



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

EL USO DE ELECTROMIOGRAFÍA COMO AUXILIAR  
DE DIAGNÓSTICO EN ORTODONCIA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

STEPANIE LAZCANO LICEA

TUTORA: Mtra. MARÍA EUGENIA VERA SERNA



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.

Agradezco primero que a nadie a Dios, por su infinito amor y por permitirme terminar este sueño, me demostraste que contigo lo puedo todo, gracias por mi vida y por la de cada una de las personas que fueron pieza importante de mi formación.

Mi tesina la dedico con todo mi cariño y amor a mi mamá, Silvia Licea y a mi papá, Luis Lazcano por su esfuerzo y sacrificio a lo largo de todos estos años, demostrándome su amor, a pesar de las dificultades. A mis hermanos Diego y Shareli por escucharme y por el apoyo a mis padres que yo no pude brindarles. A Mickey mi mascota por su amor incondicional, por su compañía en mis noches de desvelo.

A mis amigos por permanecer a mi lado hasta el final; Iliana, Cynthia, Katherine, Sharon por alegrar mis días con su compañía, a cada uno de mis profesores por todo lo que me enseñaron, por los buenos momentos y los malos que me hicieron más fuerte. A mis pacientes por su confianza, lealtad, sonrisas y muestras de agradecimiento que hacían valer mi esfuerzo. A mi tutora por su valiosa guía, amabilidad, comprensión y apoyo.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 6  |
| <b>OBJETIVO</b> .....  | 7  |
| <br>   |    |
| <b>CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES</b> .....                               | 8  |
| <br>   |    |
| <b>CAPÍTULO 2 SISTEMA MASTICATORIO</b> .....                       | 11 |
| 2.1 Función muscular .....   | 12 |
| 2.2 Consideraciones anatómicas .....                               | 13 |
| 2.2.1 Músculo temporal .....                                       | 13 |
| 2.2.2 Músculo masetero .....                                       | 14 |
| 2.2.3 Músculo pterigoideo lateral .....                            | 15 |
| 2.2.4 Músculo pterigoideo medial .....                             | 16 |
| 2.2.5 Músculo digástrico .....                                     | 17 |
| 2.2.6 Músculo esternocleidomastoideo .....                         | 18 |
| 2.2.7 Músculo orbicular de la boca u orbicular de los labios ..... | 19 |
| 2.2.8 Músculo buccinador .....                                     | 20 |
| 2.3 Movimientos musculares .....                                   | 21 |
| 2.3.1 Músculo temporal .....                                       | 21 |
| 2.3.2 Músculo masetero .....                                       | 22 |
| 2.3.3 Músculo pterigoideo lateral .....                            | 23 |
| 2.3.4 Músculo pterigoideo medial .....                             | 24 |
| 2.3.5 Músculo digástrico .....                                     | 25 |
| 2.3.6 Músculo esternocleidomastoideo .....                         | 26 |
| 2.3.7 Músculo orbicular de los labios .....                        | 26 |
| 2.3.8 Músculo buccinador .....                                     | 26 |
| 2.4 Fisiología del tejido muscular .....                           | 27 |
| 2.4.1 Unidad motora .....  | 28 |
| 2.4.2 Unión neuromuscular .....                                    | 28 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4.3 Potencial de acción.....  | 29        |
| 2.5 Valoración de la musculatura .....  | 30        |
| 2.5.1 Protocolo de palpación .....  | 31        |
| 2.6 Conexiones oclusales .....  | 39        |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3 ELECTROMIOGRAFÍA.....</b>   | <b>41</b> |
| 3.1 Definición .....  | 41        |
| 3.2 Funcionamiento de la electromiografía.....  | 42        |
| 3.3 Tipos de electromiografía .....   | 45        |
| 3.3.1 Monopolar .....   | 45        |
| 3.3.2 Bipolar.....  | 46        |
| 3.3.3 Multielectrodo .....  | 47        |
| 3.3.4 Electromiografía de superficie .....  | 47        |
| 3.3.5 Electromiografía de aguja.....  | 49        |
| 3.4 Electromiografía en odontología.....  | 50        |
| 3.4.1 Indicaciones de la electromiografía en odontología .....                        | 52        |
| 3.4.2 Registro de la actividad eléctrica de los músculos .....                        | 52        |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4 ELECTROMIOGRAFÍA EN ORTODONCIA.....</b>                                 | <b>54</b> |
| 4.1 Protocolo para realizar la electromiografía .....                                 | 55        |
| 4.2 Registros electromiográficos que se obtienen en las<br>maloclusiones .....        | 57        |
| 4.2.1 Clase I.....  | 58        |
| 4.2.2 Maloclusión clase II .....  | 59        |
| 4.2.3 Maloclusión clase III .....   | 60        |
| 4.3 El uso de la electromiografía para monitorear las terapias<br>en ortodoncia ..... | 61        |
| 4.3.1 Mordida cruzada posterior .....   | 63        |
| 4.3.2 Mordida cruzada unilateral .....  | 64        |
| 4.3.3 Expansión rápida del maxilar.....   | 65        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.4 Cirugía ortognática .....         | 66        |
| 4.3.5 Respiración bucal .....           | 67        |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....               | <b>68</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... | <b>69</b> |

