Moreno y Agustín Moreno** dos de mis grandes ejemplos a seguir y por estar al pendiente en mis estudios. A mi querida tía **María Elena Cedillo**, que ha sido un gran apoyo y a pesar de las duras pruebas que nos da la vida, siempre podemos confiar en que la vida es generosa. A mi tía **Magdalena Lozano** por toda su generosidad y apoyo durante toda mi formación profesional.

Agradezco profundamente al Dr. **Fernando Ángeles Medina** por permitir que realizara mi servicio social en el **Laboratorio de fisiología** de la **DEPeI**, en donde me he formado integralmente. Al Dr. **Nicolás Pacheco Guerrero** mi maestro que me permitió formar parte de este gran equipo de trabajo en el "Labo" y por todas sus enseñanzas. Al Dr. **Julio Morales González**, que con paciencia y buena voluntad me enseñó de sus grandes conocimientos. A ellos tres les agradezco la oportunidad de conocerlos y aprender la importancia del trabajo constante, paciente, con ratos de buen humor, ánimo y ética. Brindándome lo necesario para mi desarrollo profesional ¡Gracias!

Al Ing. **Luis Antonio García Espinosa** por las clases y la información que gentilmente me proporciono. Al Dr. **David Elías Viñas** del **CINVESTAV** jefe del **Laboratorio de Bioelectrónica del Instituto Politécnico Nacional**.

Así mismo agradezco a los Dres. **Filiberto Hernández Sánchez, Francisco Javier Marichi Rodríguez y Arcelia Felicitas Meléndez Ocampo** por el interés y asesorías en éste trabajo.

Al proyecto **PAPIIT Clave IT202314**, por las facilidades otorgadas.

A mi amiga y Mtra. **Laura Angélica Flores Sánchez**, que con su juventud y dedicación me inspiró a realizar éste trabajo, y en la ayuda que me brindó para centrar mis objetivos durante los momentos difíciles.

Al Psic. **Eduardo Castellanos Cárdenas** un magnifico ser humano, que me mostró el camino del autoconocimiento y me ayudó a desarrollar un humanismo que atesoro y utilizo en mi vida diaria.

A mis **amigos**, los que he formado a lo largo de estos años. A todos ellos gracias por éste tiempo transcurrido.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO** y la **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**.

# ÍNDICE

---

I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. RESUMEN .....	7
III. ANTECEDENTES.....	8
1. Articulación temporomandibular.....	8
2. Componentes óseos de la ATM.....	8
2.1 Hueso Temporal.....	8
2.2 Mandíbula .....	9
3. Componentes musculares de la ATM .....	10
3.1 Histología de los músculos masticatorios .....	10
4. Anatomía de los músculos de la masticación .....	12
4.1 Músculo temporal.....	12
4.2 Músculo masetero .....	13
4.3 Músculo pterigoideo lateral.....	14
4.4 Músculo pterigoideo medial.....	15
5. Componentes articular y cartilaginosa de la ATM.....	15
5.1 Disco Articular .....	15
5.2 Ligamentos intrínsecos de la ATM.....	16
5.2.1 Ligamentos colaterales.....	16
5.2.2 Ligamento capsular .....	17
5.2.3 Ligamento temporomandibular .....	17
5.3 Ligamentos accesorios de la ATM.....	18
5.3.1 Ligamento esfenomandibular .....	18
5.3.2 Ligamento estilomandibular.....	18
6. Regulación del movimiento mandibular .....	19
6.1 Tono muscular.....	19
7. Receptores sensoriales en los músculos.....	19
7.1 Huso neuromuscular .....	19
7.2 Órgano tendinoso de Golgi.....	20
8. Actividades reflejas relacionadas con los receptores sensoriales.....	21
8.1 Reflejo inhibitorio.....	21

8.2 Reflejo maseterino .....	22
9. DISFUNCIÓN TEMPOROMANDIBULAR Y DOLOR MIOFASCIAL .....	24
9.1 Epidemiología de los TTMs .....	24
10. FÉRULA OCLUSAL .....	28
10.1 Férula Oclusal Fisiológica.....	30
11. ELECTROMIOGRAFÍA.....	33
11.1 Antecedentes y desarrollo histórico de la Electromiografía.....	34
11.2 La Fisiología en el uso de la Electromiografía .....	35
11.2.1 Mecanismo general de la contracción muscular .....	36
11.3 Amplificador de la señal electromiográfica .....	40
11.4 La electromiografía como complemento diagnóstico en pacientes con Trastornos temporomandibulares .....	44
11.5 Actividades reflejas registradas por medio de la EMG-s.....	45
11.5.1 Reflejo inhibitorio .....	45
11.6 Variables de estudio en la señal electromiográfica .....	47
11.6.1 Variables de frecuencia. ....	48
11.6.2 Variables de amplitud .....	48
11.6.3 Root mean square .....	48
12.1 Ventajas del uso del Electromiógrafo (EMG) .....	52
12.2 Desventajas del uso del electromiógrafo .....	52
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	53
V. JUSTIFICACIÓN.....	53
VI. OBJETIVOS .....	54
VII. HIPÓTESIS .....	54
VIII. METODOLOGÍA.....	55
1) Tipo de estudio:.....	55
2) Población de estudio: .....	55
3) Muestra:.....	55
4) Plan de análisis de datos .....	55
5) Criterios de selección: .....	55
5.1 Inclusión: .....	55
5.2 Exclusión:.....	56
5.3 Eliminación:.....	56
6) Características del Electromiógrafo:.....	56

7) Método de recolección de la muestra .....	57
8) Definición operacional y escala de medición de las variables. ....	65
Variables independientes. ....	65
Variables dependientes .....	65
IX. RESULTADOS .....	66
X. DISCUSIÓN.....	74
XI. CONCLUSIONES.....	76
XII. REFERENCIAS .....	77
XIII. ANEXOS .....	86

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la Articulación temporomandibular (ATM) ha sido objeto de diversas interrogantes y diferentes puntos de vista a lo largo de muchas décadas. Debido a la complejidad de su estudio y exploración, por las estructuras anatómicas que están involucradas y las limitaciones en el campo de la exploración, ha surgido la necesidad de desarrollar nuevos métodos y equipos para realizar un diagnóstico más preciso y elaborar un eficiente plan de tratamiento para los pacientes.

Los pacientes con trastornos temporomandibulares (TTMs) presentan diferentes grados de alteración entre uno o más componentes del sistema Estomatognático, entre los cuales pueden encontrarse afectados el sistema nervioso periférico, la actividad muscular, ATM y el estado dental. Por lo tanto resulta importante realizar una historia clínica que integre a estos componentes, además de explorar adecuada y detalladamente cada elemento del sistema Estomatognático.

Con los avances del siglo XX en las ramas de la medicina, se desarrollaron, diversos aparatos que cuentan con mayor precisión y confiabilidad para establecer un diagnóstico. Uno de estos instrumentos con grandes avances es el Electromiógrafo, que ha tenido aplicaciones en áreas tan diversas de la medicina y su uso en la odontología tiene ya varias décadas.

La electromiografía consiste en el registro de los cambios de voltaje que se producen en las fibras musculares durante la contracción. Podría definirse como la técnica donde se registran y graban los potenciales de acción de las fibras musculares para ser colocadas en un medio de exhibición.

## II. RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio electromiográfico digital para diagnosticar a cuarenta pacientes con trastornos temporomandibulares, se les dio tratamiento mediante de una férula oclusal fisiológica. Posteriormente se les realizaron dos estudios de electromiografía a quince y treinta días para determinar y valorar la actividad de la férula oclusal fisiológica, usando el índice de la raíz cuadrática media (RMS) como una herramienta cualitativa, monitoreando así de forma precisa los avances de los pacientes.



### III. ANTECEDENTES

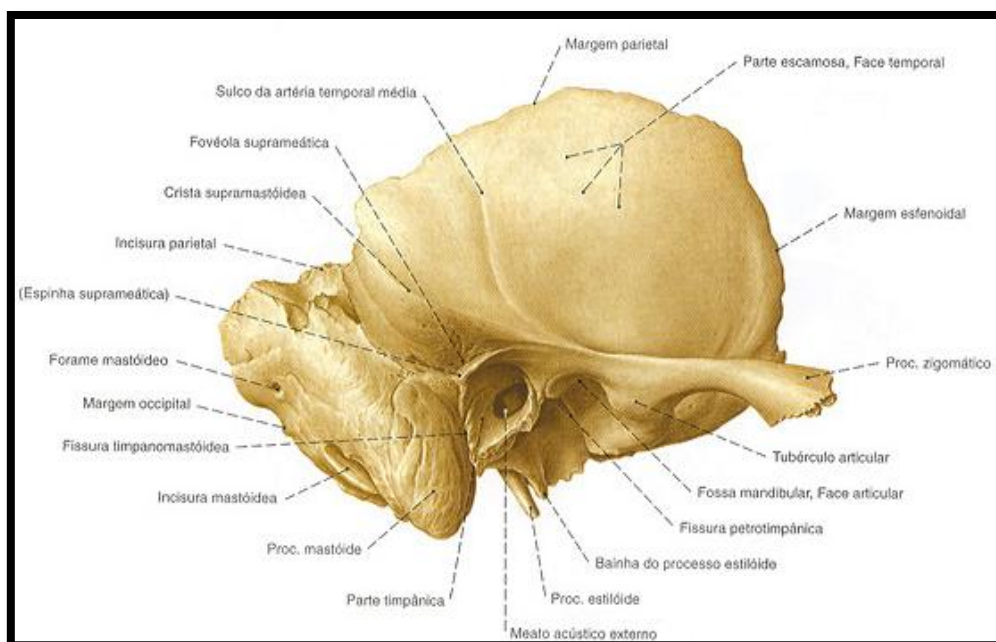
#### 1. Articulación temporomandibular

La ATM es una estructura compleja compuesta de varios elementos, como la cavidad glenoidea del hueso temporal, la cabeza del cóndilo de la mandíbula, y una densa estructura de tejido conjuntivo fibroso especializado que forma el disco articular, así como varios ligamentos intrínsecos y ligamentos extrínsecos, los músculos de la masticación y cervicomandibulares asociados.<sup>1</sup> Si examinamos un cráneo seco, es evidente que las superficies articulares del cóndilo y la cavidad glenoidea permiten que ocurra el movimiento.<sup>2</sup>

#### 2. Componentes óseos de la ATM

##### 2.1 Hueso Temporal

Es el único hueso articulado con la mandíbula por medio de la cavidad glenoidea y del cóndilo mandibular. Está constituido por tres partes; la escama, la apófisis mastoideas y el peñasco. Contiene los órganos del equilibrio y las superficies articulares para la mandíbula. (fig.1)<sup>3</sup>

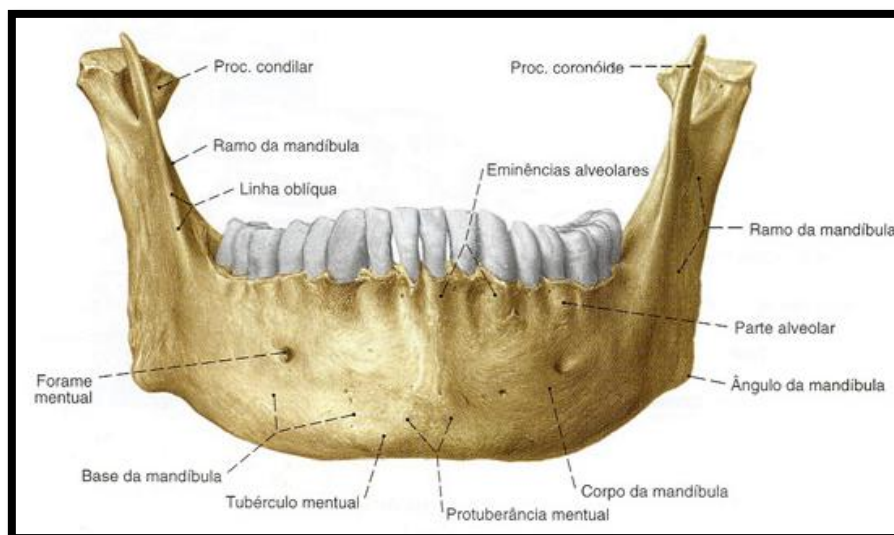


**Fig.1** Vista lateral del hueso temporal.

La cavidad glenoidea está situada detrás de la eminencia articular y es una depresión profunda de forma elipsoidal cuyo eje mayor se dirige hacia atrás y adentro. El hueso temporal se articula con cinco huesos: el occipital, parietal, esfenoides, cigomático y la mandíbula.<sup>3</sup>

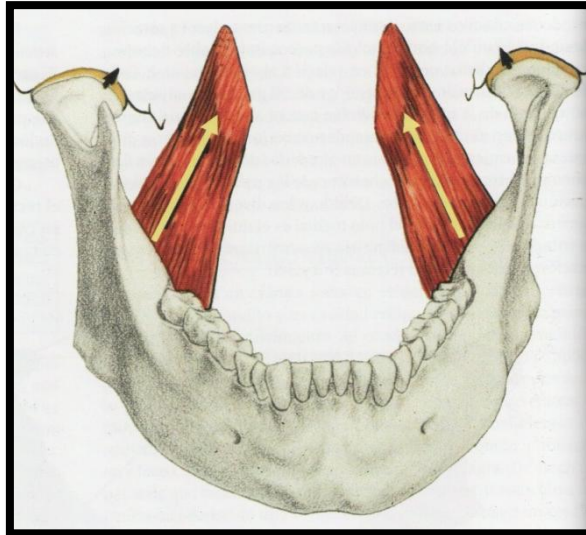
## 2.2 Mandíbula

Es un hueso en forma de U que sostiene los dientes inferiores y constituye el esqueleto facial inferior. No dispone de fijaciones óseas al cráneo. Está suspendida y unida al maxilar mediante músculos, ligamentos y otros tejidos blandos, que le proporcionan la movilidad necesaria para su función con el maxilar.<sup>4</sup> (fig.2)<sup>3</sup>



**Fig.2** Vista anterior de la mandíbula.

El cóndilo mandibular se describe a menudo como una articulación gínglimoartroïdal; gínglimoide por que actúa en forma de bisagra y artroïdal por el movimiento de deslizamiento o traslación que realiza. Un cóndilo no puede moverse de ninguna manera sin el movimiento recíproco en el lado opuesto. En los movimientos de apertura y cierre, los dos cóndilos forman un eje común y por eso, en efecto, actúan como una articulación en bisagra.<sup>2</sup> (fig. 3)<sup>2</sup>

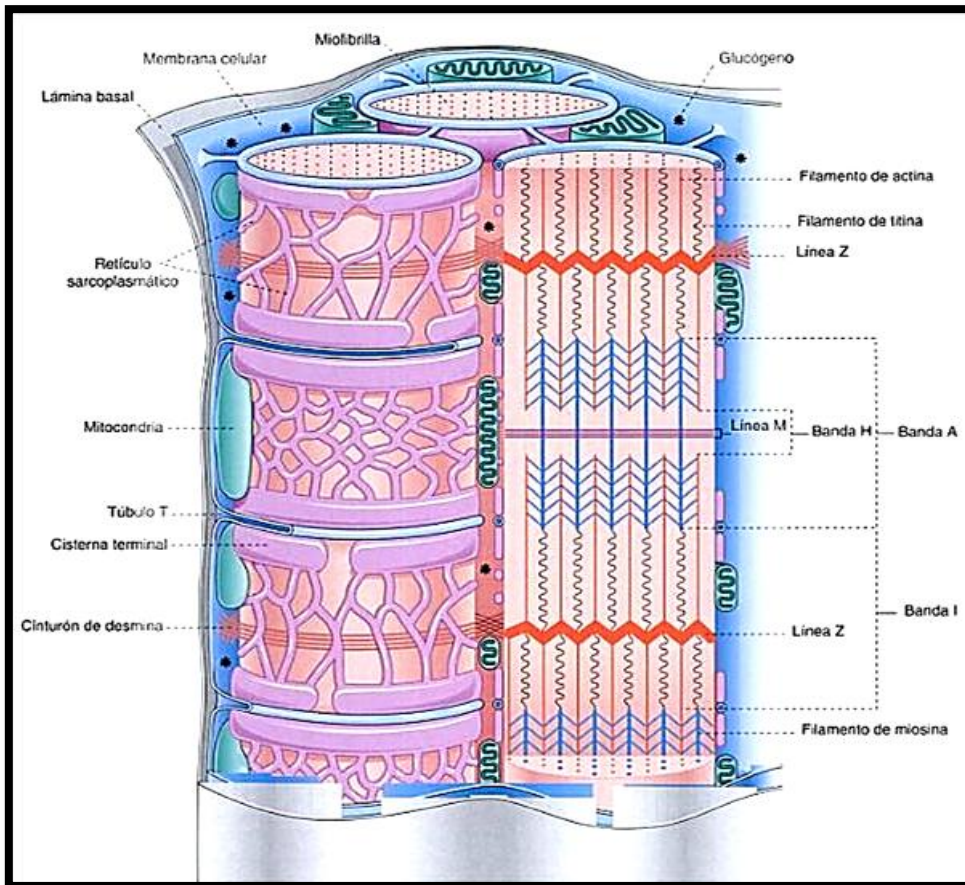


**Fig.3** La acción muscular trabaja conjunta al sistema óseo, de tal forma que es una parte fundamental en el sistema estomatognático.

### 3. Componentes musculares de la ATM

#### 3.1 Histología de los músculos masticatorios

Los músculos aumentan de longitud y ancho luego del nacimiento, siendo su tamaño determinado por factores genéticos e independientes de la función. Se ha podido demostrar que la cantidad de fibras musculares aumenta con los primeros años de vida. Los músculos están formados por dos tipos de fibras musculares y han sido definidos como un sistema con funciones y características únicas, se encuentran constituidos por fibras musculares que en el músculo estriado, presentan características comunes entre sí, como la capacidad de contraerse ante un estímulo nervioso. Esto se debe a que encuentran constituidos por proteínas capaces de desarrollar tensión a partir de sus inserciones. Esta tensión es generada por la contracción de miles de fibras musculares estimuladas a través de los nervios desde el sistema nervioso central. Cada una de estas unidades contráctiles se les denominada sarcómeros (fig.4)<sup>10</sup>, cada célula muscular se nutre a través de su citoplasma por los vasos sanguíneos, los cuales proveen los nutrientes necesarios para su funcionamiento.<sup>4,5</sup>



**Fig.4** Aparato contráctil y estructuras de la membrana de la célula muscular esquelética, representación esquemática. Izquierda: vista externa de una miofibrilla; derecha: miofibrilla en corte longitudinal. El segmento entre dos líneas Z se llama sarcómero. Los filamentos de miosina entran en contacto con los filamentos de actina mediante las llamadas cabezas de miosina. Los filamentos de titina (conectina), muy delgados, unen los filamentos de miosina con las líneas Z y les imparten propiedades elásticas a las miofibrillas.

El músculo estriado está compuesto por fibras longitudinales dispuestas en paralelo, algunas de considerable extensión. El aspecto estriado se manifiesta a la observación microscópica por la presencia de distinto valor cromático. Estas son entre otras, la línea Z que limita la extensión del sarcómero, la banda I y la banda A constituida por un área más oscura que corresponde al entrecruzamiento de las proteínas contráctiles. Cada fibra muscular contiene varios cientos a varios miles de miofibrillas, cada miofibrilla está formada por aproximadamente 1,500 filamentos de miosina a 3,000 filamentos de actina adyacentes entre sí que son grandes moléculas proteicas polimerizadas responsables de la contracción muscular.<sup>6, 7</sup>

Se observan dos tipos de fibras musculares: fibras lentas (tipo I, músculo rojo) y fibras rápidas (tipo II, músculo blanco).

Fibras lentas: son fibras más pequeñas, están inervadas por fibras nerviosas pequeñas. La vascularización y capilares son más extensos para aportar cantidades adicionales de oxígeno. Son las más numerosas, forman la masa muscular. Se caracterizan por ser de acción lenta, resistentes a la fatiga, con alto contenido de mioglobina (similar a la hemoglobina, pero que se encuentra dentro de la estructura muscular) y con metabolismo principalmente aeróbico.<sup>6,7</sup>

Fibras rápidas: Fibras más grandes para obtener una gran fuerza de contracción, contiene un retículo sarcoplásmico extenso para una liberación rápida de iones calcio para iniciar la contracción. La vascularización es menos extensa por que el metabolismo oxidativo es secundario.<sup>7</sup>

#### **4. Anatomía de los músculos de la masticación**

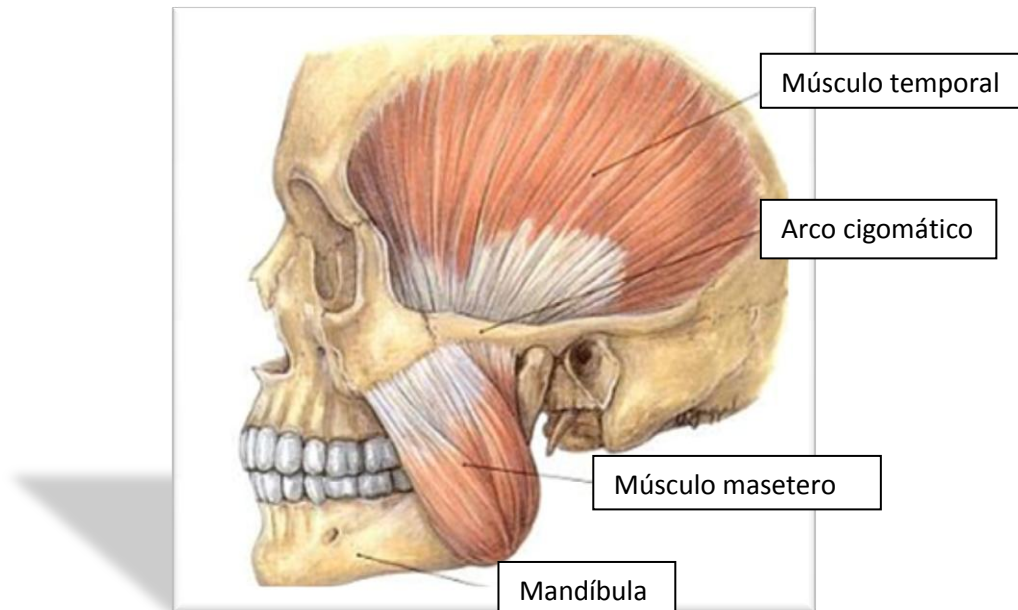
La contracción muscular es el mecanismo que origina el movimiento mandibular y genera las fuerzas craneomandibulares, y está íntimamente relacionada con la actividad dental.<sup>8</sup>

Es útil dividir los músculos de la masticación en músculos posicionadores y músculos elevadores. Los músculos posicionadores son responsables de los movimientos horizontales de la mandíbula desde la relación céntrica. Los músculos pterigoideos laterales inferiores llevan los cóndilos hacía abajo y adelante y los músculos elevadores jalan la mandíbula hacía atrás y arriba. El músculo pterigoideo lateral superior es el responsable de mantener el disco correctamente alineado con el cóndilo durante la función.<sup>2</sup>

##### 4.1 Músculo temporal

La acción primaria del temporal es descrita tradicionalmente como la elevación de la mandíbula cuando actúa bilateralmente. Aunque está descrita como un músculo de cierre, es primordialmente un músculo de posicionamiento. Sus tres segmentos son anterior, medio y posterior, trabajan en conjunto para ayudar a posicionar el montaje cóndilo-mandíbula en el cierre, apertura, protusiva lateral y retrusiva.<sup>9 (fig.5)</sup><sup>11</sup>

Origen e inserción: el origen del músculo temporal es la fosa temporal y la aponeurosis temporal. La inserción del músculo está en el proceso coronoideo y en la rama mandibular.