## INTRODUCCIÓN

Para integrar un diagnóstico, el clínico requiere de sus conocimientos, experiencia y sagacidad; que le permitirá analizar de forma adecuada la información obtenida mediante la anamnesis, la exploración física y los datos generados por los auxiliares de diagnóstico. Sin embargo los métodos auxiliares son herramientas en las que se puede apoyar para descartar el diagnóstico inicial.

Estos suelen brindar información de tipo cualitativa, cuando se evalúa el estado de salud mediante métodos visuales y sensoriales, o pueden ser de tipo cuantitativo cuando la información se ve registrada mediante parámetros específicos.

El avance tecnológico, ha influenciado el área de la Medicina con la inclusión de nuevos aparatos, como el Electromiógrafo, con el que se realiza el electromiograma o electromiografía, un test que evalúa la actividad muscular mediante el registro de los potenciales de acción, resultado de la acción muscular.

En Ortodoncia, esta herramienta se puede emplear durante el diagnóstico, el pronóstico y el proceso del tratamiento como un medio de monitoreo, con el objetivo de entender cuál es el efecto de la aparatología removible o fija en los músculos que causan las discrepancias óseo dentales y que afectan al sistema estomatognático. Para poder interpretar la información que genera el estudio, es necesario conocer la anatomía y fisiología del área a estudiar, así como las características, tipos y usos de la electromiografía con el fin de seleccionar la más adecuada a nuestras necesidades y las del paciente.

## **OBJETIVO**

Explicar el uso de la electromiografía en el área de ortodoncia como un auxiliar de diagnóstico, así mismo describir la forma en que se interpretan los datos, de manera que facilite el tratamiento.



## CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

La electromiografía clínica tuvo una importante aplicación en la década de 1960 y 1970, principalmente en servicios de rehabilitación. En la actualidad es utilizada en neurofisiología, por neurólogos y rehabilitadores.<sup>1</sup> Sin embargo el registro de la actividad eléctrica se remonta a mediados del siglo XVII, con el médico y científico *Francesco Redi*, que evidenció la existencia de un músculo especializado que era capaz de producir electricidad en un pez raya, en este mismo campo de investigación *John Walsh* demostró la producción de electricidad en la musculatura de la anguila en el año de 1773.<sup>2</sup> Fig. 1



Fig. 1 Francesco Redi<sup>3</sup>

Pero no fue hasta 1791 cuando el investigador italiano *Galvani*, precursor de los conocimientos actuales de fisiología neuromuscular, llegó a la conclusión de la presencia de electricidad en la musculatura de los organismos vivos, ya que con sus experimentos en ranas obtuvo la contracción muscular mediante la estimulación de un nervio. El utilizó un tipo de máquina electrostática. De singular interés son los trabajos de *Volta AG* que demostró el origen de la electricidad.<sup>1, 2</sup>

Posteriormente en el siglo XIX *Guillaume BA Duchenne*, elaboró el primer trabajo sobre la dinámica y función del músculo, construyó un equipo de estimulación neuromuscular, que en sus comienzos utilizó con fines terapéuticos, después investigativos y diagnósticos, que más tarde en conjunto a la introducción del concepto de unidad motora (UM) por *Lidell y Sherrington* en 1925, *Adrian y Bronk* 1929, empezaron a utilizar la aguja concéntrica para obtener un registro de los potenciales de UM, al cual añadieron un altavoz para escuchar la señal acústica de la actividad muscular.<sup>1</sup> Fig. 2



Fig. 2 Edgar Douglas Adrian.<sup>4</sup>

Posteriores aportaciones del osciloscopio de rayos catódicos y los amplificadores, sirvieron para el desarrollo de aplicaciones clínicas para la obtención de fibrilaciones y fasciculaciones por parte de *Denny-Brown y Penny-Becker* en 1938. La descripción de la técnica de estimulación repetitiva y el decremento miasténico fue descrito por *Harvey y Masland* en 1941.<sup>1</sup> Uno de los primeros reportes de estudio en enfermedades neurológicas utilizando este método fue por *Weddel* en 1944.<sup>2</sup> En este mismo año *Erlanger J y Spencer Gasser H*, basados en el trabajo de *Guillaume BA Duchenne*, amplificaron señales eléctricas, estimulando una

fibra nerviosa en un osciloscopio de rayos catódicos y recibieron el premio Nobel de medicina y fisiología.<sup>2</sup>

En consecuencia en las décadas de 1940 y 1950, las aportaciones por parte de *Buchthal* y *Clemensem*, consiguieron la diferenciación entre los procesos neurógenos y miógenos, estableciendo las bases para la aplicación clínica de la electromiografía (EMG). Buchthal fue pionero en desarrollar una escuela para la formación de especialistas que difundieran estas técnicas para su uso clínico.<sup>1</sup> A finales de esta década en 1949 el registro electromiográfico de la actividad de los músculos mandibulares fue introducido por R.E. Moyers.<sup>5</sup> Fig. 3



Fig.3 Robert E. Moyers.<sup>6</sup>

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

## CAPÍTULO 2 SISTEMA MASTICATORIO

Para comprender la manera en la que funciona la electromiografía, es elemental saber como se establece el sistema masticatorio que es excesivamente complejo.

Se le considera como unidad funcional del organismo ya que fundamentalmente se encarga de la masticación, el habla y la deglución. Al mismo tiempo cada una de sus partes desempeña un importante papel en el sentido del gusto y la respiración.

El sistema se constituye por huesos, articulaciones, ligamentos, dientes y músculos, quien controla y regula todos estos componentes estructurales es el sistema neurológico.<sup>7</sup> Fig. 4



Fig. 4 Sistema masticatorio.<sup>8</sup>

Todas las partes trabajan entre si y son interdependientes de tal manera que la disfunción de cualquiera de las estructuras puede afectar al complejo en su totalidad. El reconocer como funciona cada componente permite la valoración del sistema como un todo, por lo que su evaluación

y la reparación de sus defectos, será eficiente, con un esfuerzo y daño mínimo al paciente.<sup>9</sup>

## 2.1 Función muscular

Dedicarnos a discutir solo de los músculos que se insertan en la mandíbula, minimizaría el conjunto real de estos, puesto que intervienen durante múltiples funciones del sistema masticatorio.

Considerando lo ya mencionado, es acertado expresar que no es posible hacer un examen completo de las funciones de todos los músculos de la masticación y de aquellos vinculados en todos los movimientos de la mandíbula, debido a la diversidad de sus interacciones y de una cantidad considerable de músculos que de manera dependiente o independiente se relacionan con el sistema masticatorio.

Sería un error decir que un músculo tiene una función principal o única, basados en su ubicación, lo más acertado sería mencionar que se pueden analizar ciertos puntos de las funciones que llevan a cabo los músculos en forma particular e incluso con la aportación de algunos otros que actúan como antagonistas.<sup>10</sup>

De las diferentes estructuras que se encuentran en el cráneo, los músculos son componentes que trabajan en grupo con el fin de llevar a cabo una función específica o de oponerse a otra, en otras palabras trabajan como agonistas o antagonistas. A aquellos que se unen para cumplir una acción, se les denomina Grupo Muscular Funcional, se debe tener en cuenta el valor de la función muscular en la dinámica oral.