**Fig.5** Músculo temporal y músculo masetero

#### 4.2 Músculo masetero

La acción primaria del músculo masetero es la elevación de la mandíbula. Tanto la porción superficial, como en la porción profunda del músculo se contrae en esta función, pero la porción de potencia primaria del músculo está en el segmento superficial. La porción profunda del masetero se contrae junto a las fibras anteriores del temporal y muchos otros músculos para ayudar a estabilizar el cóndilo durante el movimiento de la mandíbula. Además funciona en el movimiento lateral de la mandíbula, en la protrusión y retrusión de la misma.<sup>9</sup> (fig.5)<sup>11</sup>

El músculo masetero está formado por dos fascículos, uno superficial y otro profundo, extendiéndose oblicuamente desde el arco cigomático al ángulo mandibular y al margen inferior externo de la rama mandibular.

Origen e inserción: el fascículo superior se inserta, con una aponeurosis muy gruesa y resistente, a nivel de los dos tercios anteriores del arco cigomático y se extiende hacia dentro oblicuamente hacia el ángulo y cara lateral de la rama mandibular. El fascículo profundo está situado medialmente al superficial. Se inserta superiormente en el margen inferior del arco cigomático en casi toda su extensión anteroposterior hasta alcanzar la ATM, a la cual no envía fibras musculares. Las fibras musculares se dirigen oblicuamente hacia abajo y adelante, insertándose sobre la cara lateral desde la rama de la mandíbula hasta la base de la apófisis coronoides.<sup>12</sup>



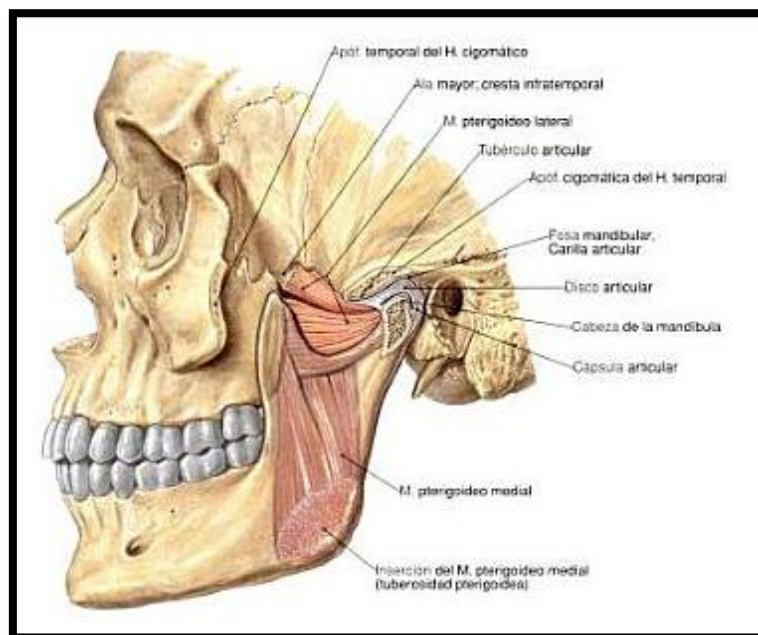
#### 4.3 Músculo pterigoideo lateral

El pterigoideo lateral tiene dos divisiones, la división superior y la división inferior. Aunque estas dos divisiones funcionan de manera diferente, son clasificadas como divisiones del pterigoideo lateral.<sup>9</sup>

Las funciones del pterigoideo lateral, junto con otros músculos, son de apertura durante el ciclo de apertura de la mandíbula y como músculo de cierre y agonista durante el ciclo de cierre de la mandíbula. El pterigoideo lateral puede funcionar como músculo de soporte para sostener el cóndilo contra la inclinación de la eminencia durante el cierre de la boca.<sup>9</sup> (fig.6)<sup>11</sup>

Origen e inserción: la porción superior del pterigoideo lateral se origina en el labio orbital del ala más grande del hueso esfenoides. La porción inferior del pterigoideo lateral se origina de la superficie lateral del revestimiento del pterigoideo lateral.

Las fibras de la porción superior del pterigoideo lateral se insertan en el disco articular de la ATM y dentro de la parte superior de la fóvea pterigoidea, formando una porción del espacio articular superior de la ATM.<sup>9</sup>

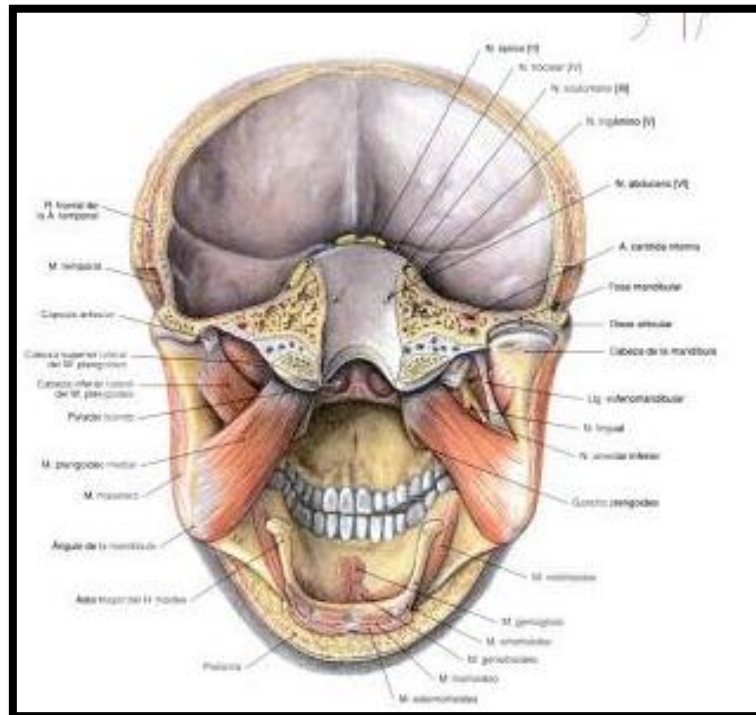


**Fig.6** Esquema del pterigoideo lateral

#### 4.4 Músculo pterigoideo medial

Este músculo tiene la función de prolongar y elevar la mandíbula. Ayuda en la protrusión de la mandíbula y también en la desviación lateral.<sup>9</sup> (fig.7)<sup>11</sup>

Origen e inserción: Su origen está en el revestimiento del pterigoideo lateral y su inserción en el ángulo de la mandíbula.



**Fig.7** Músculos pterigoideos en una vista posterior.

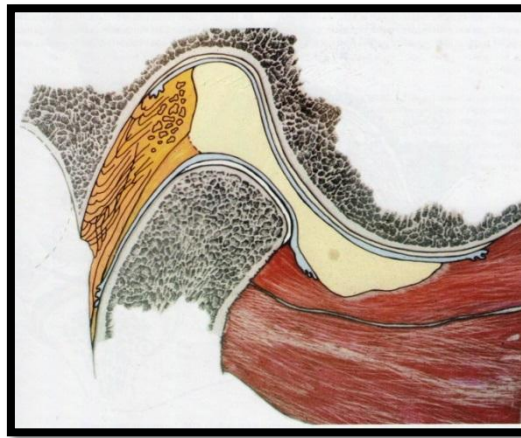
### **5. Componentes articular y cartilaginosa de la ATM**

#### 5.1 Disco Articular

Interno a la cápsula articular e interpuesto entre la cavidad glenoidea del hueso temporal y la cabeza articular del cóndilo mandibular, se encuentra un disco interarticular o menisco. Tiene una forma elíptica y separa herméticamente las dos cavidades articulares: una propiamente temporal y otra condilar. Posteriormente la lámina superior del disco articular está adherida al hueso temporal. La lámina inferior es fina y se inserta medialmente en la fascia del músculo pterigoideo externo. Lateralmente está insertada sobre el cuello del cóndilo mandibular y sobre el mismo



cóndilo. En la región posterior está presente el tejido conectivo con lóbulos adiposos, un plexo venoso y fibras nerviosas derivadas del nervio auriculotemporal.<sup>12</sup> (fig.8)<sup>2</sup>



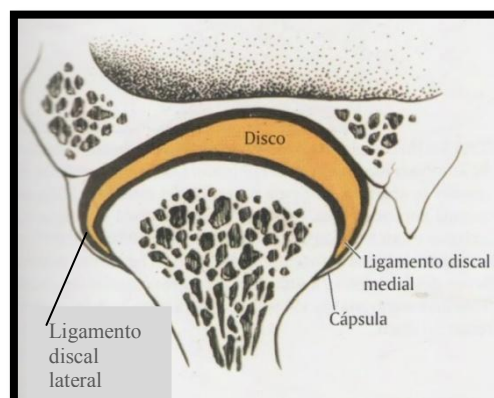
**Fig.8** Disco articular, no presenta vascularización, ni inervación, solo en la periferia. En la parte posterior (amarillo) se observa la lámina retrodiscal o ligamento posterior, que provee de nutrientes al disco articular, así como la recolección de productos del metabolismo.

## 5.2 Ligamentos intrínsecos de la ATM

Los ligamentos de la articulación desempeñan un papel importante en la protección de las estructuras. Están compuestos por tejido conectivo colágeno no distensible.<sup>4</sup>

### 5.2.1 Ligamentos colaterales

Los ligamentos colaterales o discales fijan los bordes interno y externo del disco articular a los polos del cóndilo. Son dos, el ligamento discal medial fija el borde interno del disco al polo interno del cóndilo. El ligamento discal lateral fija el borde externo del disco al polo externo del cóndilo. Estos ligamentos no son distendibles.<sup>4</sup> (fig.9)<sup>2</sup>



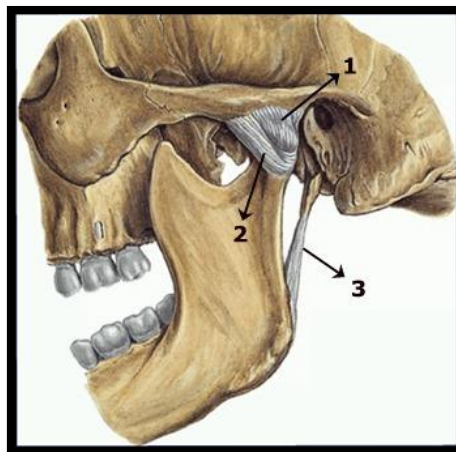
**Fig.9** Ligamentos colaterales.

### 5.2.2 Ligamento capsular

Toda la ATM está rodeada por el ligamento capsular. Las fibras de este ligamento se insertan, por la parte superior en el hueso temporal a lo largo de los bordes de las superficies articulares de la fosa mandibular y la eminencia articular. Por la parte inferior, las fibras del ligamento capsular se unen al cuello del cóndilo. Actúa oponiendo resistencia ante cualquier fuerza interna ó externa, que tiendan a separar las superficies articulares.<sup>4</sup> (fig.10)<sup>11</sup>

### 5.2.3 Ligamento temporomandibular

Este ligamento tiene dos partes: una porción oblicua externa y otra horizontal interna. La porción externa se extiende desde la superficie externa del tubérculo articular y la apófisis cigomática en dirección posteroinferior hasta la superficie externa del cuello del cóndilo. La porción horizontal interna se extiende desde la superficie externa del tubérculo articular y la apófisis cigomática, en dirección posterior y horizontal, hasta el polo externo del cóndilo y la parte posterior del disco articular.<sup>4</sup>

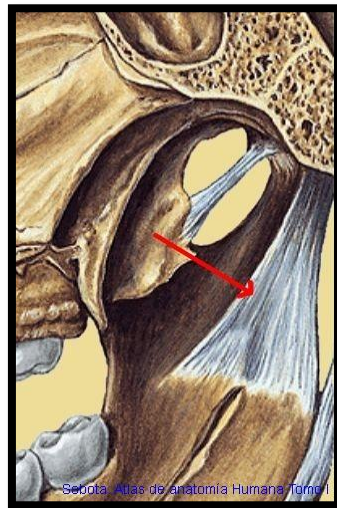


**Fig.10** 1.Ligamento capsular, recubre las superficies articulares de la ATM, 2.Ligamento temporomandibular, 3.Ligamento estilomandibular.

### 5.3 Ligamentos accesorios de la ATM

#### 5.3.1 Ligamento esfenomandibular

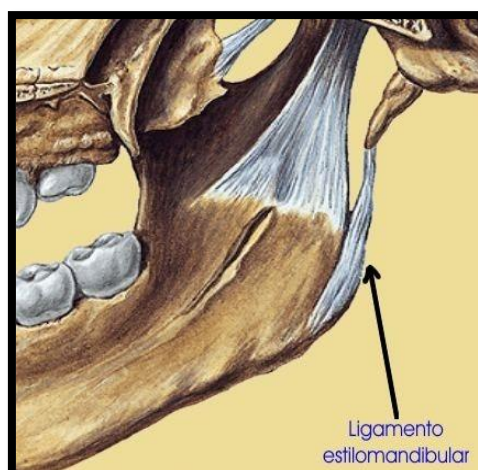
Es uno de los dos ligamentos accesorios de la ATM. Tiene su origen en la espina del esfenoides y se extiende hacia abajo hasta una pequeña prominencia ósea, situada en la superficie medial de la rama de la mandíbula, denominada línghula. (fig.11)<sup>11</sup>



**Fig.11** Ligamento esfenomandibular.

#### 5.3.2 Ligamento estilomandibular

Es el segundo ligamento accesorio, se origina de la apófisis estiloides y se extiende hacia abajo y hacia adelante hasta el ángulo y el borde posterior de la rama de la mandíbula. Cuando se realiza protrusión se tensa, y se encuentra relajado cuando la boca está abierta. (fig.12)<sup>11</sup>



**Fig.12** Ligamento estilomandibular

## **6. Regulación del movimiento mandibular**

### **6.1 Tono muscular**

Las superficies articulares de la ATM no tienen fijación ni unión estructural, pero es preciso que se mantenga constantemente el contacto para no perder la estabilidad de la articulación. Esta estabilidad se mantiene gracias a la constante actividad de los músculos que traccionan desde la articulación, incluso durante el reposo. Estos músculos se encuentran en un estado de leve contracción que se denomina tono muscular (TM).<sup>4</sup>

El TM permite la estática del conjunto corporal, haciendo más eficaz la respuesta al estímulo nervioso. Es de origen reflejo, expresándose primariamente a nivel nervioso, a partir del reflejo de estiramiento. En la mandíbula se contrapone a la fuerza de gravedad manteniéndola en reposo, para que no se produzca fatiga. Por la continuidad del esfuerzo es posible que haya agrupamiento especializado de algunas fibras o todas las fibras intervengan, por grupos y fases sucesivas y asincrónicas, según el reclutamiento.<sup>6</sup>

## **7. Receptores sensoriales en los músculos**

### **7.1 Huso neuromuscular**

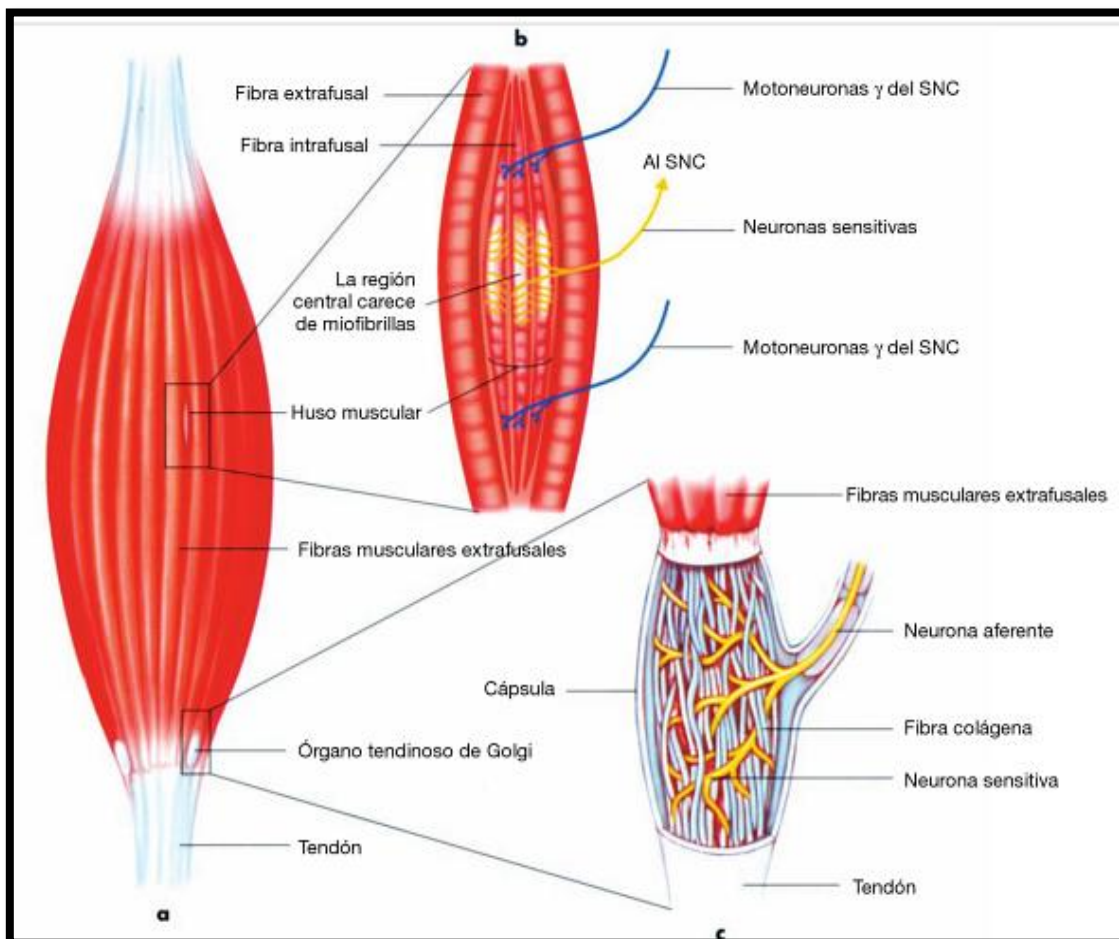
El huso neuromuscular es un elemento regulador (fig.13)<sup>13</sup>, ubicado en la masa muscular, conteniendo fibras agrupadas en paralelo, con capacidad contráctil (en cadena) y otras no contráctiles a nivel ecuatorial (saculares) y que tiene como función fundamental regular la longitud muscular.<sup>2</sup> Proporcionan información sensitiva al sistema nervioso central con respecto a la longitud del músculo y a la velocidad de cambio de esa longitud. El sistema nervioso central utiliza esa información para controlar la actividad muscular.<sup>10</sup>

Al estirarse las fibras extrafusales se produce también un estiramiento simultáneo de las intrafusales, dispuestas en paralelo, que determinará la estimulación de las fibras nerviosas I y II sensibles al estiramiento y a la tensión, respectivamente provocando el acortamiento inmediato del músculo a través de las fibras motoras alfa que inervan las fibras extrafusales. El núcleo motor trigeminal en la protuberancia es el origen de estas aferentes alfa, siendo por lo tanto el reflejo miotático o de estiramiento de carácter monosináptico e inconsciente.<sup>6</sup>

## 7.2 Órgano tendinoso de Golgi

Están situados en el tendón muscular que está entre las fibras musculares y su inserción en el hueso. Parece ser que son más sensibles y que intervienen en la regulación refleja durante el funcionamiento normal. Controlan sobre todo la tensión, siendo sensibles a la tensión en el complejo músculo-tendón y operan como un indicador de la intensidad del esfuerzo.<sup>13</sup> (tabla1)

Huso neuromuscular	Órgano tendinoso de Golgi
Control de longitud del músculo	Control de tensión muscular
Mantenimiento del tono muscular y postura	Receptores sensoriales inhibitorios
Ejecución del movimiento.	Función protectora



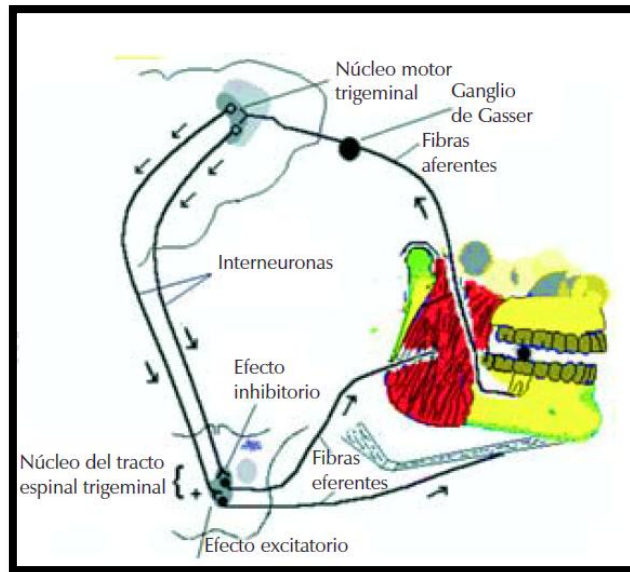
**Fig.13** a) Vientre muscular, b) huso neuromuscular, c) órgano tendinoso de Golgi