Todo movimiento que acontece en el interior del sistema masticatorio, está dirigido por contracciones y relajaciones musculares, que se siguen unas a otras generando un fenómeno de acción-reacción, que se define como función muscular o trabajo muscular.<sup>11</sup>

## 2.2 Consideraciones anatómicas

Para esclarecer el conocimiento de las relaciones musculares se debe tomar en cuenta la ubicación y capacidad de los músculos de utilidad para nosotros.

### 2.2.1 Músculo temporal

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>TIENE FORMA DE ABANICO</b>   |  |
| <b>SE DIVIDE EN 3 PORCIONES</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Anterior: Formada por fibras verticales.</li><li>• Media: Formada por fibras oblicuas.</li><li>• Posterior: Formada por fibras horizontales.</li></ul>   |
| <b>ORIGEN</b>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• En la fosa temporal y en la superficie profunda de la aponeurosis del temporal.</li></ul>  |
| <b>INSERCIÓN</b>                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pasa medial al arco cigomático para insertarse en la cara medial, borde anterior y posterior del proceso coronoides, y en la rama de la mandíbula <sup>7, 9, 12, 13,14</sup>. Fig. 5</li></ul> |

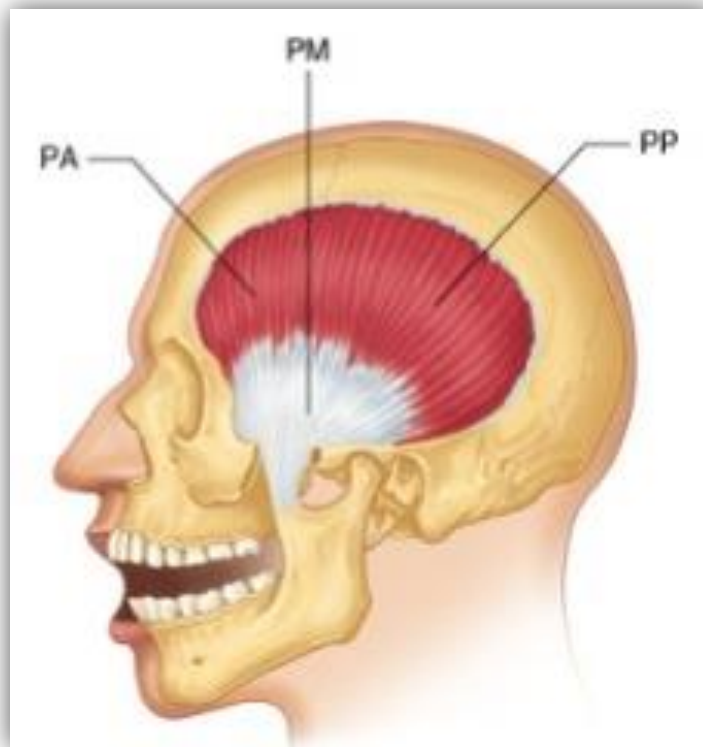


Fig. 5 Músculo temporal. <sup>7</sup>

### 2.2.2 Músculo masetero

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>DE FORMA</b>                     |  |
| <b>CUADRANGULAR</b>                 |  |
| <b>SE DIVIDE EN<br/>2 PORCIONES</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porción superficial.</li> <li>• Porción profunda.</li> </ul>  |
| <b>ORIGEN</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Porción superficial:</b> se origina en el borde anteroinferior del arco cigomático y partes anterior y media del arco cigomático.</li> <li>• <b>Porción profunda:</b> se origina en la parte media y posterior al arco cigomático distal a la sutura cigomática del arco.</li> </ul> |

## INSERCIÓN

- **Porción superficial:** se inserta en el ángulo y rama de la mandíbula, en la tuberosidad maseterina del aspecto lateral de la mandíbula.
- **Porción profunda:** se inserta en el proceso coronoides y en la tuberosidad maseterina, el aspecto lateral de la rama de la mandíbula <sup>7, 9, 13, 14</sup>. Fig. 6

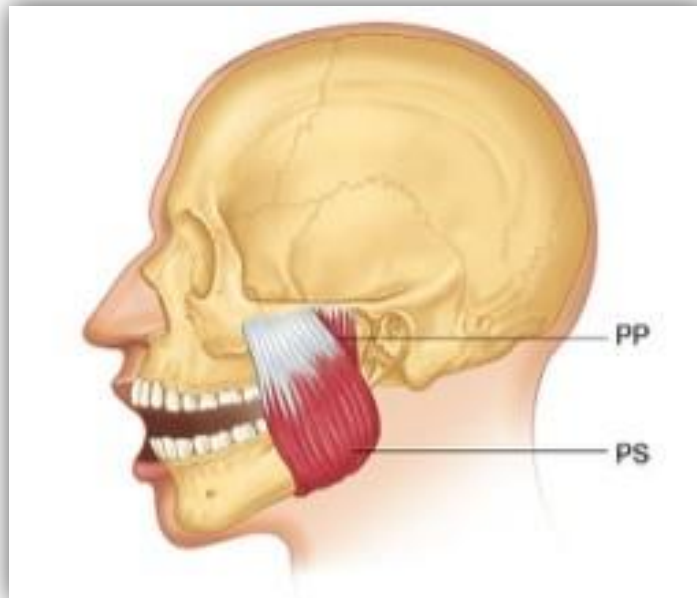


Fig. 6 Músculo masetero. <sup>7</sup>

### 2.2.3 Músculo pterigoideo lateral

#### PORCIONES

- Porción superior.
- Porción inferior (ambas con diferente función).

#### ORIGEN

- **Porción superior:** se origina en la superficie infratemporal del ala mayor del esfenoides.
- **Porción inferior:** superficie externa de la lámina pterigoidea externa.



|                  |  |
|------------------|--|
| <b>INSERCIÓN</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Porción superior:</b> disco articular de la ATM y dentro de la parte superior de la fosa pterigoidea (fóvea), en el cuello del cóndilo.</li> <li>• <b>Porción inferior:</b> en la superficie medial del cuello del cóndilo en la fóvea pterigoidea<sup>7, 9, 13, 14</sup>. Fig. 7</li> </ul> |
|------------------|--|

#### 2.2.4 Músculo pterigoideo medial

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>ORIGEN</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En la fosa pterigoidea, se extiende hacia abajo, hacia atrás hacia afuera. Lámina lateral de la apófisis pterigoidea del esfenoides y la apófisis piramidal del hueso palatino.</li> </ul>   |
| <b>INSERCIÓN</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En la superficie medial del ángulo de la mandíbula en la tuberosidad pterigoidea.</li> <li>• El aspecto lateral de este músculo está relacionado con el pterigoideo lateral separados por la aponeurosis interpterigoidea<sup>7, 11, 13, 14</sup>. Fig. 7</li> </ul> |

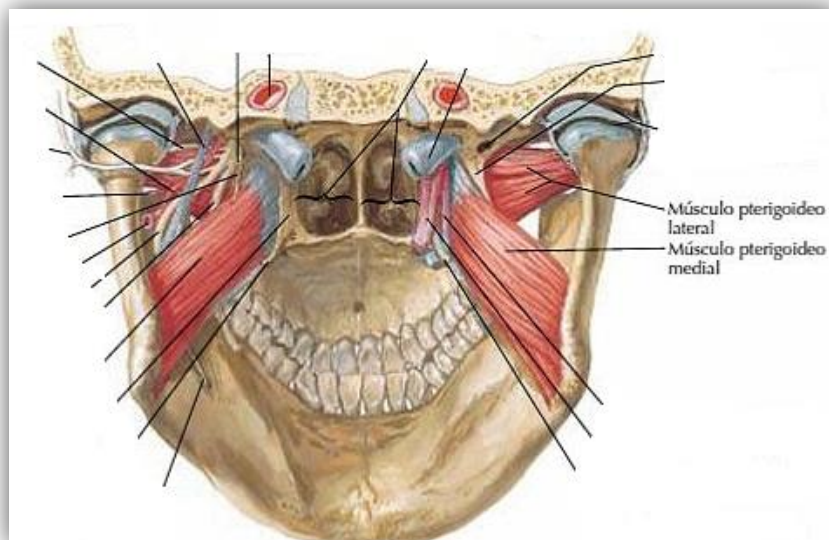


Fig.7 Músculo pterigoideo lateral y pterigoideo medial, origen e inserción.<sup>15</sup>