## 8. Actividades reflejas relacionadas con los receptores sensoriales

Las conexiones reflejas se establecen tanto desde el núcleo sensitivo principal y espinal, como del núcleo mesencefálico hacia el núcleo motor del V par. En el primer caso, las actividades reflejas son desencadenadas por estímulos mecánicos más intensos, o cercanos al umbral nociceptivo, que actúan sobre los diferentes receptores de tacto y presión y, finalmente, dolor, los cuales se distribuyen en el territorio inervado por el trigémino. Y en el segundo caso, los reflejos pueden producirse en respuesta a estímulos de estiramiento muscular que comprometen los husos neuromusculares, o bien, a estímulos mecánicos menos intensos que actúan sobre los mecanorreceptores periodontales o sobre los receptores articulares.<sup>14</sup>

### 8.1 Reflejo inhibitorio

En la masticación existe un reflejo inhibitorio que actúa cuando mordemos y quebramos con fuerza un trozo de alimento duro; se enfrenta una gran fuerza muscular contra solamente el peso de la mandíbula (500 gr aproximadamente) lo cual provoca que la mandíbula adquiera una gran velocidad y que los dientes inferiores choquen contra los superiores con violencia como para fracturarlos. Dada la corta distancia y la alta velocidad involucrada, el tiempo disponible para un frenado voluntario resultaría insuficiente, esto no ocurre gracias a la intervención del reflejo inhibitorio, que actúa bloqueando la actividad motora de los músculos elevadores de la mandíbula ante la llegada repentina de información aferente. Lo cual implica que si el reflejo existe para prevenir situaciones de esfuerzo muscular innecesario, entonces estaría perturbado en el bruxismo o en la disfunción temporomandibular.<sup>15</sup> (fig.14)<sup>16</sup>



**Fig.14** Esquema representativo del reflejo inhibitorio.

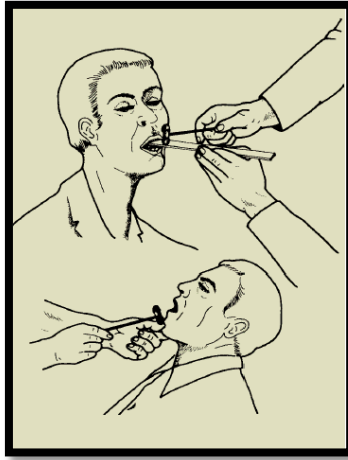
## 8.2 Reflejo maseterino

También se conoce como reflejo de la mandíbula, reflejo mandibular o reflejo masetero (RM). Corresponde al reflejo de estiramiento repentino del músculo masetero, desencadenado por un golpe suave hacia abajo sobre el mentón con un martillo patelar o de reflejos, estando el sujeto en posición postural mandibular, la respuesta es una suave contracción del masetero. El RM posee conexiones nerviosas únicas, diferentes de las exhibidas por otros reflejos monosinápticos humanos.<sup>13, 14</sup>

El RM inducido por un golpe en la barbilla fue descrito por primera vez por Morris James Lewis en 1885<sup>17</sup>, ha sido atribuido por algunos de manera errónea a De Watteville quien lo reportó en 1886<sup>18</sup>. Contribuye en los seres humanos a darle estabilidad funcional a la mandíbula y sus movimientos asociados.<sup>19</sup> El valor clínico de la sacudida del tendón mandibular generalmente se limita a la distinción entre la reacción normal y rápida, porque en sujetos sanos el movimiento de la mandíbula es detectable.<sup>14, 20</sup>

En la práctica clínica, se puede obtener este reflejo al introducir un abatelenguas en la boca, apoyarlo en la arcada dentaria inferior y percutir sobre él. Otra forma de valorar este reflejo se obtiene cuando el sujeto mantiene la boca entreabierta y,

mientras está en esa posición, se le percute con el martillo de reflejos el mentón o, también, se pone un dedo índice transversalmente debajo del labio inferior, y sobre él se percute con el martillo de reflejos.(fig.15)<sup>21</sup>



**Fig.15** Exploración del reflejo masetérico.

La respuesta, en cualquiera de los casos, deberá ser siempre la elevación de la mandíbula.<sup>22</sup> Este reflejo se califica de manera visual y subjetiva: si está ausente, si está presente y se considera normal, o si se encuentra exaltado.<sup>23</sup> Este reflejo es el único reflejo mandibular monosináptico. Cuando el músculo masetero sufre una distensión rápida, se desencadena este reflejo de protección que causa una contracción del músculo distendido.<sup>4</sup>



## 9. DISFUNCIÓN TEMPOROMANDIBULAR Y DOLOR MIOFASCIAL

---

Los TTMs se refieren a una serie de condiciones generales y orofaciales que afectan la fisiología de la ATM y a los músculos de la masticación, así como los tejidos contiguos.<sup>24</sup>

Los signos y síntomas de los TTMs pueden ser diversos síntomas como el dolor de los músculos masticatorios y suprahioides a la palpación o durante la masticación. Clínicamente podemos encontrar una función alterada de la mandíbula, maloclusión, desviación o deflexión mandibular, limitación de apertura, ruidos articulares, molestias neurológicas como cefalea, dolor facial difuso, otalgia, tinnitus, así como cambios visuales pueden acompañar a los TTMs.<sup>25</sup>

Los TTMs se pueden subdividir en muscular y articular, la diferencia entre estos dos a menudo es difícil debido a que los trastornos musculares pueden imitar trastornos articulares y ambos pueden coexistir.<sup>26</sup> (tabla 2)

Trastorno muscular	Trastorno articular
Mialgia	Sinovitis
Fibromialgia	Capsulitis
Mioespasmo	Derrame articular
Contractura	Trauma/fractura
Tendinitis	Trastornos internos
Lesiones de latigazo cervical	Artritis, osteoporosis, osteoartritis
	Neoplasias

(Tabla 2)

### 9.1 Epidemiología de los TTMs

Los datos epidemiológicos se basan en el índice de Helkimo<sup>27</sup> presentado en 1979, que consta de tres componentes<sup>25</sup>:

A) Índice para desórdenes clínicos, que evalúa el deterioro en el rango de movimiento mandibular, deterioro en la función de la ATM, dolor durante el movimiento mandibular, dolor muscular o en la articulación.

B) Índice anamnésico, se obtiene a través de un interrogatorio que determina si el paciente está asintomático o presenta síntomas y disfunción en el sistema masticatorio; síntomas leves de disfunción, sonidos de la ATM, sensación de fatiga de la mandíbula al despertar o en el movimiento de apertura mandibular; desórdenes severos como la dificultad para la apertura bucal, al deglutir, dolor por movimiento mandibular, dolor en la región de la ATM o de los músculos masticadores.

C) Estado oclusal, que valora el número de dientes en oclusión, presencia de interferencias oclusales y en la articulación.

Con este índice se han realizado estudios que han dejado de manifiesto la alta incidencia y prevalencia de estos trastornos en la población mexicana.<sup>25</sup> En un estudio realizado en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM, durante el periodo de 1992 a 1999, se estimó la prevalencia de signos y síntomas asociados con desórdenes temporomandibulares en una población mexicana de 654 pacientes (485 mujeres y 169 hombres). Cada uno fue entrevistado utilizando la historia clínica de ATM basada en el índice para la disfunción clínica.<sup>28</sup>

Los resultados mostraron que la edad promedio de los pacientes fue de 32 años. Se encontró que 224 mujeres y 93 hombres padecían bruxismo (49.25% del total de la población estudiada), mientras que 337 pacientes no.

Al evaluar clínicamente el dolor en la ATM, 51.53% (269 mujeres y 68 hombres de los 654 pacientes) resultó afectada, mientras que 317 (48.47%) no presentaba dolor.

La ocupación de los pacientes evaluados se clasificó en siete grupos: profesionistas, estudiantes, amas de casa, obreros calificados, ejecutivos o técnicos, campesinos y jubilados o desempleados, y un grupo para aquellos que no contaban con este dato.

El mayor porcentaje correspondió a estudiantes, con 33% (220), seguido de las personas dedicadas al hogar, con 26% (170), y los obreros calificados con 15.9% (104).

En el estudio mencionado se encontró que existe una fuerte relación entre el sexo, la intensidad de dolor y hábitos parafuncionales como bruxismo, ya que hubo una mayor prevalencia en la población femenina.<sup>28</sup>

En diversos estudios, se ha encontrado mayor número de pacientes femeninos que sufren TTMs, se ha examinado el papel de los estrógenos en la etiología de mialgias masticatorias, debido a que esta afección es más grave en mujeres que en hombres, y que es más frecuente en mujeres de edad reproductiva ha llevado a una mayor investigación.<sup>26</sup> Rugh<sup>29</sup> informa que la ansiedad y depresión son problemas comunes que pueden encontrarse presentes en estos pacientes, en un porcentaje de hasta 26%.

Los TTMs hacen referencia a un grupo de condiciones de disfunción y dolor, cuyas etiologías son únicas y complejas, de tal forma que pueden afectar varios aspectos del sistema masticatorio.<sup>30</sup> (esquema 1)



**Esquema 1.** Círculos viciosos patológicos interactuando en pacientes con disfunción temporomandibular. (Cortesía Dr. F. Ángeles)

Los pacientes con bruxismo exhiben desgaste dental, fatiga muscular de los músculos mandibulares y faciales, sensibilidad dental, dolor o hipertrofia del músculo masetero.<sup>31</sup>

Hay evidencia de que los TTMs constituyen un grupo de enfermedades crónicas que los profesionales de la salud les resulta difícil de diagnosticar y entender con cierto grado de destreza. Sin un diagnóstico claro en la atención del paciente, este puede comenzar a desarrollar sus propias explicaciones para sus síntomas y a menudo comienzan a preocuparse de su condición patológica, aumentando significativamente los niveles de ansiedad y en consecuencia exacerbar los síntomas.<sup>32</sup>

Por lo tanto, entender la fisiopatología de los trastornos degenerativos de la ATM es importante para la comprensión de la etiología, diagnóstico, y el tratamiento de los trastornos internos y osteoartrosis de la ATM. Los cambios degenerativos en la ATM se cree que resulta de la remodelación disfuncional, debido a una disminución de la capacidad de adaptación de las superficies articulares y / o sobrecarga funcional de la articulación que excede la capacidad de adaptación normales.<sup>33</sup>

## 10. FÉRULA OCLUSAL

La férula o guarda oclusal es un aparato removible, generalmente confeccionado en resina acrílica, incolora, química o térmicamente activada, que recubre las superficies incisales y oclusales de los dientes en uno de los arcos dentarios para crear un contacto oclusal adecuado de los dientes antagonistas y una mejor relación cóndilo-disco.<sup>34</sup> Las férulas oclusales tienen varios usos, uno de los cuales es proporcionar de manera temporal una situación oclusal que permita a la ATM adoptar una posición articular más estable ortopédicamente.<sup>4</sup> En odontología se utilizan varios tipos de férulas. Cada uno va destinado a eliminar un factor etiológico específico.<sup>4</sup> Varios autores describen diversos tipos de férulas oclusales y establecen clasificaciones según sus características y finalidad.<sup>34</sup> Dawson<sup>35</sup> estableció la siguiente clasificación. (tabla 3)<sup>34, 35, 36</sup>

Férula permisiva	Férula directiva
<p>Los cóndilos quedan libres sin restricciones de movimiento. Proyectadas para desbloquear la oclusión y eliminar el contacto de las vertientes oclusales que ocasionan el desvío de los dientes.</p>	<p>Tiene como finalidad posicionar la mandíbula en una relación específica con el maxilar, alineando cóndilo y disco. Posiciona la mandíbula en protusiva, para que el cóndilo pueda relacionarse con el disco, en vez de quedarse situado en una posición posterior a él. Se puede situar en la arcada maxilar o mandíbula.</p>
<p><i>Férula relajante (de estabilización). De cobertura total.</i></p> <p>Se describirá más adelante en esta sección.</p>	<p><i>Férula de reposicionamiento anterior.</i> Dirige el cóndilo a funcionar en el disco y evitar la carga sobre los tejidos retrodiscales. Este tipo de férula se usa para alteraciones internas relacionadas con una mala relación en el ensamblaje del disco con el cóndilo.</p>
<p><i>De cobertura posterior.</i> Conocida como de descarga, produce importantes modificaciones en la dimensión vertical y en el reposicionamiento mandibular sus partes activas son en los premolares y molares.</p>	

(Tabla 3)

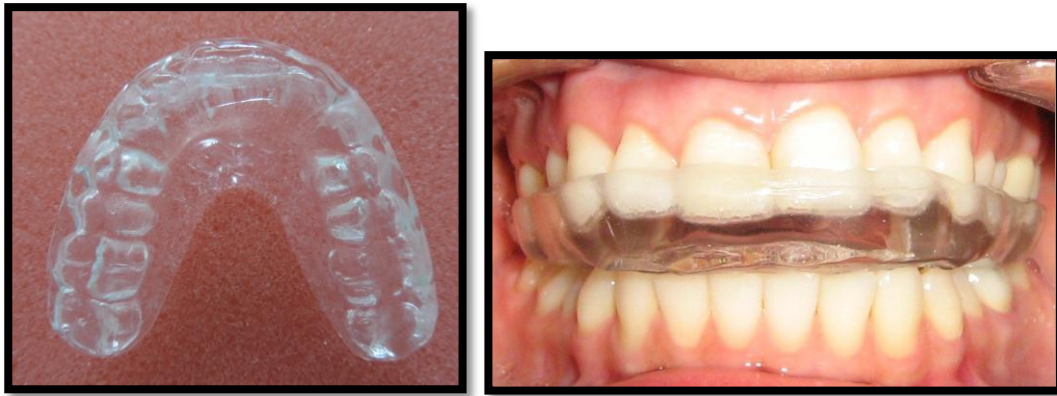
Todos los tipos de férulas tienen objetivos y funciones en común<sup>36</sup>:

- Estabilización oclusal y articular.
- Eliminación de interferencias oclusales.
- Reducción de la actividad parafuncional de los músculos masticadores.
- Protección de los dientes contra excesivos desgastes.
- Efecto placebo.
- Proporcionar descanso a los tejidos afectados.
- Distribuir fuerzas entre varios dientes.

Existen cinco teorías que explican cuál es el mecanismo de acción de las férulas.<sup>36</sup>

- Teoría oclusal de contactos adversos: propone que la colocación de un aparato con las relaciones oclusales apropiadas reemplacen las relaciones oclusales inadecuadas ya existentes temporalmente.
- Teoría de la dimensión vertical: teoría basada en la idea de que es necesario restaurar la oclusión con una adecuada dimensión vertical para lograr una actividad del músculo apropiada.
- Teoría de la reposición maxilomandibular: propone colocar a la mandíbula en una posición estable, libre de interferencias (puntos prematuros de contacto) con el uso de la férula oclusal.
- Teoría de la reposición de la ATM: propone un cambio de la posición del disco articular para mejorar la función de la articulación y eliminar los síntomas presentes.
- Teoría del conocimiento cognoscitivo: menciona que la presencia de cualquier dispositivo dentro de la boca del paciente es un recordatorio del paciente para alterar los modelos de conducta anteriores influyendo en la percepción del paciente sobre las posiciones o actividades inadecuadas.

La férula de estabilización proporciona una oclusión estable, libre de contactos y en la superficie oclusal de la férula debe ser plana y lisa siguiendo las curvas de oclusión. Está indicada en: terapia complementaria del bruxismo, disfunción de la articulación temporomandibular, artritis aguda a crónica de la articulación temporomandibular e hipomovilidad mandibular.<sup>36</sup> (fig.16)<sup>(Fuente directa:FD)</sup>

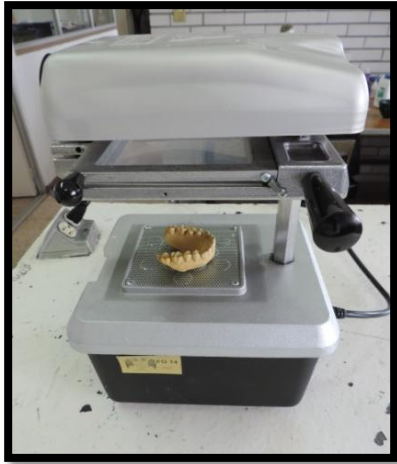


**Fig.16** Férula oclusal de estabilización deacrílico transparente realizada para pacientes con TTM en el Laboratorio de Fisiología del DEPel UNAM. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

### 10.1 Férula Oclusal Fisiológica

La Férula oclusal fisiológica (FOF) es un dispositivo ortopédico diseñado específicamente para el control y evaluación de los TTM del paciente que acude al Laboratorio de Fisiología de la DEPel.

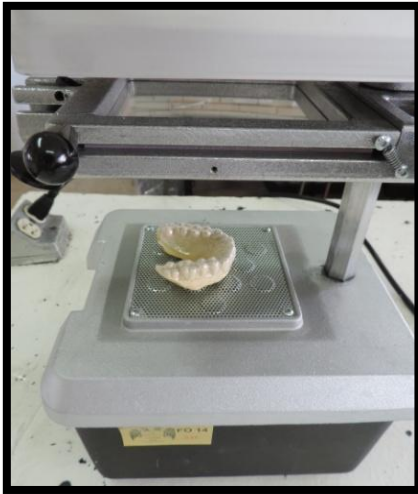
Es una técnica diseñada por el equipo de trabajo del personal académico del Lab. de Fisiología, para conocer el grado de alteración funcional muscular de los pacientes que acuden con trastornos de la articulación temporomandibular. Se elabora con un acetato resiliente de .060 y sobre éste con un recubrimiento de acetato rígido (PVC) de .080, termomoldeados (Vacuum) sobre un modelo de estudio dental maxilar, que corresponde a cada uno de los pacientes de estudio, considerando que este material cumple con las características requeridas que permiten adaptarse con mayor facilidad a la boca del paciente y también el poder incorporar material deacrílico autopolimerizable y ajustar dependiendo de las necesidades electromiográficas de cada paciente. (fig. 16.1 a 16.9)<sup>FD</sup>



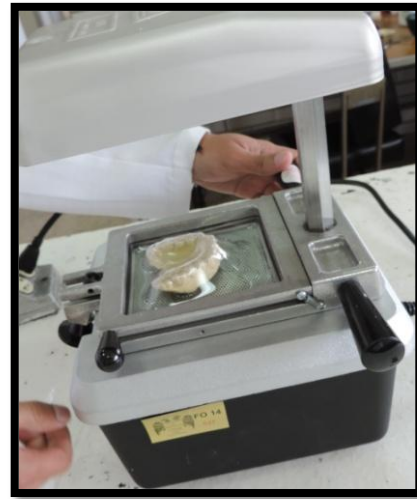
**Fig. 16.1** Modelo maxilar del paciente.



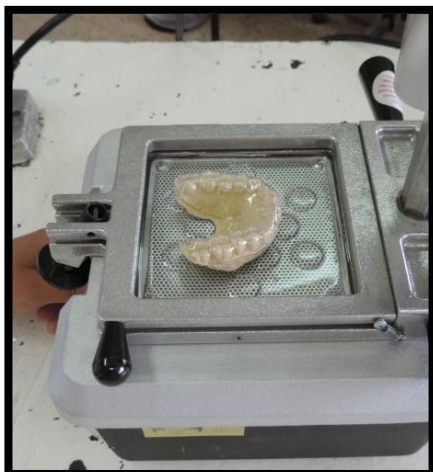
**Fig. 16.2** Conformación del acetato



**Fig. 16.3** Modelo maxilar con acetato resiliente adaptado y recortado.



**Fig. 16.4** Conformación de acetato rígido.



**Fig. 16.5** Modelo maxilar con ambos acetatos.



**Fig. 16.6** Recorte de acetato rígido.





**Fig. 16.7** Recorte del excedente del acetato rígido con disco de de carburo.



**Fig. 16.8** Pulimento de la férula.



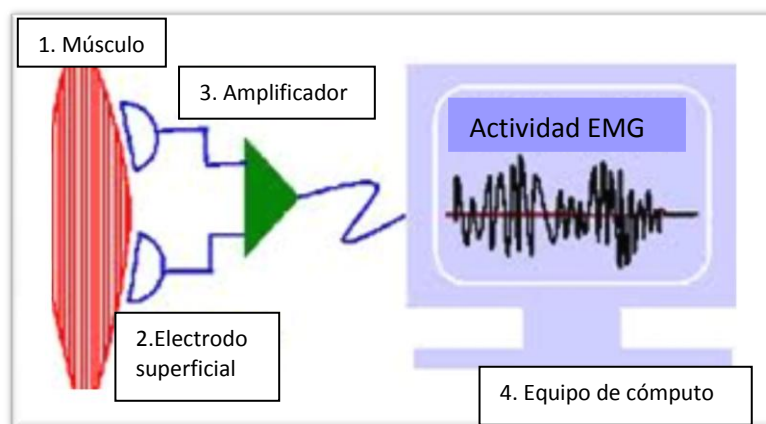
**Fig. 16.9** Férula oclusal fisiológica lista para ser probada en la arcada maxilar del paciente.

## 11. ELECTROMIOGRAFÍA

La electrónica es la rama científico técnica que ha hecho las aportaciones más espectaculares en la instrumentación biomédica en los últimos años. La aplicación de la electrónica a las diversas facetas de las ciencias biológicas y médicas ha dado lugar a la consolidación de una serie de disciplinas teóricas y tecnológicas que configuran el campo de la Bioelectrónica.<sup>37</sup>

La instrumentación biomédica trata sobre los instrumentos empleados para obtener información para aplicar energía a los seres vivos, y también a los destinados a ofrecer una ayuda funcional o a la sustitución de funciones fisiológicas.<sup>37</sup> En 1949 el Electromiógrafo comenzó a utilizarse en odontología en los estudios realizados por Moyers<sup>38</sup> en pacientes con trastornos de la ATM y en desarmonías oclusales.

La electromiografía (EMG) consiste en el registro de las variaciones de voltaje producidos en las fibras musculares como expresión de la despolarización de sus membranas celulares.<sup>39</sup> (fig.17)<sup>40</sup>

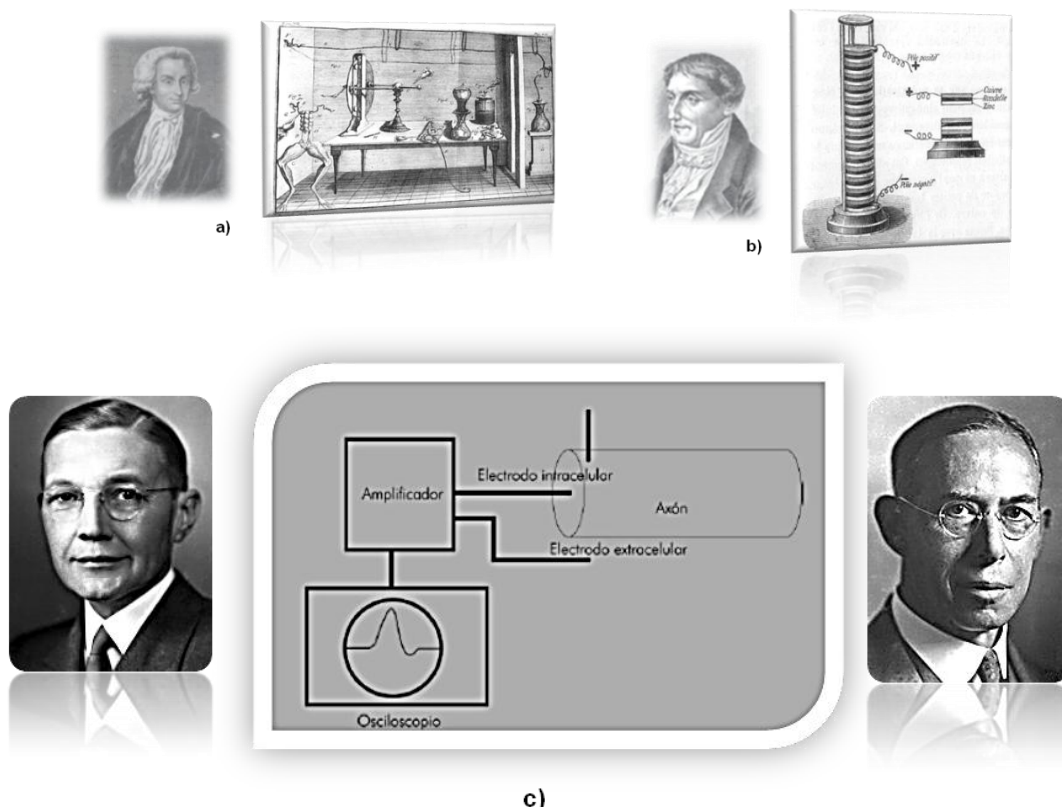


**Fig. 17** Imagen representativa de una EMG, la actividad de las fibras musculares (1) es captada mediante electrodos de superficie (2), la señal es amplificada (3) y transportada a un computador (4) para observar el registro obtenido.

### 11.1 Antecedentes y desarrollo histórico de la Electromiografía.

El tema del desarrollo de la EMG se puede remontar a 1600, cuando Redi documentó que un músculo especializado era la fuente de energía de peces eléctricos. No fue sino hasta 1790 que Galvani obtuvo evidencia directa de la relación entre la contracción muscular y la electricidad. En 1792 Volta, desarrollo una herramienta poderosa que podría ser utilizada tanto para generar electricidad y para estimular el músculo. (fig. 18a y 18b)<sup>41, 42</sup> Fue hasta principios de 1800 que el galvanómetro, una herramienta para medir corrientes eléctricas y la actividad muscular, se inventó.<sup>43</sup>

Para la década de 1920 Pratt comenzó a demostrar que la magnitud de la energía asociada con la contracción del músculo se debía al reclutamiento de fibras de músculos individuales. En la década de 1920, Gasser y Erlanger utilizaron el osciloscopio de rayos catódicos recién inventados para mostrar las señales de los músculos. Esta hazaña les valió el Premio Nobel en 1944.<sup>43</sup> (fig.18c)<sup>41, 42</sup>



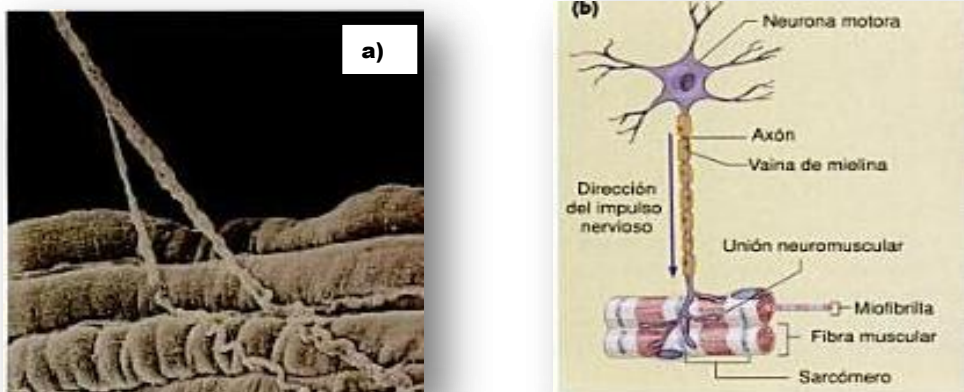
**Fig.18 a)** Luigi Galvani (1737-1798) y su laboratorio. **b)** Alessandro Volta (1745-1827) pila de Volta. **c)** Invención en neurofisiología Herbert Gasser y Joseph Erlanger. Premio nobel 1944.

## 11.2 La Fisiología en el uso de la Electromiografía

La EMG permite el estudio de las señales eléctricas que se originan cuando se despolariza la membrana de las fibras musculares durante su contracción y registra los cambios en el potencial de acción de las unidades motoras.<sup>44</sup> Las fibras musculares son inervadas por una única fibra nerviosa que se denomina unidad motora. En general los músculos pequeños que reaccionan rápidamente y cuyo control debe ser exacto tienen más fibras nerviosas para menos fibras musculares (por ejemplo el músculo masetero). Por el contrario, los músculos grandes que no precisan de un control fino, pueden tener varios centenares de fibras musculares en una unidad motora.<sup>7</sup>

Las fibras musculares de todas las unidades motoras no están agrupadas entre sí en el músculo, sino que se superponen a otras unidades motoras en microfascículos de 3 a 15 fibras. Esta interdigitación permite que las unidades motoras separadas se contraigan cooperando entre sí y no como segmentos totalmente individuales.<sup>45</sup> (fig. 19)<sup>45</sup>

La electromiografía de superficie (EMG-s) tiene una historia larga en la aplicación del estudio de la anatomía muscular mandibular. La musculatura normal mandibular y saludable puede trabajar tanto al contacto como con la fuerza adecuada, de manera coordinada y a la vez relajarse durante el reposo mandibular.<sup>24</sup>

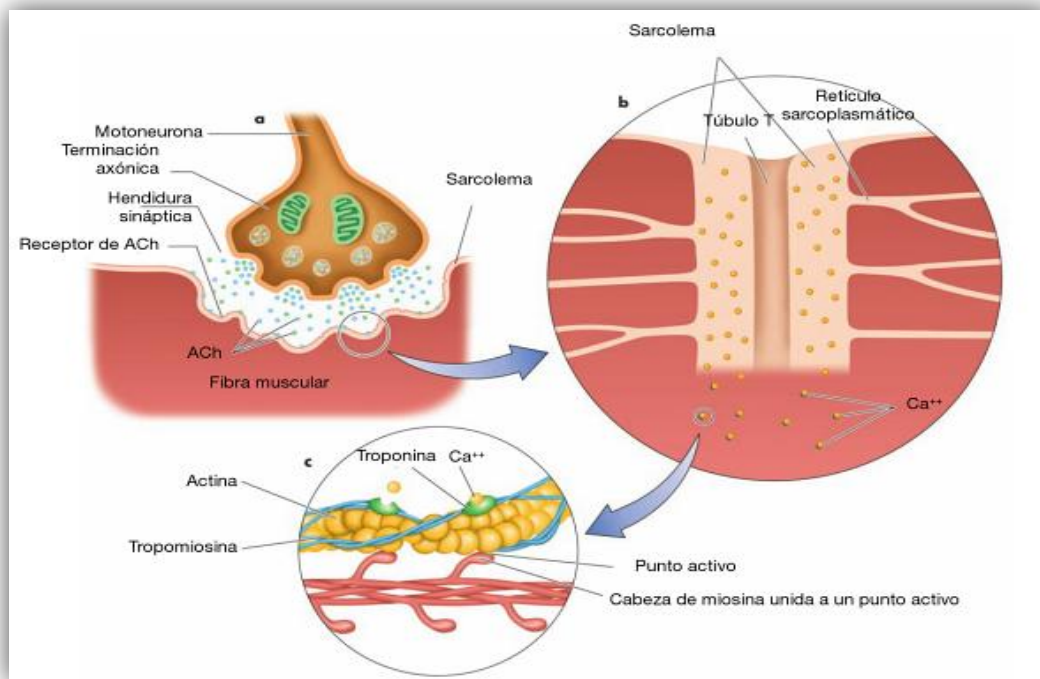


**Fig.19 a)** Microfotografía electrónica de barrido que muestra el axón de una neurona motora que se ramifica sobre tres fibras musculares esqueléticas (unidad motora). **b)** En la neurona motora, la información es recibida por las dendritas y el cuerpo celular que llevan la señal al cono axónico. El potencial de iniciado allí viaja a lo largo del axón, que está aislado por una vaina de mielina compuesta por las membranas de las células de Schwann. El axón de cada neurona motora se ramifica; cada rama forma una unión neuromuscular con una fibra. La neurona motora y las numerosas fibras musculares que inerva se conocen como una unidad motora.

### 11.2.1 Mecanismo general de la contracción muscular

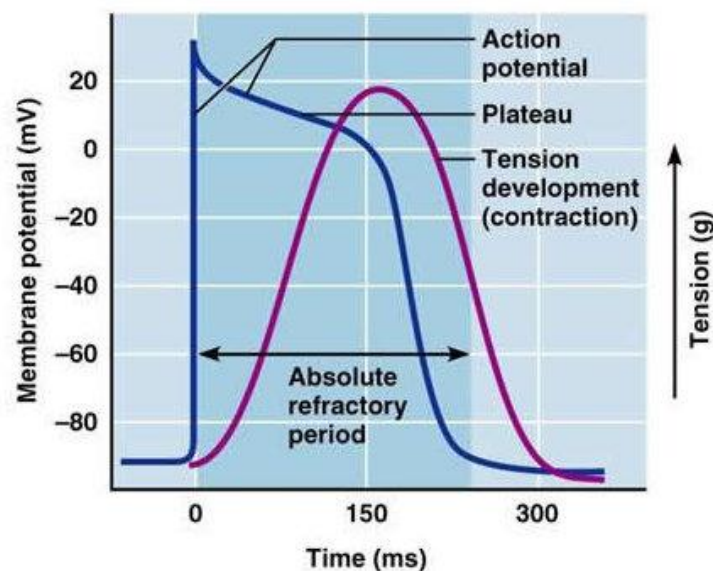
El inicio de la contracción muscular se produce en las siguientes etapas secuenciales<sup>7</sup> (fig.20)<sup>13</sup>:

1. Un potencial de acción viaja a lo largo de una fibra motora hasta sus terminales sobre las fibras musculares.
2. En cada terminal, el nervio secreta una pequeña cantidad de la sustancia neurotransmisora acetilcolina.
3. La acetilcolina (ACh) actúa en una zona local de la membrana de la de la fibra muscular para abrir múltiples canales de cationes, activados por acetilcolina a través de moléculas proteicas que afloran la membrana.
4. La apertura de los canales activados por acetilcolina permite que grandes cantidades de iones de sodio difundan hacia el interior de la membrana de la fibra muscular. Esto provoca una despolarización local, que a su vez conduce a la apertura de los canales de sodio activados por el voltaje. Esto inicia un potencial de acción en la membrana.
5. El potencial de acción viaja a lo largo de la membrana de la fibra muscular.
6. El potencial de acción despolariza la membrana muscular, y buena parte de la electricidad del potencial de acción fluye a través del centro de la fibra muscular, donde hace que el retículo sarcoplásmico libere grandes cantidades de iones calcio que se han almacenado en el interior de este retículo.
7. Los iones calcio inician fuerzas de atracción entre los filamentos de actina y miosina, haciendo que se deslicen uno sobre otro en sentido longitudinal, lo que genera un proceso contráctil.
8. Después de una fracción de segundo los iones calcio son bombeados de nuevo hacia el retículo sarcoplásmico por una bomba de  $\text{Ca}^{++}$  de la membrana y permanecen almacenados hasta un nuevo potencial de acción.



**Fig.20** Secuencia de acontecimientos que conducen a una contracción muscular a) Una motoneurona libera ACh que se fija a los receptores en el sarcolema. Si se une suficiente ACh, se genera un potencial de acción en la fibra muscular. b) El potencial de acción activa los iones calcio (Ca<sup>++</sup>) del retículo sarcoplásmico al sarcoplasma. c) El Ca<sup>++</sup> se une a la troponina sobre el filamento de actina.

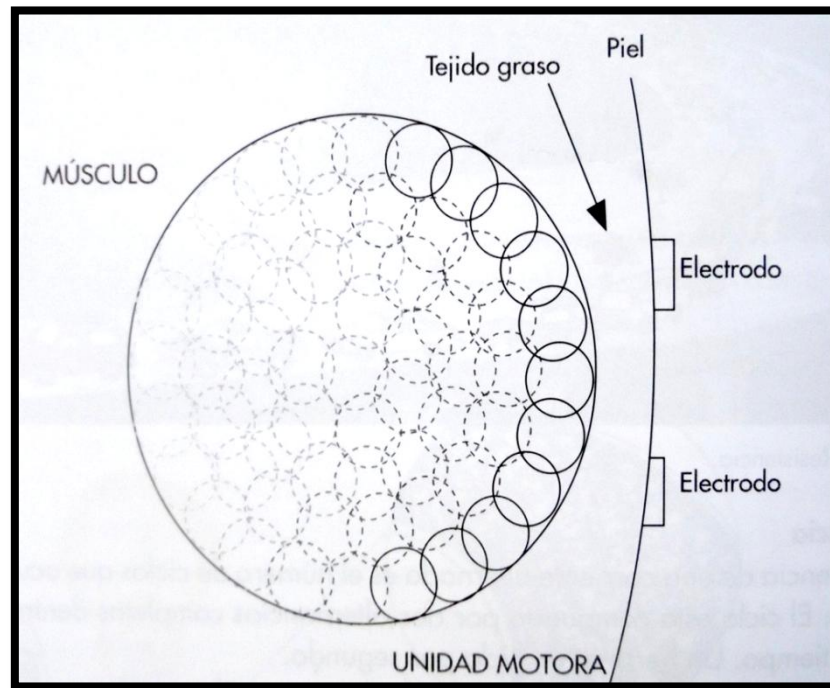
El músculo normal en reposo no muestra ninguna actividad eléctrica, pero cuando existe una actividad voluntaria leve se observan potenciales de acción en la unidad motora. (fig.21)<sup>46</sup> El potencial de acción de la unidad motora se obtiene al examinar el músculo mediante electrodos de aguja o superficie.<sup>46</sup>



**Fig. 21** Potencial de acción de una unidad motora.



La energía generada por el músculo tiene un pequeño valor y es medida en microvoltios (millonésima parte de un voltio). En esencia la EMG-s no es más que un voltímetro muy sensitivo.<sup>5</sup> (fig.22)<sup>5, 42</sup>



**Fig. 22** Cada círculo representa el territorio de una fibra muscular asociado con una unidad motora. Los círculos más sólidos más cercanos a la superficie de la piel y por lo tanto más cerca al área de grabación de los electrodos de superficie contribuyen más fuertemente a la señal electromiográfica. Los círculos más suaves son los que están más lejos del área de grabación de los electrodos y contribuyen menos a la grabación de la señal electromiográfica.

Kreiner<sup>47</sup> reporta la exploración electrofisiológica de las células excitables del organismo resulta de gran utilidad diagnóstica en diversas áreas médicas y odontológicas. La EMG-s estudia la actividad eléctrica de los músculos durante la contracción y brinda información importante acerca de su funcionamiento.

La captación de los potenciales de acción de las unidades motoras se realiza por medio de electrodos, de los cuales existen dos tipos: uno es el electrodo de aguja, en la cual se introduce bajo la piel. (fig.23)<sup>48</sup> También contamos con los electrodos de superficie los cuales se adhieren sobre la piel, estos se colocan previa limpieza con alcohol etílico para bajar la impedancia de la piel y mejorar el contacto del gel bioadhesivo que contienen estos electrodos (fig.24)<sup>FD</sup>



**Fig.23** Electrodo de aguja para registro electromiográfico.



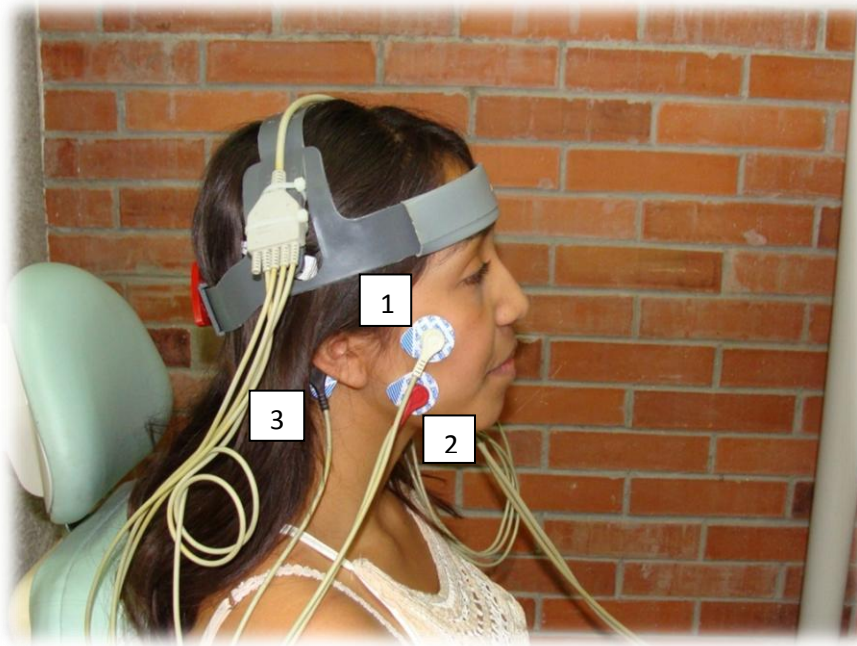
**Fig.24** Electrodo de superficie marca Kendall para la obtención de registro electromiográfico.

Con respecto al tipo de electrodo es más confiable para algunos investigadores como Yemm<sup>49</sup> (1977) y Takarada<sup>50</sup> (1990) en sus estudios utilizan electrodos de superficie para medir unidades motoras en bajos niveles de actividad electromiográfica. Mientras que Widmalm y Erickson<sup>51</sup> (1983), McMillan y Hannan<sup>52</sup> (1991), con el mismo objetivo, utilizan el electrodo de aguja. Por lo tanto no parece haber un consenso entre los autores sobre el tipo de electrodo debe ser utilizado. Consideramos que el electrodo de superficie haría ser más apropiado, ya que el electrodo de aguja podría aumentar la tensión y también sólo sería obtener datos de una pequeña región muscular.<sup>53</sup>

Con el uso de electrodos de superficie se trata de una técnica no invasiva, no se pincha en la piel ni el músculo, lo que permite la libre ejecución de movimiento, pero



capta la señal eléctrica contaminada de interferencias de músculos agonistas cercanos. En la medida de lo posible, se deben buscar posiciones que inhiban dicha musculatura.<sup>44</sup> (fig.25) <sup>FD</sup>



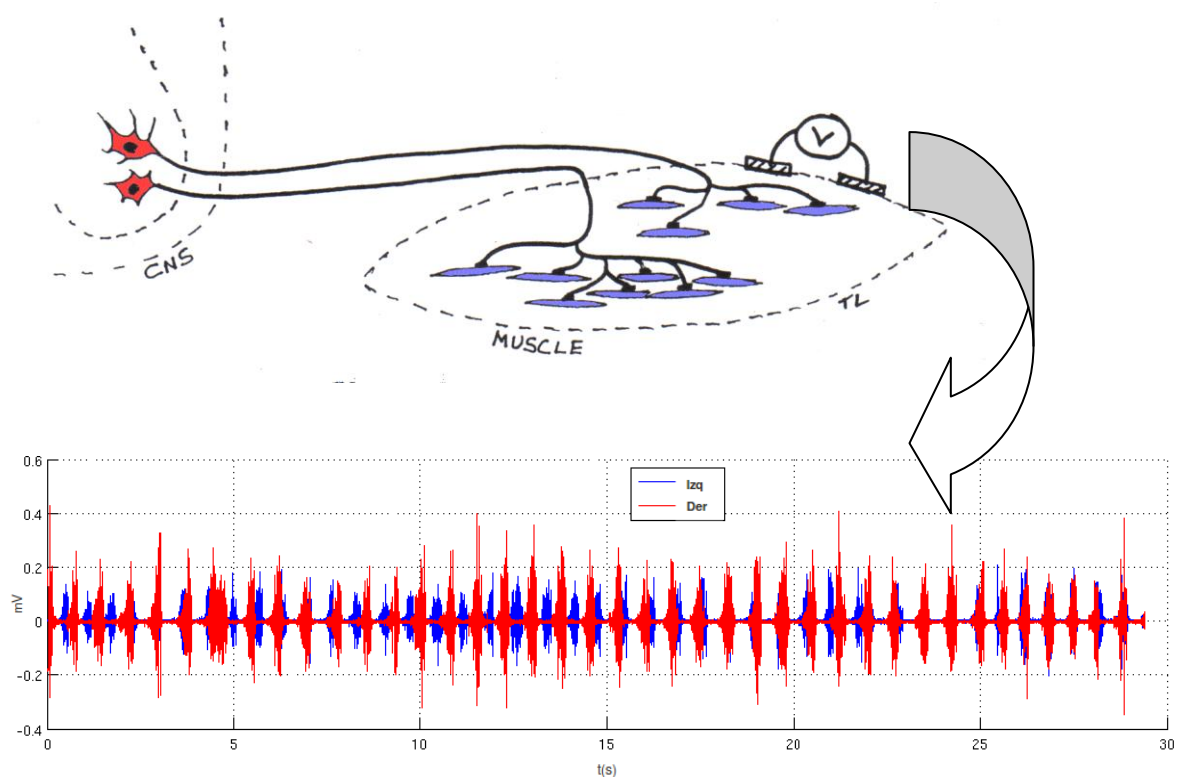
**Fig.25** Paciente femenino con tres electrodos superficiales colocados sobre los músculos masetero superficial, en su inserción en el arco cigomático (electrodo 1) y en el borde de la mandíbula (electrodo 2), y el tercer electrodo en la apófisis mastoides (electrodo 3). La paciente se encuentra cómodamente sentada en posición de reposo. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

Algunos autores como Robin<sup>54</sup> opinan que cada músculo mandibular tiene diferente función y regiones eléctricas. Por lo que la colocación de electrodos de superficie no representa más que la actividad de una pequeña región.