### 2.2.5 Músculo digástrico

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>SON 2 VIENTRES</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vientre posterior: se unen en la línea media.</li><li>• Vientre anterior.</li></ul>  |
| <b>ORIGEN</b>         | <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Vientre posterior:</b> se origina en la incisura mastoidea del hueso temporal y se dirige hacia abajo y adelante.</li></ul>   |
| <b>INSERCIÓN</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Vientre anterior:</b> en la fosa digástrica en el borde inferior de la mandíbula se dirige hacia atrás a partir del tendón intermedio que pasa por un ojal que hace el estilohioideo al fijar en el hueso hioideo <sup>10, 11, 13, 14</sup>. Fig. 8</li></ul> |

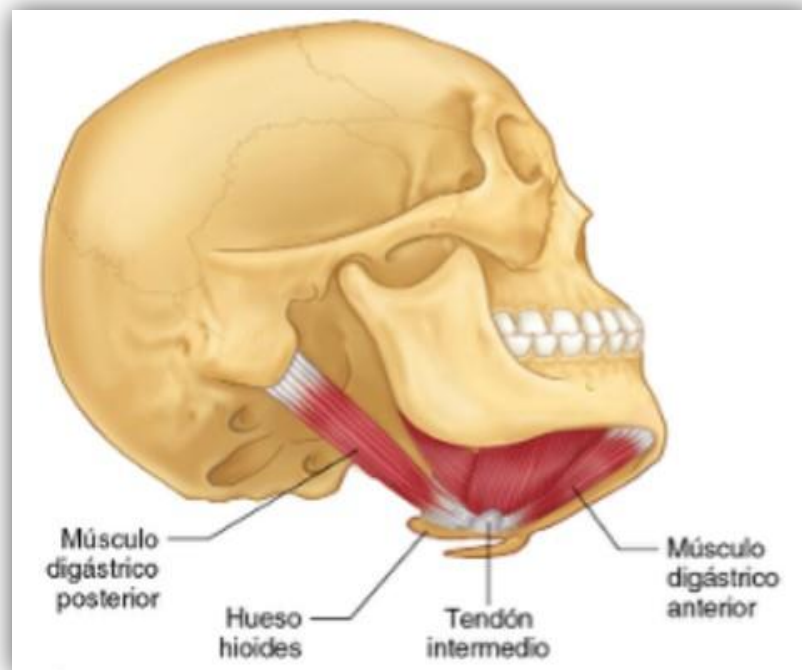


Fig. 8 Músculo digástrico. <sup>7</sup>

## 2.2.6 Músculo esternocleidomastoideo

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>CONSTA DE 2 PORCIONES</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Porción clavicular.</li><li>• Porción esternal.</li></ul>  |
| <b>ORIGEN</b>                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Se origina en su parte baja por dos porciones.</li><li>• <b>Porción clavicular:</b> es lateral y se fija en la extremidad esternal de la clavícula.</li><li>• <b>Porción esternal:</b> es medial y se fija en la cara anterior del manubrio del esternón.</li><li>• Las porciones se unen en un ángulo y forman la depresión llamada fosa supraclavicular menor.</li></ul> |
| <b>INSERCIÓN</b>             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Los fascículos se dirigen hacia arriba y se insertan en el proceso mastoideo del temporal y los tercios laterales de la línea nucal superior <sup>7, 12, 13, 14</sup>. Fig. 9</li></ul>  |