### 11.3 Amplificador de la señal electromiográfica

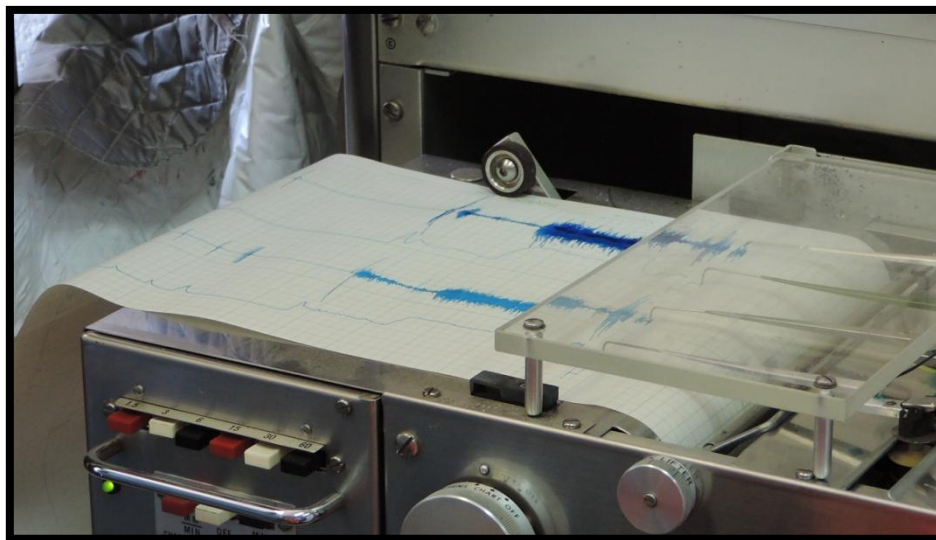
La señal electromiográfica es recibida por tres electrodos superficiales de cada lado (bilaterales) y llevada al amplificador. El sistema incluye una etapa de acoplamiento que permite la conexión de la salida del amplificador a la entrada de audio de la computadora.<sup>55</sup>

La señal obtenida por medio del Electromiógrafo se obtiene por la “sumación temporal”, al aumentar el esfuerzo durante la actividad muscular voluntaria, se incrementa la frecuencia de activación de las unidades motoras. (fig.26)<sup>55</sup> Y de la “sumación espacial” (la superposición de las señales de las nuevas unidades motoras que van entrando en actividad), se suele trabajar con microvoltios por segundo ( $\mu\text{V/s}$ ).<sup>44</sup>



**Fig.26** Imagen representativa de la actividad eléctrica registrada y colocada en un medio de exhibición.

La señal de la EMG-s es el registro de los potenciales eléctricos producidos durante la activación de un músculo. De modo que no proporciona el detalle de la actividad eléctrica de una célula muscular aislada, sino una información global de un conjunto de fibras musculares. (fig.27)<sup>FD</sup> A diferencia del electrocardiograma (ECG), la EMG-s es una señal que varía de momento a momento, por lo que se clasifica como “ruido” en el lenguaje usual de ingeniería eléctrica.<sup>16</sup>



**Fig.27** Obtención de EMG-s, este registro se realiza por medio de Polígrafo de Grass modelo 79 D, en la actualidad el desarrollo digital dejó de lado a estos equipos por la dificultad de mantenimiento. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

La amplificación permite eliminar frecuencias que sabemos que no proceden del músculo. Se filtran las señales con un paso alto de 5-20Hz para desestimar artefactos de baja frecuencia producidos por los tejidos. Para eliminar las altas frecuencias se utiliza filtro de paso bajo por debajo de 500-1000 Hz.<sup>44</sup> (fig.28)<sup>FD</sup>

La actividad muscular se estudia no sólo en función de la fuerza de contracción, sino también en función de la frecuencia de contracciones. Esta última es quizá la

valoración más importante ya que un músculo fatigado con menor frecuencia de contracciones producto de una inadecuada irrigación, déficit de energía y acumulación de productos de catabolismo celular, disminuye su capacidad de rendimiento, predisponiendo al paciente al dolor y disfunción miofascial.<sup>38</sup>



**Fig.28** Electromiógrafo digital durante un registro EMG-s. **a)** Paciente con la colocación de los tres electrodos de superficie bilaterales. **b)** Pantalla de retroalimentación visual para el paciente, con la cual también se hace partícipe activa visualizando su actividad muscular. **c)** Amplificador de la señal electromiográfica, que consta de dos gabinetes que reciben la señal de los electrodos de superficie, el primer gabinete se encarga de depurar la señal de los músculos y el segundo de amplificarla durante el registro. La señal es enviada a un equipo de procesamiento por medio de entrada de audio. **d)** Equipo de cómputo que procesa, analiza y almacena la información. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

#### 11.4 La electromiografía como complemento diagnóstico en pacientes con Trastornos temporomandibulares

Las últimas décadas han anunciado grandes avances tecnológicos y científicos en el campo de la Odontología. Investigaciones científicas han aumentado el entendimiento de entidades patológicas del sistema estomatognático.<sup>9</sup>

En la práctica odontológica, la EMG-s es usada principalmente para evaluar pacientes con TTM, dolor ó disfunción de los músculos mandibulares y dolores de cabeza de tipo tensional. Así como la aplicación a los pacientes con necesidades de rehabilitación bucal. En este tipo de casos, un objetivo es el grado de estimulación de la actividad en un área donde es crítica la interacción entre los dientes y sus antagonistas que actúan durante los movimientos mandibulares.<sup>24, 56, 57</sup>

De acuerdo con Fernandes<sup>58</sup> se ha observado que el bruxismo durante el sueño muestra una asociación con los TTMs, así como mayor riesgo de desarrollo de TTMs. El bruxismo puede ser considerado como un importante factor de iniciación y perpetuación del dolor.

Varias filosofías han visto a los TTMs en un ámbito reducido, promulgando factores únicos como la causa primaria de cualquier o de toda las subcategorías de dolor miógeno y atrógeno. Aunque los signos y síntomas de trastornos del sistema masticatorio son frecuentes, puede resultar muy complejo comprender su etiología.<sup>4,9</sup> Sin embargo, la evaluación de estas alteraciones a través de la observación visual y palpable no siempre es suficiente cuando se está realizando un diagnóstico de disfunción muscular. La EMG-s es un método fiable disponible para el registro objetivo de la función muscular de un paciente.<sup>24</sup>

En un estudio realizado por Visser<sup>59</sup> de 60 pacientes sanos comparado con 61 pacientes con TTMs, se elaboraron registros de EMG-s a cada paciente de los músculos maseteros y temporales. Se reportó una baja actividad electromiográfica de los músculos maseteros, en los pacientes con TTMs. A diferencia de los músculos temporales en donde no se encontró significancia estadística. Como



conclusión fue asociada la presencia de TTMs con la disminución de la actividad muscular masetérica.

Se han encontrado diferentes registros en los niveles de EMG-s de los músculos masticatorios en pacientes con TTMs, dolor facial ó algún tipo de alteración artrógena.<sup>60</sup> En general, la intervención a pacientes con TTMs tiene por objetivo reducir la hiperactividad muscular en frecuencia, intensidad y / o duración, en los individuos que tienen dolor miofacial.<sup>61</sup>

Solberg y cols.<sup>62</sup> realizaron otro estudio en ocho sujetos con bruxismo confirmado, se les colocó una férula oclusal Michigan, usando un equipo de EMG-s portátil para medir la actividad muscular masetérica durante toda la noche que los pacientes dormían en su hogar. Los resultados mostraron una disminución inmediata en la actividad muscular masetérica nocturna después de la inserción de la férula oclusal. Una vez que las férulas se retiraron los valores electromiográficos fueron devueltos inmediatamente a los niveles previos al tratamiento, excepto en un paciente, indicando que el bruxismo nocturno puede reducirse significativamente a través tratamiento con férulas oclusales estabilizadoras. Aunque la reducción parece ser inmediata, no es permanente. Puede ser que la terapia por medio de férula se traducirá en una reducción más inmediata de la actividad en pacientes bruxistas pero no la más duradera después de la eliminación de la férula.

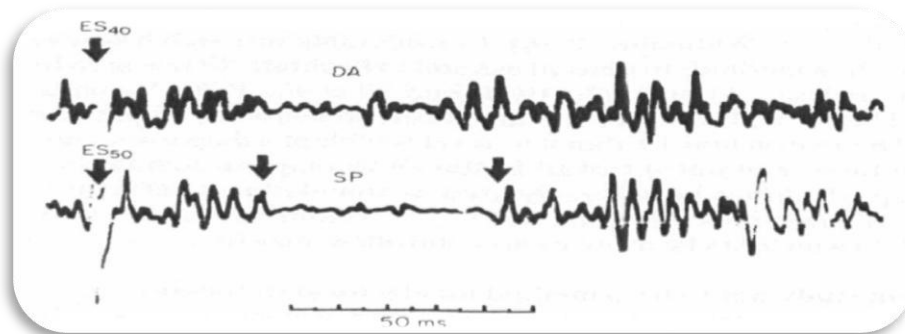
El diagnóstico y la planificación del tratamiento del bruxismo es cada vez más relevante en la odontología, debido a muchas enfermedades degenerativas bucales que parecen estar relacionados con la excesiva carga biomecánica ejercida por las fuertes actividades de los músculos masticatorios durante el bruxismo.<sup>31</sup>

## 11.5 Actividades reflejas registradas por medio de la EMG-s

### 11.5.1 Reflejo inhibitorio

Cuando se realiza un electromiograma en la que se provoca el desencadenamiento de un reflejo, se obtiene un reflexigrama, el cual permite analizar el comportamiento bioeléctrico de dicho músculo.<sup>47</sup> Para la obtención de un reflejo, el cual puede ser observado durante un registro electromiográfico se utiliza un estímulo<sup>63</sup> pudiendo ser de tipo acústico, un golpecito en la barbilla durante el apretamiento dentario del paciente (contracción sostenida), una estimulación aplicada en la superficie de la

lengua o en el vientre del músculo masetero.<sup>64</sup> En el registro se observa una transitoria, relativa, o absoluta disminución de la actividad EMG provocada por uno de los estímulos mencionados. Varios factores están implicados en la disminución de la actividad EMG, incluyendo la inhibición de motoneuronas.<sup>63</sup> (fig.29)<sup>63</sup>



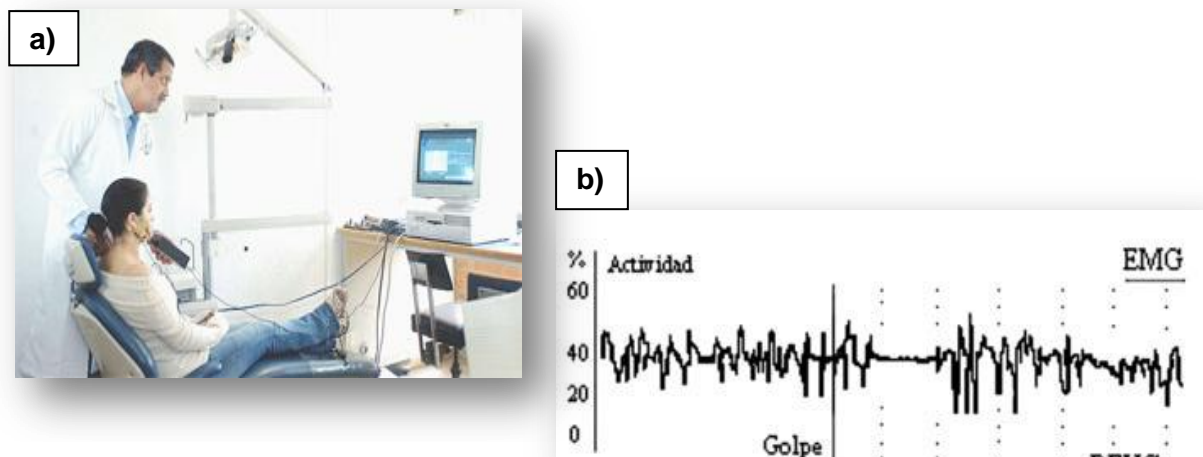
**Fig.29** Un estímulo de 40V (inicio en la flecha ES40) de la piel sobre el músculo masetero derecho provoca una depresión de la actividad (DA), mientras que un estímulo más fuerte de 50V (inicio en la flecha ES50) provoca un período de silencio (SP), comprendido entre las flechas. Ambas grabaciones son del masetero derecho.

El periodo de silencio (PS) consiste en una respuesta refleja, representada gráficamente por una inhibición transitoria de la actividad EMG de los músculos elevadores de la mandíbula. La aparición de este PS electromiográfico, ha sido observado en asociación con los contactos dentarios o durante la fase oclusal de los ciclos masticatorios y deglutorios.<sup>14</sup>

Una probable explicación del significado fisiológico del PS podría ser la siguiente: cuando los músculos elevadores elevan la mandíbula para llegar al contacto de oclusión dentaria y coincidente con el paso de una contracción de tipo isotónica a isométrica, se produciría un breve “reset” del nivel excitabilidad de las motoneuronas elevadoras como resultado de la información aferente inhibitoria periodontal y propioceptiva, y que se grafica por una respuesta refleja de inhibición transitoria de la actividad electromiográfica de los músculos elevadores de la mandíbula. Esto significa en último término, la existencia de un proceso nervioso destinado probablemente a borrar o suprimir brevemente la actividad motoneuronal con el objeto de lograr una activación simultánea de los músculos elevadores, y para así regular una posición de contacto oclusal mandibular estable durante la masticación y deglución. Algunos de los autores apoyan la hipótesis de que la actividad del órgano

de Golgi del tendón, juega un papel importante de masetero, pero otros asignan esta función a la pausa del huso neuromuscular.<sup>14, 64</sup>

Un considerable interés se ha centrado en el PS de la actividad electromiográfica de los músculos maseteros, que consiste en apretar sostenidamente y realizar una estimulación intraoral o facial, para utilizar dicha estimulación como herramienta de diagnóstico.<sup>65</sup> (fig.30)<sup>FD</sup>



**Fig.30 a)** Obtención en el Laboratorio de Fisiología un registro EMG con estimulación extraoral por medio de un golpecillo en la barbilla de 2 Newton de fuerza, mientras la paciente realiza una contracción sostenida, visualiza en el monitor la fuerza con la que aprieta (biofeedback), al alcanzar cierto nivel de fuerza muscular masetéica, el martillo electromecánico se activa automáticamente para generar un estímulo. **b)** El resultado genera un periodo de silencio electromiográfico, observe la actividad EMG registrada, cuando se provoca el golpe, se gráfica una inhibición transitoria, para posteriormente reactivarse la actividad normal. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

### 11.6 Variables de estudio en la señal electromiográfica

La señal obtenida durante un registro EMG-s es por sí misma, inespecífica y difícilmente aporta datos para el estudio de los pacientes con disfunción temporomandibular. Por ello surgió la necesidad de desarrollar métodos de análisis de la señal EMG. Los cuales son diversos y toman diferentes tipos variables, de acuerdo con el fabricante se implementa al equipo EMG un software para el estudio



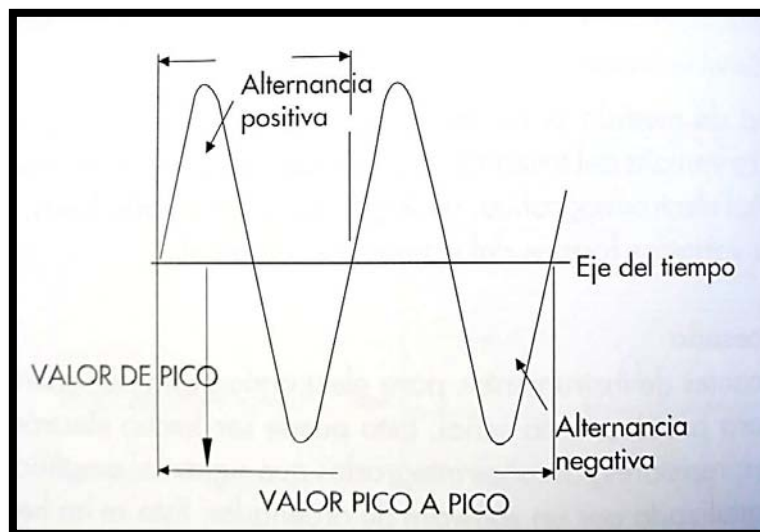
y análisis de la señal EMG que más se adapte a las necesidades del campo de investigación que se esté llevando a cabo. Mencionaremos los siguientes análisis.

### 11.6.1 Variables de frecuencia.

Hacen que podamos estudiar el espectro de la señal EMG y diferentes parámetros de la frecuencia, como la media, la mediana, el número de veces que la señal cruza cero y el número de veces en que la señal cambia de dirección tras una diferencia de amplitud más de  $100 \mu\text{V}$ .<sup>44</sup>

### 11.6.2 Variables de amplitud

Que permiten cuantificar el esfuerzo muscular mediante el cálculo del área bajo la señal. En primer lugar, se procede a la rectificación de los datos, que consiste en la positivización de los valores negativos de la señal para evitar que ondas negativas y positivas se anulen entre sí. La rectificación puede ser medida, donde se eliminan los datos negativos, la que se utiliza normalmente, donde se consideran las magnitudes absolutas.<sup>44</sup> (fig.31)<sup>5</sup>



**Fig.31** Desde que la señal EMG oscila de positivo a negativo, no es posible sumar todos los voltajes y determinar una cantidad. Esto es porque todos los valores positivos cancelarían todos los valores negativos y la resultante sería cero.

### 11.6.3 Root mean square

En matemáticas la media cuadrática, valor cuadrático medio o *RMS* (del inglés *root mean square*) es una medida estadística de la magnitud de una cantidad variable.

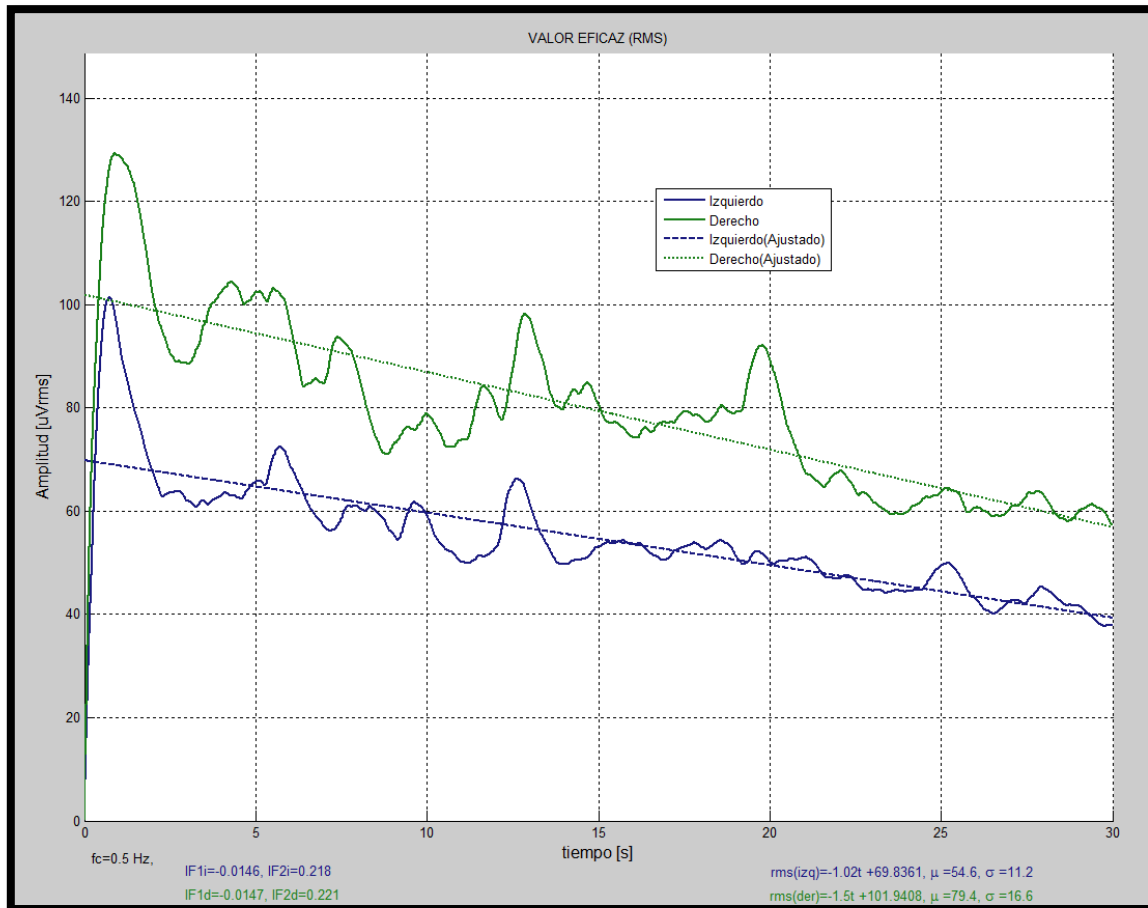
Puede calcularse para una serie de valores discretos o para una función de variable continua. El nombre deriva del hecho de que es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores.<sup>37</sup>

El RMS es uno de los análisis de señal EMG, se trata de un valor indicativo de la magnitud de la señal que se utiliza para estudiar la fatiga muscular. No necesita una rectificación previa de la señal y se obtiene en intervalos de tiempo.<sup>44</sup>

La estimación de amplitud de la señal EMG puede describirse matemáticamente como la tarea de estimación de la desviación estándar de un proceso aleatorio de color en ruido aditivo. Este problema de estimación se tiene estudiado durante varios años.

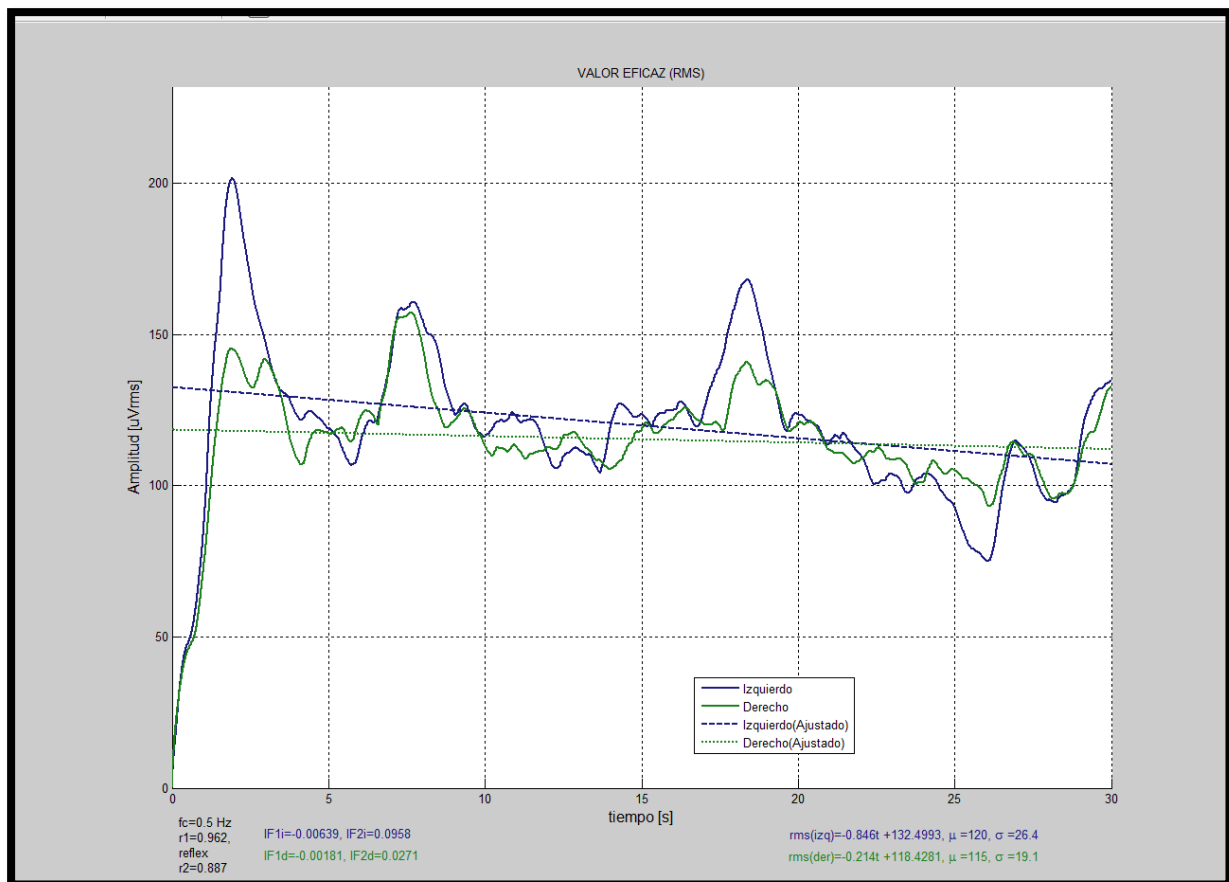
$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

El valor de la señal EMG por medio de RMS se mide en microvolts o milivolts ( $\mu V$ ) para estimar el valor de la amplitud.<sup>67</sup> El RMS es un método para cuantificar la señal EMG en el cual cada valor es calculado en área, sumado y dado un valor medio y finalmente se obtiene la raíz cuadrada del producto. Parece que esta es la forma con menor distorsión. Mediante el estudio del espectro de frecuencias y las amplitudes de onda podemos observar si existe fatiga o alteración de la relajación muscular.<sup>44</sup>



**Fig. 32** La imagen corresponde a un análisis por medio de RMS inicial de una paciente de 29 años de edad. Las gráficas muestran una actividad masetérica mayor del músculo masetero de lado derecho (línea verde) con 79  $\mu\text{V}$  a diferencia de lado izquierdo (línea azul), con apenas 54  $\mu\text{V}$ , observando en este caso una asimetría de tono muscular, además del decrecimiento en la actividad muscular, correspondiente a un índice de fatiga muscular elevado. (Cortesía Laboratorio de Fisiología UNAM)

Las técnicas usadas por medio del RMS no resuelven o descomponen la señal EMG en potenciales de acción individuales de cada unidad motora. En lugar de ello, provee una descripción global del potencial eléctrico observado en el sitio de registro (área superficial de la piel). La información obtenida a través de estas técnicas normalmente no está directamente relacionada con los fenómenos o eventos fisiológicos. Es decir no informan exactamente la actividad de una contracción motora o mejoras en el control motor, el RMS se considera una herramienta estadística, se trata de una desviación estándar de un conjunto de datos.<sup>55</sup> (Fig.30)<sup>FD</sup>



**Fig. 33** El registro de la misma paciente a 15 días después de usar la férula oclusal fisiológica. Los niveles de RMS se observan con mayor simetría, que corresponde a  $120\mu\text{V}$  de músculo masetero izquierdo y  $115\mu\text{V}$  de músculo masetero derecho. La paciente reporta disminución de la sintomatología con la que acudió al Laboratorio de Fisiología.

Cada Electromiógrafo tiene una amplificación, un filtro y una cuantificación de señal diferente. Por eso no se pueden comparar valores obtenidos de electromiografías de diferentes fabricantes, a menos que tengan las mismas características.<sup>5</sup>

Las variables medidas en el cuerpo humano rara vez son determinísticas. Sus magnitudes varían con el tiempo, incluso teniendo controladas todas las variables que puedan aceptarle. La mayoría de las medidas biomédicas varían ampliamente entre diferentes pacientes normales, incluso en condiciones similares de medida. El método más común para asumir esta variabilidad de las medidas y poder compararlas con otras es utilizar funciones de distribución estadísticas y probabilísticas.<sup>37</sup>

## 12. Ventajas y desventajas del uso del Electromiógrafo

### 12.1 Ventajas del uso del Electromiógrafo (EMG)

- Alta especificidad en tratamientos protéticos y de rehabilitación bucal.
- Auxiliar para el diagnóstico en los trastornos temporomandibulares.
- Valoración y monitoreo previa al desgaste selectivo y posterior a este.
- Conocer el estado muscular de pacientes previo uso de tratamientos de ortodoncia y al finalizarlo, para observar los cambios y adaptación en los músculos.
- En los tratamientos de ortopedia en donde estímulo y desarrollo musculoesquelético es la máxima ortopédica, es de suma importancia conocer la actividad muscular del paciente.
- Equipo EMG digital acoplado al consultorio dental.
- Con fines de investigación la EMG puede utilizarse para un muestreo amplio y con significancia estadística, fácil manejo y bajo costo así como el almacenamiento de los datos obtenidos por cada paciente en memoria externa de almacenamiento (USB).

### 12.2 Desventajas del uso del electromiógrafo

- La gran variación interindividual, que hace difícil la comparación.
- En odontología son escasos los equipos electromiográficos, la mayoría son pensados para medicina del deporte o para usos en clínica de neurología.

## **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

---

En el Laboratorio de Fisiología se atienden a pacientes con Trastorno temporomandibular mediante el uso diagnóstico de la Férula oclusal fisiológica, surge la pregunta:

¿Cuál es el promedio del RMS antes y después de utilizar la férula oclusal fisiológica a los pacientes con Trastorno temporomandibular, haciendo una Electromiografía inicial, a los quince días usando una férula oclusal fisiológica y a los 30 días después de usar dicha férula?

## **V. JUSTIFICACIÓN**

---

El problema al que se enfrenta el odontólogo al realizar la exploración clínica en el complejo sistema estomatognático para diagnosticar alteraciones diversas, hacen del Electromiógrafo digital una herramienta indispensable para los tratamientos odontológicos y seguimiento de los mismos. Por lo tanto la utilización del RMS es importante en virtud de que al utilizar numeración permite comparar cuantitativamente los avances, antes y después de cualquier tratamiento.

Los resultados obtenidos en la investigación proporcionan información suficiente para comprobar la utilización del RMS, obtenido mediante la Electromiografía digital a los pacientes que presentan trastorno temporomandibular, tienen validez confirmatoria para los tratamientos odontológicos considerando proporcionar una herramienta indispensable para la atención dental en cuanto al diagnóstico y evolución de nuestros tratamientos.

## VI. OBJETIVOS

---

- Objetivo general.

Determinar el promedio del RMS inmediato y progresivos para conocer la actividad de los músculos maseteros superficiales en pacientes con Trastorno temporomandibular portando una férula oclusal fisiológica.

- Objetivos específicos.
  - Determinar el promedio de RMS en oclusión céntrica, antes de la utilización de la férula oclusal fisiológica en pacientes con Trastorno temporomandibular
  - Determinar el promedio de RMS a los 15 días después de utilizar la férula oclusal fisiológica en pacientes con Trastorno temporomandibular.
  - Determinar el promedio de RMS a los 30 días después de utilizar la férula oclusal fisiológica en pacientes con Trastorno temporomandibular.
  - Conocer la relación del RMS como un parámetro de complemento de los pacientes con Trastorno temporomandibular.

## VII. HIPÓTESIS

---

**H<sub>1</sub>:** Existen diferencias estadísticas significativas del RMS antes y después de utilizar la férula oclusal fisiológica.

**H<sub>2</sub>:** No existen diferencias estadísticas significativas del RMS antes y después de utilizar la férula oclusal fisiológica.

## VIII. METODOLOGÍA

---

### 1) Tipo de estudio:

Longitudinal.

### 2) Población de estudio:

Pacientes remitidos de la clínica de recepción, evaluación y diagnóstico presuntivo (CREDP) y de la División de estudios de Posgrado e investigación (DEPeI) de la Facultad de Odontología UNAM, así como de hospitales gubernamentales.

### 3) Muestra:

Se obtuvo una muestra total de 40 pacientes, 26 femeninos y 14 masculinos, de edades entre 20 años en adelante. Aleatorio por conveniencia para este estudio. Realizado durante el periodo de septiembre del 2013 a septiembre del 2014.

### 4) 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 en el programa Excel (OS Windows).

La información se analizó con el programa SPSS V20. Para determinar la significancia de los grupos comparados se utilizó la prueba t (Student).

### 5) Criterios de selección:

#### 5.1 Inclusión:

Se consideraran a todos los pacientes que deseen participar en el estudio bajo consentimiento informado y que presenten las siguientes características:

- Pacientes de las siguientes edades: 20 años en adelante.
- Pacientes de ambos sexos.
- Paciente con diagnóstico de TTMs
- Con o sin restauraciones dentales, prótesis parcial fija o removible



### 5.2 Exclusión:

- Pacientes que presentes enfermedad periodontal, caries de segundo y tercer grado.
- Presentar padecimiento neurológico como neuralgia del trigémino.
- Con discapacidades neuropsicológicas o sensoriales aparentes.
- Haber sido tratados con cirugía ortognática.
- Pacientes menores de 19 años de edad.

### 5.3 Eliminación:

- Pacientes que no deseen continuar en el estudio.
- Pacientes que no se presentaron a las citas de revisión y valoración.

### 6) Características del Electromiógrafo:

Desarrollado por el **Laboratorio de Bioelectrónica del CINVESTAV del IPN**, en conjunto con el **Laboratorio de Fisiología de la DEPEI 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.

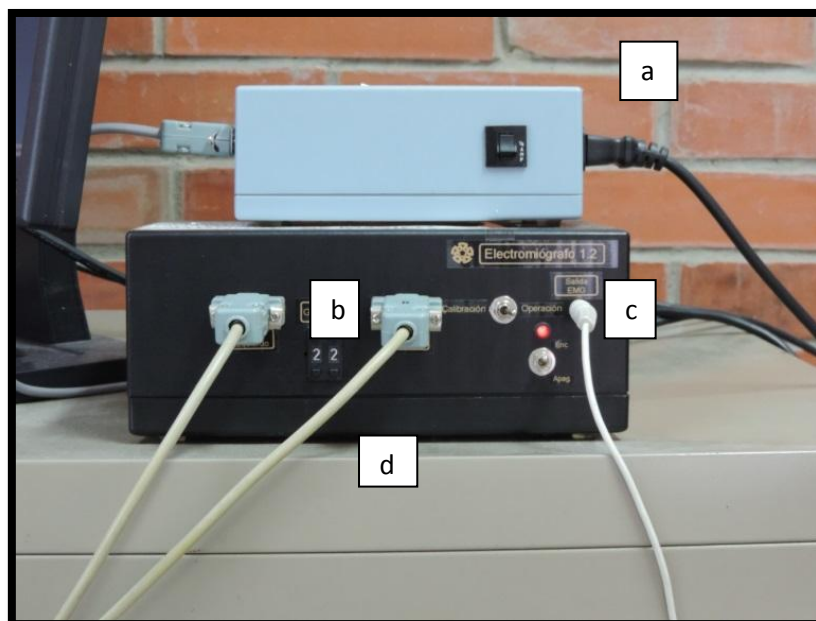
Impedancia de entrada: 1012  $\Omega$ . 6.2 *Software del EMG*

El electromiógrafo está diseñado para realizar las siguientes funciones:

- Capturar el registro de actividad EMG superficial en tiempo real.
- Mostrar en tiempo real el 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 se utiliza el programa Access 2007 de Microsoft Office para sistemas de 64 bits. Aunque se implementa con dos programas diferentes, el usuario lo percibe como único.

El electromiógrafo contiene un amplificador, un generador de onda triangular y un acoplador que le permite ser conectado a la entrada de la tarjeta de audio de una computadora.



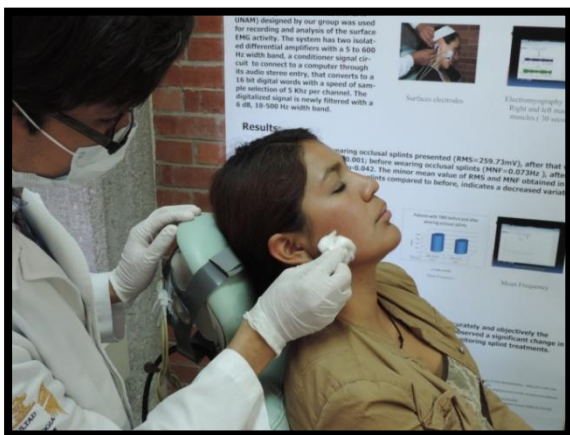
**Fig. 34** Sistema completo encendido y en operación. a) Fuente de alimentación y banco de batería. b) Canales izquierdo y derecho. c) Salida EMG a ordenador. d) Vista frontal del Electromiógrafo

#### 7) Método de recolección de la muestra

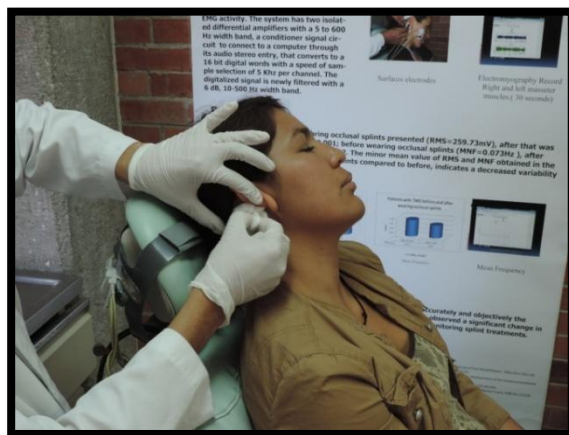
Este estudio se realizó en el Laboratorio de Fisiología de la DEPel F.O UNAM en pacientes remitidos en el periodo de septiembre 2013 a septiembre 2014, el cual se realizó en cuatro fases.

Fase 1: Ingreso del paciente al laboratorio de Fisiología, registro de la historia clínica (Anexo 1) y firma de consentimiento informado (Anexo 2). El paciente es sentado cómodamente en la unidad dental para la realización de la electromiografía, se prepara la superficie de la piel limpiándola con una torunda de alcohol para bajar

la impedancia de la piel en la región del musculo masetero (Fig. 35 y 35.1)<sup>FD</sup>. Posteriormente se toman seis electrodos superficiales (marca Kendall), para colocarse en las inserciones del músculo masetero superficial y en la apófisis mastoides. Uno se adhiere en el ángulo de la mandíbula y el segundo en la inserción superior del arco cigomático, mientras se le solicita al paciente que apriete fuertemente sus molares (Fig. 35.2 y 35.3)<sup>FD</sup>. Un tercer electrodo se coloca en la apófisis mastoides el cual servirá de tierra (35.4)<sup>FD</sup>, se realiza de lado derecho e izquierdo del paciente (Fig. 35.5)<sup>FD</sup>. Posteriormente se colocan los cables bipolares (fig.35.6)<sup>FD</sup>. Posteriormente se abre el programa del Electromiógrafo digital en el computador, se agrega el nuevo expediente a la base de datos del programa. Se calibra el Electromiógrafo, el paciente es instruido a apretar con la mayor fuerza posible denominado Máxima contracción voluntaria (MCV) en oclusión céntrica por 5 segundos (Fig. 35.7), el EMG capta la señal bioeléctrica y es calibrado, de acuerdo a la fuerza muscular individual de cada paciente. Finalmente se procede a realizar la EMG-s propiamente dicha, la cual se registra en MCV en oclusión céntrica durante 30 segundos (Fig. 35.8), de los valores obtenidos de la EMG-s son analizados con RMS incluido en el software del Electromiógrafo Digital, para reportarlos en el programa Excel (O.S.).



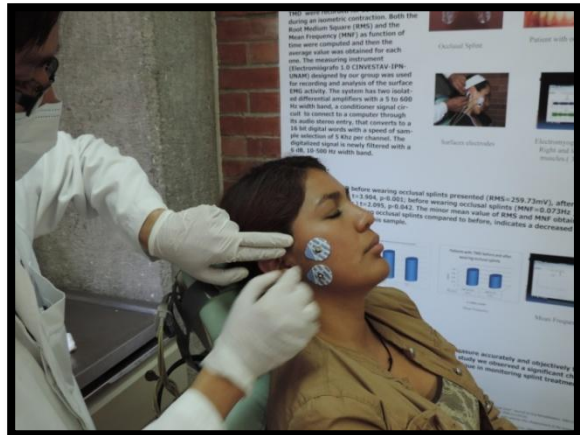
**Fig. 35** Limpieza con alcohol de la piel en la zona del músculo masetero superficial.



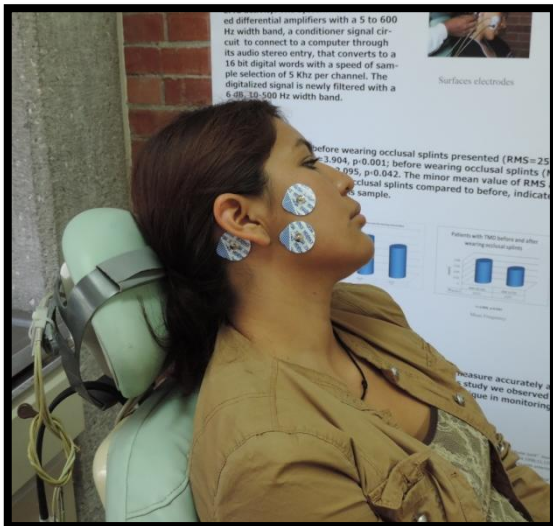
**Fig. 35.1** Limpieza de la zona retroarticular en la apófisis mastoides.



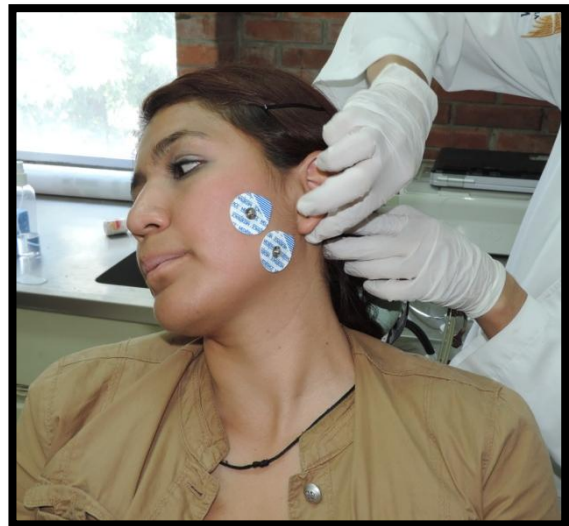
**Fig. 35.2** Colocación de los electrodos de superficie en el ángulo de la mandíbula.



**Fig. 35.3** Colocación del electrodo de superficie en el arco cigomático.



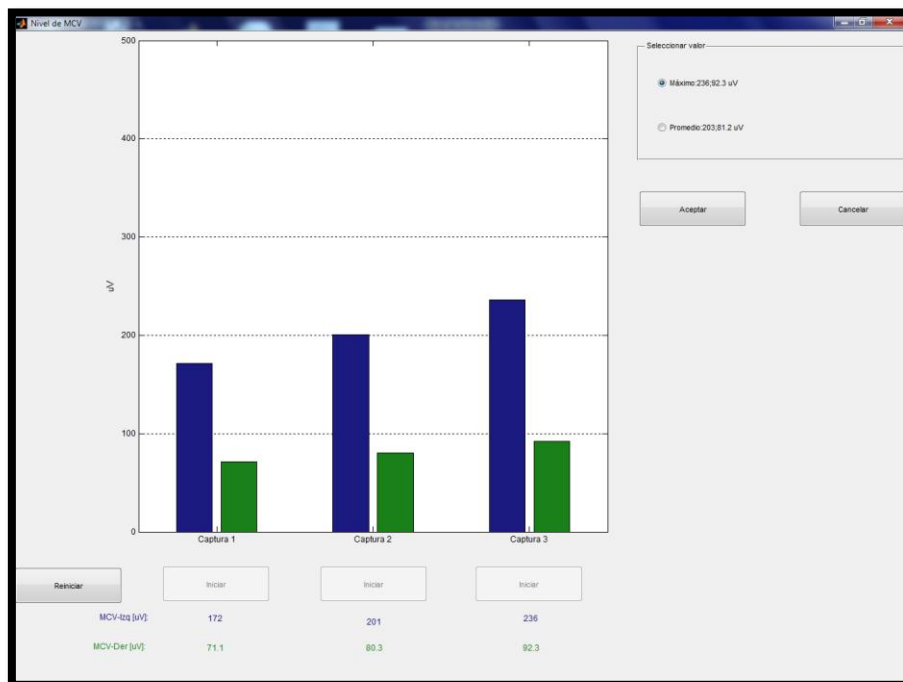
**Fig. 35.4** Electrodo de superficie colocado en la apófisis mastoides.



**Fig. 35.5** El lado derecho e izquierdo del paciente tendrán colocados los electrodos.

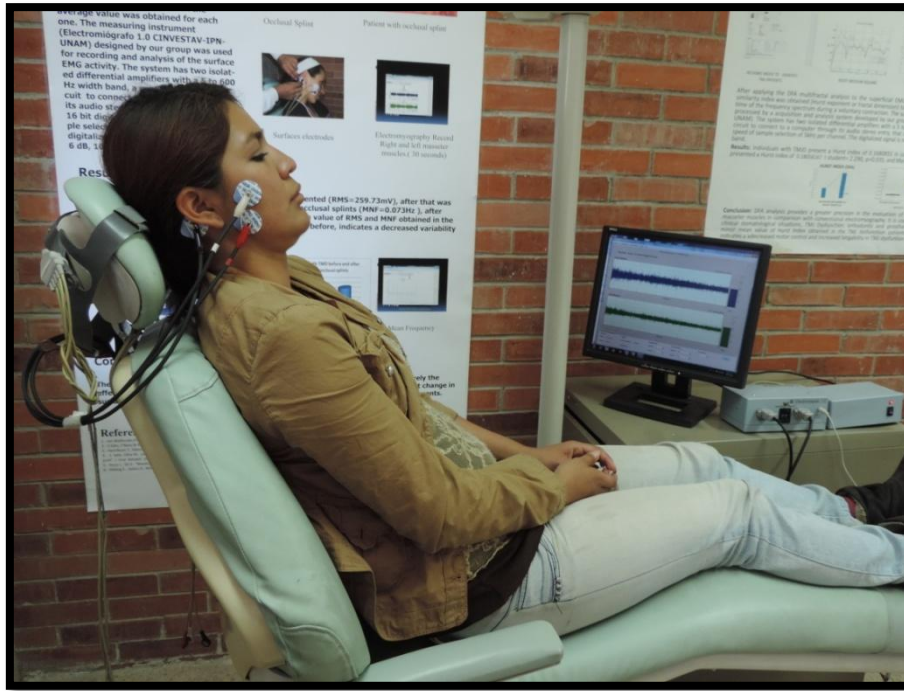


**Fig. 35.6** Cables conectados a los electrodos de superficie



**Fig. 35.7** El Electromiógrafo digital es calibrado a la fuerza muscular de cada paciente mediante la máxima contracción voluntaria (MCV).





**Fig. 35.8** Registro electromiográfico obtenido mediante el Electromiógrafo digital, durante 30 segundos en oclusión céntrica a MCV. En la pantalla se observa la actividad muscular del paciente.

De acuerdo con el registro EMG obtenido y el análisis de RMS Se considera a los pacientes candidatos con TTM para la elaboración de una FOF y disminuir la sintomatología que presentan, si aceptan, se realiza la toma de impresiones dentales con alginato.

Fase 2: El paciente regresa al siguiente día para la entrega de la FOF. Realizada con acetato resilente .060 y sobre de esté un acetato rígido de espesor .080 y con rebase de acrílico autopolimerizable transparente (Fig. 36.1 a 36.4), para alcanzar el mayor número de contactos oclusales posibles en relación céntrica (Fig. 36.5). Se desgastan interferencias oclusales en la FOF y se pule con motor de alta velocidad (Fig. 36.6 a 36.8). Se da la información de los cuidados de la FOF. El tiempo que debe portarla, siendo este durante todo el día y toda la noche, retirarla al ingerir alimentos. Se programa una cita a los quince días a partir de la entrega (Fig. 36.9).



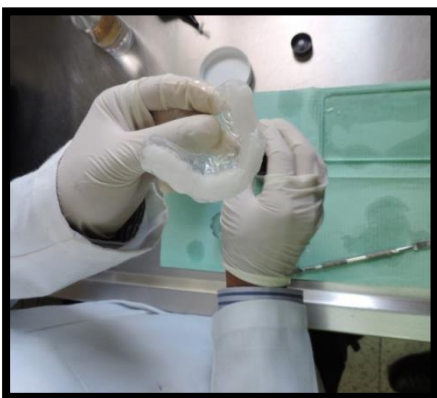
**Fig. 36** Material empleado para la realización de la Férula oclusal fisiológica



**Fig. 36.1** Metal-metacrilato transparente con monómero se mezclan.



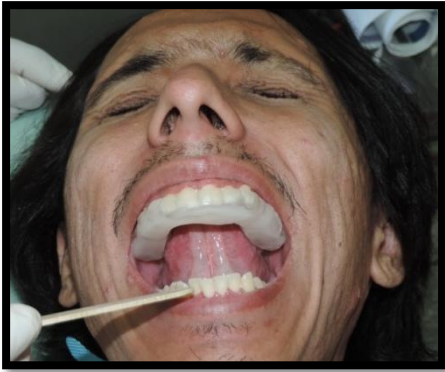
**Fig. 36.2** Durante la fase plástica se coloca en la superficie oclusal del modelo termoconformado.



**Fig. 36.3** Superficie oclusal rebasada completamente.



**Fig. 36.4** Por medio de una loseta de vidrio se obtiene una superficie oclusal libre de irregularidades.



**Fig. 36.5** Paciente contacta con la superficie oclusal en la fase plástica para obtener su registro dental inferior marcado en relación céntrica.



**Fig.36.6** Con motores de alta velocidad se elimina la huella obtenida para evitar algún tipo de interferencia oclusal y otorgar libertad en movimientos excéntricos.



**Fig. 36.7** Pulimento de la FOF mediante motor de alta velocidad y puleacril.



**Fig. 36.8** Férula oclusal fisiológica terminada



**Fig. 36.9** FOF colocada en boca del paciente, donde se observa estabilidad oclusal bilateral y mayor cantidad de contacto dental.



Fase 3: El paciente se presenta a los quince días, es sentado en la unidad dental. Se prepara la piel limpiándola con una torunda de alcohol en la región del músculo masetero y se colocan posteriormente los 6 electrodos, para realizar el estudio de EMG-s, en oclusión céntrica en MCV. Los resultados obtenidos son reportados. .

Fase 4: Los pacientes en esta fase son recibidos y sentados en la unidad dental, se limpia la superficie de la piel con una torunda de alcohol, para la colocación de los seis electrodos superficiales, se realiza el registro EMG a los 30 días de usar la FOF, en oclusión céntrica en MCV. Los resultados de este registro son reportados. .

8) Definición operacional y escala de medición de las variables.

Variables independientes.

VARIABLE	DEFINICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad	Número de años cumplidos al momento del interrogatorio.	Cuantitativa discreta. Años
Sexo	Características fenotípicas presentes.	Cualitativa nominal. 1=masculino 2=femenino

Variables dependientes

VARIABLE	DEFINICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
RMS	Valor electromiográfico indicativo de la magnitud de la señal que se utiliza para estudiar la fatiga muscular.	Microvoltios ( $\mu\text{V}$ )

## IX. RESULTADOS

En el presente estudio participaron 40 pacientes de los cuales el 35% correspondió al género masculino y el 65% al femenino, el promedio de edad de los varones fue de 35.5 años (DE=15.4) y el de las mujeres es de 38.2 años (DE=17.7)

La distribución por grupos etarios puso en evidencia que en ambos géneros, el grupo de edad que predominó fue el de 20 a 30 años. (Tabla 1)

Tabla 1 Distribución porcentual por edad y sexo. DEPel. FO. UNAM. 2015.					
Masculino			Femenino		
Edad	No.	%	Edad	No.	%
20-30	8	58%	20-30	13	52%
31-40	1	7%	31-40	3	12%
41-50	3	21%	41-50	3	12%
51-60	0	-	51-60	4	16%
61-70	2	14%	61-70	1	4%
71 y +	0	-	71 y +	1	4%
Total	14	100%	Total	26	100%

*Fuente directa*

Obsérvese que la mitad de la población de estudio corresponde a los grupos etáreos de 20 a 30 años de edad, esto podría interpretarse como que las edades más tempranas se preocuparon por solicitar atención.

### **Raíz cuadrática media (RMS)**

Cuando hablamos del RMS se habla del valor electromiográfico indicativo de la magnitud de la señal que se utiliza para estudiar la fatiga muscular medido en microvoltios ( $\mu V$ ) por lo tanto, esta medida fue utilizada para determinar los cambios promedio de dicha variable a tres tiempos en los músculos maseteros derecho e izquierdo por género, en cada una de las determinaciones se presentaron diferencias: los valores de RMS fueron más elevados en el sexo masculino tanto

para el lado izquierdo como para el derecho a excepción de los valores de RMS en la primera medición del lado derecho en las mujeres. (Tabla 2)

<b>Tabla 2</b>						
<b>Distribución promedio de RMS por sexo a diferentes tiempos en músculo masetero derecho e izquierdo. DEPel. FO. UNAM.2015.</b>						
<b>Sexo masculino</b>						
<b>Medición</b>	<b>1°</b>		<b>2° (15 días)</b>		<b>3° (30 días)</b>	
<b>Músculo</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>
$\bar{X}$	310.6 (DE=158.1)	304.8 (DE=176.6)	231.9 (DE=185.7)	219.1 (DE=186.1)	160.3 (DE=112.6)	183.8 (DE=122.7)
<b>Diferencia</b>	<b>5.8</b>		<b>12.8</b>		<b>23.5</b>	
<b>Sexo femenino</b>						
<b>Medición</b>	<b>1°</b>		<b>2° (15 días)</b>		<b>3° (30 días)</b>	
<b>Músculo</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>
	270.9 (DE=148.6)	323.0 (DE=221.7)	206.2 (DE=137.7)	206 (DE=131.5)	130.7 (DE=114.4)	133.1 (DE=102.9)
<b>Diferencia</b>	<b>52.1</b>		<b>0.2</b>		<b>2.4</b>	

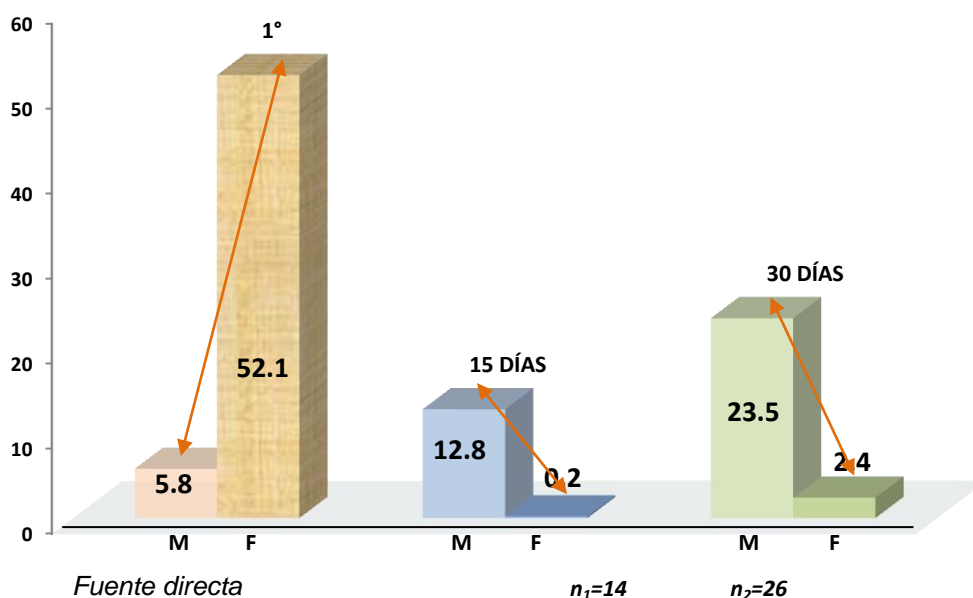
*Fuente directa*

Al analizar los datos en función a las diferencias de RMS por sexo, por lado del músculo y por tiempo, los valores fueron extremos en la primera mientras que la diferencia entre lado izquierdo y derecho en varones fue de 5.8 microvoltios, en el sexo femenino esta diferencia fue de 52.1 microvoltios.

Son sensibles las diferencias a partir de los 15 y 30 entre lado izquierdo y derecho del músculo masetero por sexo determinándose promedios menores en sexo femenino. (Gráfica 1)

Analizar por separado los datos correspondientes al sexo masculino y femenino se evitan los sesgos de análisis producidos cuando se conjuntan valores de ambos sexos.

**Gráfica 1. Diferencias de RMS por sexo a diferentes tiempos. DEPel. 2015.**



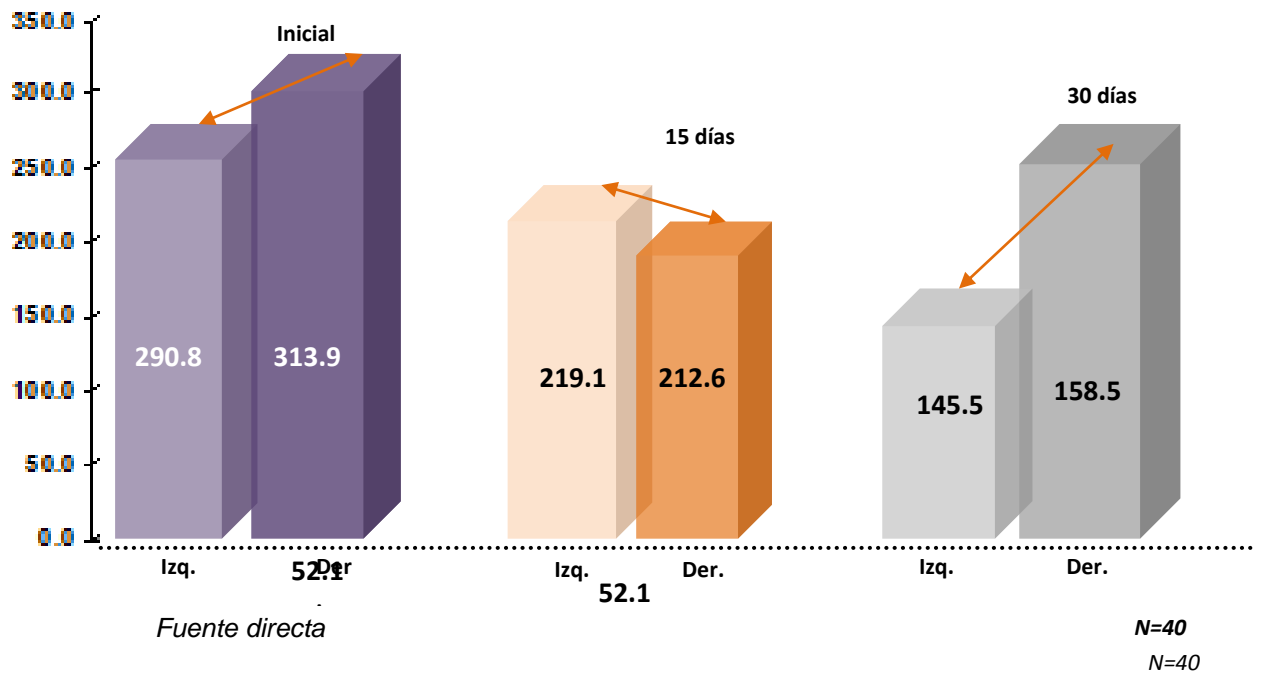
Al analizar la información a nivel grupal por lado muscular las diferencias se reducen y comportan de manera diferente en los tres tiempos de medición: (Tabla 3) La menor diferencia se presentó a los 15 días.

<b>Tabla 3</b>						
<b>Distribución promedio de RMS por sexo a diferentes tiempos en músculo masetero derecho e izquierdo. DEPel. FO. UNAM.2015.</b>						
<b>Sexo masculino</b>						
<b>Medición</b>	<b>1°</b>		<b>2° (15 días)</b>		<b>3° (30 días)</b>	
<b>Músculo</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>	<b>Izq.</b>	<b>Der.</b>
$\bar{X}$	290.8	313.9	219.1	212.6	145.5	158.5
<b>Diferencia</b>	<b>23.1</b>		<b>6.5</b>		<b>13</b>	

*Fuente directa*

En la primera medición y tercera de la función masetérica, el lado derecho fue donde se presentaron los valores más elevados de RMS. A los 15 días (segunda medición) el lado izquierdo presentó valores menores de RMS en contraste con lo que sucede del mismo lado en la primera y tercera medición. (Gráfica 2)

**Gráfica 2. Distribución promedio de RMS grupal a diferentes tiempos. DEPel. 2015.**



Para determinar si las diferencias observadas entre las tres mediciones y la primera y última medición fueron estadísticamente significativas por sexo, lado muscular y a nivel grupal se aplicó la prueba t (Student) con una significancia del 0.05%.

**Tabla 4**  
**Diferencias de actividad muscular del músculo masetero derecho e izquierdo a diferentes tiempos en sexo femenino. DEPel. FO. UNAM.2015.**

Medición	1°		2° (15 días)		3° (30 días)	
	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
$\bar{X}$	270.92	315.40	206.22	206.01	130.66	133.09
<b>Significancia (p=0.05)</b>	p=0.408		p=0.996		p=0.936	
<b>Interpretación</b>	No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la determinación inicial		No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la determinación a 15 días		No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la de 30 días	

*Fuente directa*

Los resultados obtenidos por medio del RMS y las prueba estadística t de Student de las tablas 4 y 5 (femenino y masculino respectivamente), comparando lado derecho contra lado izquierdo, no muestran diferencia estadística por el equilibrio muscular (isonivelación) al colocar la férula oclusal fisiológica. Se hace notoria la disminución de los niveles promedios de RMS inicial y a 30 días, lo cual evidencia que un músculo con trastorno temporomandibular su actividad se ve incrementada en respuesta a los niveles de estrés muscular. La disminución observable, se puede responder a partir de los cambios mediante el uso de la férula oclusal fisiológica, eliminan las interferencias oclusales, generando una readaptación neuromuscular y cambios sensoriales. Teniendo como respuesta la disminución en la hiperactividad muscular a niveles normales.

**Tabla 5**  
**Diferencias de actividad muscular del músculo masetero derecho e izquierdo a diferentes tiempos en sexo masculino. DEPel. FO. UNAM.2015.**

Medición	1°		2° (15 días)		3° (30 días)	
	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
$\bar{X}$	310.64	304.78	231.89	219.06	160.32	183.83
<b>Significancia (p=0.05)</b>	p=0.927		p=0.857		p=0.602	
<b>Interpretación</b>	No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la determinación inicial		No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la determinación a 15 días		No existen diferencias estadísticamente significativas de actividad muscular entre el lado izquierdo y derecho en la de 30 días	

*Fuente directa*

Las tablas 6 y 7 hacen comparación entre la medición promedio inicial y final, y se observan significancias estadísticas con la prueba t de Student lo que sugiere que el mayor cambio en el uso de la férula oclusal fisiológica es a los 30 días de uso. Por lo que el índice RMS es confiable y se puede utilizar en la investigación y la clínica odontológica. En ambos sexos se observó que las diferencias de actividad muscular son significativas entre la primera determinación y la final a 30 días.









<b>Tabla 6</b> <b>Significancia de la diferencia de actividad muscular por lado en sexo femenino</b>		
<b>Músculo</b>	<b>Izquierdo 1° vs 30 días</b>	<b>Derecho 1° vs 30 días</b>
<b>Significancia (p=0.05)</b>	<b>t=3.813 p&lt;0.001</b>	<b>t=3.962 p&lt;0.001</b>
<b>Interpretación</b>	<b>Las diferencias si son estadísticamente significativas</b>	<b>Las diferencias si son estadísticamente significativas</b>

*Fuente directa*

<b>Tabla 7</b> <b>Significancia de la diferencia de actividad muscular por lado en sexo masculino</b>		
<b>Músculo</b>	<b>Izquierdo 1° vs 30 días</b>	<b>Derecho 1° vs 30 días</b>
<b>Significancia (p=0.05)</b>	<b>t= 8.98 p&lt;0.008</b>	<b>t= 2-104 p&lt;0.046</b>
<b>Interpretación</b>	<b>Las diferencias si son estadísticamente significativas</b>	<b>Las diferencias si son estadísticamente significativas</b>

*Fuente directa*

Tabla 8		
Prevalencia de hábitos en pacientes con TTM. DEPel. 2015.		
Hábitos	Si	Prevalencia
Onicofagia	22 %	
Bruxismo	58 %	
Dolor en ATM	80 %	
Asimetría en apertura o cierre	55 %	
Ruidos articulares	80 %	
Desplazamiento del disco articular	50 %	

Fuente directa

Al analizar las prevalencias de los eventos identificados como factores de riesgo se observó que los primeros lugares en prevalencia lo ocuparon el ruido articular y dolor de ATM con el 80% respectivamente, el bruxismo, la asimetría y el desplazamiento del disco articular se presentaron en el 58, 55 y 50% respectivamente. (Tabla 8)

## X. DISCUSIÓN

---

El empleo de un auxiliar de diagnóstico como el Electromiógrafo digital nos aporta datos de la actividad de los músculos masticatorios, siendo un auxiliar de diagnóstico para los pacientes que padecen de TTMs, con la gran ventaja de ser un equipo de bajo costo, seguro ya que no lesiona y tampoco pone en riesgo la salud de los pacientes. Debe ser considerado ampliamente para el tratamiento de los pacientes dentro la práctica clínica odontológica.

Aunque el diagnóstico de la sintomatología se puede realizar por medio de la palpación muscular no se pueden considerar indicadores precisas que aporten información objetiva sobre la actividad de la musculatura masticatoria. Estudios realizados por Castroflorio y cols. (2006) demostraron que el uso de electromiografía de superficie durante la contracción isométrica tiene una buena reproducibilidad clínica y así poder evaluar cuantitativamente la actividad muscular.<sup>66</sup>

En este estudio se encontró que el grupo de edad que predominó fue el de 20 a 30 años, por lo que es la población mayormente preocupada por la salud de su articulación temporomandibular, y en la cual el pronóstico de tratamiento es favorable, debido a las condiciones de recuperación que estos pacientes presentan.

La tendencia a la disminución de la actividad muscular masticatoria puede ser a la desprogramación neuromuscular de acuerdo con reportes obtenidos por Al Quran y

cols. (1999), en el que los resultados de su estudio sugieren que una férula rígida es más eficaz que una férula suave en la reducción de la actividad de los músculos maseteros y temporales.<sup>67</sup>

Durante el estudio se encontraron que los pacientes presentan patrones de masticación preferenciales inconscientes. Esto también ha sido reportado en un estudio realizado por Pinho y cols. (2000) en el cual reporta que el masetero izquierdo mostro una mayor prevalencia de hiperactividad muscular, a diferencia de este estudio que muestra que el músculo masetero derecho es el mayormente preferido por los pacientes para masticar.<sup>68</sup>

En un estudio previo realizado por Ángeles MF y cols. (2013), para medir por medio de RMS la actividad de los músculos maseteros en pacientes con TTM, antes y después de utilizar una férula oclusal. Los resultados que se obtuvieron antes de utilizar la férula oclusal fueron de  $259.73\mu\text{V}$ , después de utilizar la FO se encontró una disminución de  $212.45\mu\text{V}$ ,  $p < 0.042$ . El menor valor de RMS indican una disminución en la actividad de este músculo.<sup>69</sup>

En resumen, los resultados de este estudio permiten concluir que durante el tratamiento por medio de una FOF, se produce una manifestación de la adaptación neuromuscular ante las modificaciones del esquema sensorial. Por lo que se hace necesario identificar el comportamiento de actividad muscular a largo plazo para esclarecer si tiende a mejorar la morfología muscular o es un efecto reversible, durante el tratamiento con FOF.

## XI. CONCLUSIONES

---

De acuerdo con los reportes obtenidos, el RMS puede ser una herramienta útil para determinar el plan de tratamiento de los pacientes con TTM, debido a la cuantificación de los datos que la numeración medida en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ) aporta.

Se ha demostrado que el uso de la FOF, disminuye los niveles de hiperactividad muscular durante el uso de 15 y 30 días. Siendo mayor a los 30 días de usar la FOF.

La significancia estadística observada de lado derecho en comparación a la de lado izquierdo se podría responder de la siguiente manera: Los niveles de hiperactividad muscular, obtenidos en el primer registro RMS, que se obtuvieron, muestran mayor microvoltaje ( $275 \mu\text{V}$ ) de lado derecho, siendo éste lado el mayormente afectado, a diferencia de lado izquierdo ( $243 \mu\text{V}$ ), por lo que al utilizar la FOF el paciente disminuyó significativamente el lado de hiperactividad muscular. A los 30 días del estudio los niveles de RMS, se acercaron alcanzando  $182 \mu\text{V}$  del lado del músculo masetero izquierdo y de  $186 \mu\text{V}$  de lado derecho.

Durante la realización de este estudio se pudo encontrar un patrón de masticación preferencial y adoptado por el paciente de manera inconsciente, siendo este de lado preferido el lado derecho. Lo cual podría estar implicado en la mayor actividad muscular registrada. A diferencia del lado izquierdo el cual muestra una menor actividad.

Una disminución en los valores RMS obtenidos en pacientes con TTMs indican una mejor respuesta adaptativa funcional muscular y por ello la disminución de la sintomatología. El uso del análisis de señal electromiográfica provee mayor precisión en la evaluación de la actividad en los músculos maseteros en comparación de la EMG convencional. El uso del RMS para la evaluación de diferentes situaciones estomatológicas, ya sea en pacientes con TTMs, en tratamientos ortodónticos ó rehabilitación protésica, para ser utilizado como un indicador fiable de la evolución antes, durante y después del tratamiento.

## XII. REFERENCIAS

---

1. Larry P. Miloro MJ. Peterson's Principles of oral and Maxillofacial Surgery. 3ª ed. USA: PMPH-USA 2012.
2. Dawson P. Diseño de la sonrisa a partir de la ATM. 1ª edición. Colombia: Amolca 2009.
3. Welsch, Ulrich. Sobotta Histología. 2ª ed. Madrid: Médica Panamericana 2008.
4. Okeson JK. Tratamiento y afecciones temporomandibulares. 6ª ed. Barcelona: Elsevier Mosby 2008.
5. Learreta A. Compendio sobre diagnóstico de las patologías de la ATM. 1ª ed. Brasil: Artes médicas 2004.
6. Maglione H. Disfunción craneomandibular, afecciones de los músculos masticadores y de la ATM, dolor orofascial. 1ª ed. Argentina: Amolca 2008.
7. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. 14a ed. Elsevier 2011.
8. McNeill C. Fundamentos científicos y aplicaciones prácticas de la oclusión. 1ª ed. Barcelona: Quintessece Publishing Co Inc. 2005.
9. Irwin MB. Oclusión en la Práctica Clínica. 1ª ed. Venezuela: Amolca 2012.
10. Snell. Neuroanatomía Clínica. 6ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana 2007.
11. Putz R, Pabst. Sobotta Atlas de Anatomía Humana. Tomo 1 Cabeza, cuello, miembro superior. 22ª Ed. Médica Panamericana.
12. Monje GF. Diagnóstico y tratamiento de la patología de la Articulación temporomandibular. Madrid: Ripano 2009.
13. Wilmore JH, Costil DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 6ª ed. Barcelona: Paidotribo 2007.
14. Manss FA. Sistema Estomatognático: fisiología y sus correlaciones clínicas-biológicas. 1ª ed. Madrid: Ripano 2011.
15. Angeles F, Alfaro P, Romero G, Osorno C. El Reflexímetro como herramienta para la exploración muscular masticatoria. Revista mexicana de Odontología clínica. 2008; 2(7):4-5.

16. Vázquez OV, Sánchez NW, Rodríguez RJ, Flores BS, Hinojosa SL, Ramos UR. Diferencia del reflejo inhibitorio masetérico en pacientes parcialmente desdentados antes y después del uso de prótesis removible. *Revista ADM* 2008; 65(5): 238-246.

17. Leon-S FE, Fidas E, Pabón Porras, María Angélica, Granadillo Deluque, Elías David. Evaluación neurofuncional del tallo cerebral. Parte II: Reflejo mandibularlatreia [en línea] 2011, 24 (Septiembre-Noviembre). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180522550008>

18. Lanska DJ. Morris James Lewis (1852-1928) and the description of the jaw jerk. *J Child Neurol.* 1991 Jul;6(3):235-236.

19. Aramideh M, Ongerboer de Visser BW. Brainstem reflexes: electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinical applications. *Muscle Nerve.* 2002 Jul;26(1):14-30.

20. Poliakov AV, Miles TS. Stretch reflexes in human masseter. *J Physiol.* 1994 Apr 15;476(2):323-31.

21. Llanio NR, Propedeútica clínica y semiología médica Tomo 2. Cuba: BVS 2005.

22. Brown FW, Bolton CF, Aminoff MJ. Neuromuscular function and disease: Basic clinical and electrodiagnostic aspects. 1ª ed. USA: Elsevier Health Sciences 2002.

23. Leon-S FE, Arimura K, Arimura Y, Sonoda Y, Osame M. Contralateral early blink reflex in patients with HTLV-I associated myelopathy/tropical spastic paraparesis. *J Neurol Sci.* 1995 Jan;128(1):51-57.

24. Widmalm SE, Lee YS, Mc Kay DC. Clinical Use of Qualitative electromyography in the Evaluation of Jaw Muscle Function: A Practitioner's Guide. *Cranio.* 2007 Jan; 25(1):63-73.

25. Lescas OM, Hernández ME, Sosa A, Sánchez M, Ugalde IC, Ubaldo RL. Trastornos temporomandibulares. Complejo clínico que el médico general debe conocer y manejar. *Rev. Facultad de medicina UNAM (Internet)* 2012; 55(1) 4-11. Disponible en: [www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2012/un121b.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2012/un121b.pdf)

26. Herb K, Cho S, Stiles MA. Temporomandibular joint pain and dysfunction. *Curr Pain Headache Rep* Dec;2006 10(6): 408-414.

27. Helkimo MI, Bailey JO Jr, Ash MM Jr. Correlations of electromyographic silent period duration and the Helkimo dysfunction index. *Acta Odontol Scand.* 1979; 37(1):51-56.
28. Ángeles MF, Romero RM. Dolor orofacial y desórdenes de la articulación temporomandibular. 1ª ed. México: Trillas 2006
29. Rugh J, Solberg W. Oral health status in the United States: temporomandibular disorders. *J Dent Educ.* 1985; 49(6):398-406.
30. Liu ZJ, Yamagata K, Kasahara Y, Ito G. Electromyographic examination of jaw muscles in relation to symptoms and occlusion of patients with temporomandibular joint disorder. *J Oral Rehabil.* 1999; 26(1):33-47.
31. Yoshimi H, Sasaguri K, Tamaki K, Sato S. Identification of the occurrence and pattern of masseter muscle activities during sleep using EMG and accelerometer systems. *Head Face Med.* 2009; 5(7):1-10.
32. Durham J, Steele JG, Wassell RW, Exley C. Living with uncertainty: Temporomandibular disorders. *J Dent Res.* 2010; 89(8): 827-830.
33. Tanaka E, Detamore DS, Mercuri LG. Degenerative Disorders of the Temporomandibular Joint: Etiology, diagnosis and treatment. *J Dent Res.* 2008 87(4): 296-307.
34. Bottino MA., *Articulación temporomandibular nuevas tendencias.* 6ª ed. Brasil: Artes Médicas Latinoamérica 2008.
35. Dawson PE. *Avaliacao, diagnóstico e tratamento dos problemas oclusais.* Sao Paolo: Artes Médicas Latinoamericanas 1993.
36. Odontología UNAM. [base de datos en internet] Ángeles F. México [acceso 10 de marzo de 2014] Disponible en:  
<http://www.odonto.unam.mx/admin.php?IDPagina=Laboratorio%20de%20Fisiolog%EDa&id=177>
37. Barea R. Introducción y conceptos básicos de la instrumentación biomédica. Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá. Disponible en:  
<http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%201%20-%20introduccion%20a%20la%20instrumentacion.pdf>
38. Costanzo A, Abecasis M, Kanevsky D, Elverdin J. La electromiografía en el diagnóstico y tratamiento odontológico. *Revista Facultad Odontología UBA.* 2010; 25(58):21-27
39. Merletti R, Parker PA. *Electromyography. Physiology, engineering, and noninvasive applications.* USA. 2004



40. Imagen disponible:  
<http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/Biomechanics/BMmeasure/MuscleStrengthMeasure.htm>
41. Mc Comas A. The story of the nerve impulse. New York: Oxford University Press. 2011.
42. Criswell E. Cram's Introduction to surface electromyography. 2a ed. USA: Jones and Barlett Publishers 2011.
43. Reynolds J, Barragán L, Cuéllar F. Bioamplificadores. Rev. Colom Cardiol. [serial on the Internet]. 2011 June [cited 2014 Mar 19]; 18(3): 131-143. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56332011000300002&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332011000300002&lng=en).
44. Miralles MR, Miralles RI. Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor. Barcelona: Elsevier España 2007.
45. Curtis H, Bolaños P. Biología. 7ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana 2008.
46. Salinas DF, Lugo AL, Restrepo AR. Rehabilitación en salud. 2ª ed. Colombia: Universidad de Antioquia 2008.
47. Fernández LI, Zanotta G, Kreiner M. Estudio comparativo del complejo electromiográfico post-estímulo del músculo masetero en pacientes rehabilitados con prótesis completa bimaxilar mediante técnica piezográfica y técnica convencional. Odontoestomatología [revista en la Internet]. 2010 Mayo [citado 2014 Mar 23]; 12(14): 45-53. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-93392010000100005&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392010000100005&lng=es).
48. Imagen tomada de <http://www.neuroline.es/ElectrodosagujaEMG.html>
49. Yemm R. The representation of motor unit action potentials on skin surface electromyograms of masseter and temporal muscles in man. Arch Oral Biol. 1977; 22(3):201-205.
50. Takarada T, Larrinaga GA, Nishida F, Nishino M. Frequency analyses of E.M.G. power spectra of anterior temporal and muscles in children and adults. Dent Jpn. 1990; 27(1):119-125.
51. Widmalm SE, Ericsoon SG. The influence of eye closure on muscle activity in the anterior temporal region. J Oral Rehabil. 1983; 10(1):25-29.
52. McMillan AS, Hannam AG. Motor-unit territory in the human masseter muscle. Arch Oral Biol. 1991; 36(6):435-441.

53. Sgobbi de Faria CR, Bérzin F. Electromyographic study of the temporal, masseter and suprahyoid muscles in the mandibular rest position. *J oral Rehabil.* 1998; 25(10): 776-780.
54. Robin J.C., Manzur S. Muscle activity and jaw movements as predictors of chewing performance. *J Orofac Pain.* 1997; 11(1):24-36.
55. García EL. Diseño y construcción de electromiógrafo para el registro de EMG superficial de músculos maseteros e implementación del análisis multifractal por DFA **[tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en la especialidad de ingeniería eléctrica]**. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.2012
56. Moller E. Clinical electromyography in dentistry. *Int Dent J.* 1969 Jun; 19(2): 250-266.
57. Cooper BC. The role of bioelectronics intruments in documenting and managing temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc.* 1996; 127(11):1611-1614.
58. Fernandes G., Franco A., Aparecida de Godoy D. Temporomandibular disorders, sleep, bruxism and primary headaches are Mutually Associated. *J Orofac Pain.* 2013; 27(1):14-20.
59. Visser A, McCarroll RS, Oosting J, Naeije M. Masticatory electromyographic activity in healthy young adults and myogenous craniomandibular disorder patients. *J oral Rehabil.* 1994 Jan; 21(1): 67-76.
60. Naeije M, McCarroll RS, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. *J oral rehabil.* 1989 Jan; 16(1):63-70.
61. Crider AB, Glaros AG. A meta-analysis of EMG biofeedback treatment of temporomandibular disorders. *J Orofacial Pain.* 1999; 13(1):29,37.
62. Solberg WK, Clark GT, Rugh JD. Nocturnal electromyographic evaluation of bruxism patients undergoing short term splint therapy. *J oral Rehabil.* 1975; 2(3): 215-223.
63. Widmalm SE, Ash MM Jr. The refractory period of the masseteric cutaneous silent period. *J oral Rehabil.* 1985 Jul; 12(4):331-336.
64. Ongerboer De Visser BW, Goor C. Cutaneous silent period in masseter muscles: a clinical and electrodiagnostic evaluation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1976; 39(7):674-679.
65. Van der Glas HW, Van Steenberghe D. Comments on standardization of reflex measurements in human masseter muscle, including silent periods. *J oral rehabil.* 1989 Nov; 16(6):549-554.

66. Castroflorio T, Icardi K, Becchino B, Merlo E, Debernardi C, Bracco P, et al. Reproducibility of surface EMG variables in isometric sub-maximal contractions of jaw elevator muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2006;16:498-505.
67. Al quran FAM, Lyons MF. The immediate effect of hard and soft splints on the EMG activity of the masseter and temporalis muscles. *J oral rehabil*. 1999; Jul;26(7):559-63.
68. Pinho JC, Caldas FM, Mora MJ, Santana-Peni'NU. Electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil*. 2000;Nov;27(11):985-90
69. Ángeles-Medina f, Elías-Viñas D, Pacheco-Guerrero N, García LA , Morales-González J, Nuño-Licon A, Elorza H, Alfaro P. Moctezuma, Ruiz E, Galicia-Arias A. RMS and MNF Analysis of EMG in Patients with TMD. Poster No. 1274

### XIII. ANEXOS

Anexo 1

# Estudio de la Articulación Temporomandibular

## Lab. de Fisiología. DEPEI

### HISTORIA CLINICA

Fecha ingreso \_\_\_\_\_

Nº exp. \_\_\_\_\_

#### ANTECEDENTES:

Nombre: \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

Peso \_\_\_\_\_ Estatura \_\_\_\_\_ Compleción \_\_\_\_\_ Ocupación \_\_\_\_\_

Domicilio \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_ Estado civil \_\_\_\_\_ Hábitos bucales \_\_\_\_\_

Bruxismo personal \_\_\_\_\_ Bruxismo en familiares \_\_\_\_\_

Artritis o reumatismo en los padres \_\_\_\_\_ Ruidos articulares en los padres \_\_\_\_\_

Otros datos relevantes (traumatismos, extracciones, etc.) \_\_\_\_\_

---

#### Motivo de la consulta:

\_\_\_\_\_

#### INDICE ANAMNESICO:

	DER.		IZQ.	
Dolor en la región de la ATM.	SI	NO	SI	NO
Patrón asimétrico de apertura y cierre	SI	NO	SI	NO
Dolor al mover la mandíbula	SI	NO	SI	NO
Dificultad para abrir completamente la boca	SI	NO	SI	NO
Desplazamiento anterior del disco con retención	SI	NO	SI	NO
Sonido en la ATM	SI	NO	SI	NO
Sensación de fatiga en la ATM	SI	NO	SI	NO
Sensación de rigidez de la mandíbula al despertar	SI	NO	SI	NO
Sensación de rigidez al mover la mandíbula.	SI	NO	SI	NO

#### INDICE CLINICO:

Apertura de la mandíbula en mm. \_\_\_\_\_ Later. Der. \_\_\_\_\_ Later Izq. \_\_\_\_\_

Protrusivo \_\_\_\_\_

Overjet \_\_\_\_\_ Overbite \_\_\_\_\_

Patrón de apertura: Simétrico \_\_\_\_\_ Complicado \_\_\_\_\_ Desviación Der. \_\_\_\_\_ Desviación Izq. \_\_\_\_\_

Patrón de cierre: Simétrico \_\_\_\_\_ Complicado \_\_\_\_\_ Desviación Der. \_\_\_\_\_ Desviación Izq. \_\_\_\_\_

Dolor en los movimientos: Apertura\_\_\_\_\_ Cierre\_\_\_\_\_ Lateral Der.\_\_\_\_\_ Lateral Izq.\_\_\_\_\_  
 Protrusión\_\_\_\_\_

**RUIDOS ARTICULARES:** (Indicar Chasquido/CH o Crepitación/CRE)

	<b>DER.</b>		<b>IZQ.</b>	
Apertura temprana	SI _____	NO _____	SI _____	NO _____
Apertura tardía	SI _____	NO _____	SI _____	NO _____
Cierre temprano	SI _____	NO _____	SI _____	NO _____
Cierre tardío	SI _____	NO _____	SI _____	NO _____

**DOLOR MUSCULAR:**

	<b>DER.</b>		<b>IZQ.</b>	
Masetero superficial	SI	NO	SI	NO
Masetero profundo	SI	NO	SI	NO
Parte ant. del temporal	SI	NO	SI	NO
Parte media temporal	SI	NO	SI	NO
Parte posterior temporal	SI	NO	SI	NO
Pterigoideo externo	SI	NO	SI	NO
Pterigoideo interno	SI	NO	SI	NO
Digástrico	SI	NO	SI	NO
Trapezio	SI	NO	SI	NO
Esternocleidomastoideo	SI	NO	SI	NO

**DOLOR ARTICULAR:**

	<b>DER.</b>		<b>IZQ.</b>	
Palpación lateral.	SI	NO	SI	NO
Palpación posterior	SI	NO	SI	NO

**ANALISIS OCLUSAL:**

**Dientes ausentes:**

<i>DERECHO</i>								<i>IZQUIERDO</i>							
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

**Interferencias :** (T / Trabajo B / Balance)

<i>DERECHO</i>								<i>IZQUIERDO</i>							
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

**Mordida cruzada:** Anterior\_\_\_\_\_ Posterior\_\_\_\_\_ Derecha\_\_\_\_\_ Izquierda\_\_\_\_\_

	<b>DER.</b>			<b>IZQ.</b>		
<u>Clasificación Relación Molar</u>	I	II	III	I	II	III
<u>Clasificación Relación Canina</u>	I	II	III	I	II	III

**OBSERVACIONES:** (prótesis, tratamientos, etc.)

---

---

---

---

---

---

## DIAGNÓSTICO CLÍNICO

**NOTAS:**

### XIII. ANEXOS

Anexo 2
---------

#### UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

##### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, que llevo por nombre: \_\_\_\_\_ paciente del departamento de Laboratorio de fisiología de la Facultad de Odontología de la UNAM, acepto participar en el estudio que lleva por título "Estudio electromiográfico digital mediante *la raíz cuadrática media (rms)* en pacientes con trastornos temporomandibulares antes y después del uso de férula oclusal fisiológica"

Sé que en este estudio se utilizaran electrodos de superficie, cual no es tóxico para el ser humano. Este electrodo será colocado en la superficie de mi piel y tendré que morder para poder registrar la magnitud de la fuerza con la cual muerdo y que de ninguna manera está interfiriendo con las condiciones normales de mi boca. Si mi problema se trata de Trastorno temporomandibular, seré candidato a porta una Férula oclusal fisiológica, la cual es elaborada a base de acetatos transparentes (PVC) no son tóxicas y la usaré por un tiempo de día y noche. Retirándola al consumir cualquier alimento.

En este estudio se registrarán tres mediciones de mí mordida con dos repeticiones en cada cita, la primera inmediatamente en la cita de valoración, la segunda a los quince días de usar una Férula oclusal fisiológica y una tercera al mes de la primera medición.

Este estudio no tendrá algún costo y tendré que presentarme en 4 sesiones en diferentes lapsos de tiempo siendo este día la primera sesión, por lo que me comprometo a asistir a las citas que se me notifique.

Se me informó que este estudio no es invasivo, el beneficio que este estudio tiene para mí conocer la cantidad de fuerza de mi mordida después de usar una Férula oclusal fisiológica lo cual me permitirá saber cómo se irán distribuyendo los contactos dentales y la fuerza de mi mordida una vez que se me ha retirado la Férula oclusal fisiológica, en este período de tiempo e identificar los cambios que se pueden presentar de manera temprana.

También se me ha informado que no recibiré ninguna bonificación o pago por participar y que podré retirarme del estudio en el momento que lo desee, haciendo una previa notificación al investigador.

**He leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación**

\_\_\_\_\_  
**CONSENTIMIENTO AUTORIZADO  
NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL ESTUDIANTE  
RESPONSABLE  
TESTIGO**

México D.F. a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