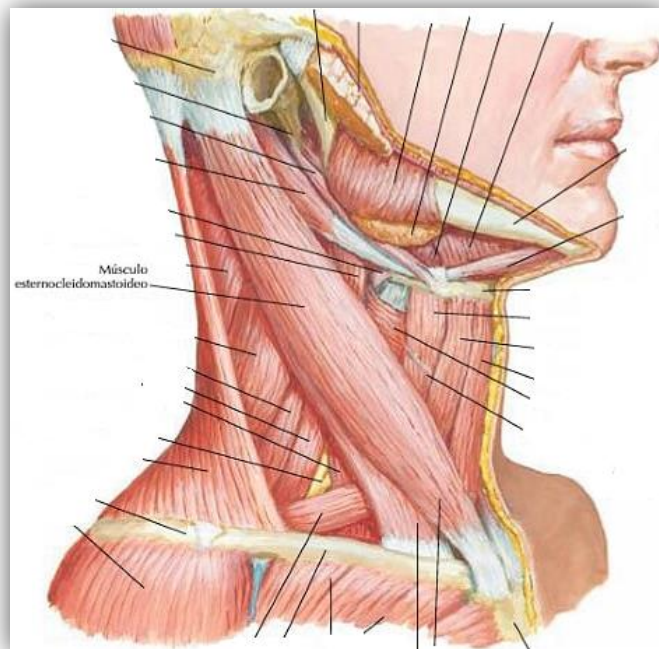


Fig. 9 Músculo esternocleidomastoideo. <sup>15</sup>

## 2.2.7 Músculo orbicular de la boca u orbicular de los labios

### ESTA FORMADO POR 2 SEMICIRCULARES

#### ORIGEN E INSERCIÓN

- Los fascículos están situados en el espesor de los labios y se adhieren a la piel.
- **Porción marginal:** es un borde periférico que irradia en los músculos adyacentes.
- **Porción labial:** la parte principal del músculo, se sitúa en la parte roja de los labios.

El orbicular de la boca rodea el orificio bucal o aproxima la hendidura labial y los periorbitales. <sup>14</sup> Fig. 10

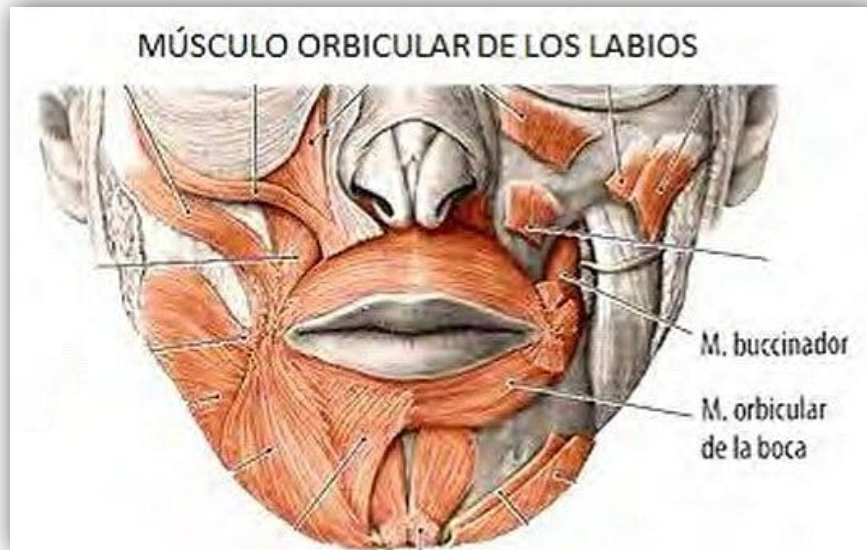


Fig. 10 Músculo orbicular de la boca. <sup>8</sup>

### 2.2.8 Músculo buccinador

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>ORIGEN</b>    | <ul style="list-style-type: none"><li>• En el proceso alveolar de la maxila y la mandíbula y en el rafé pterigomandibular; sus fascículos se dirigen hacia adelante.</li></ul> |
| <b>INSERCIÓN</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• En el ángulo de los labios se mezcla con las partes profundas del orbicular de la boca. <sup>14</sup> Fig. 11</li></ul>                |

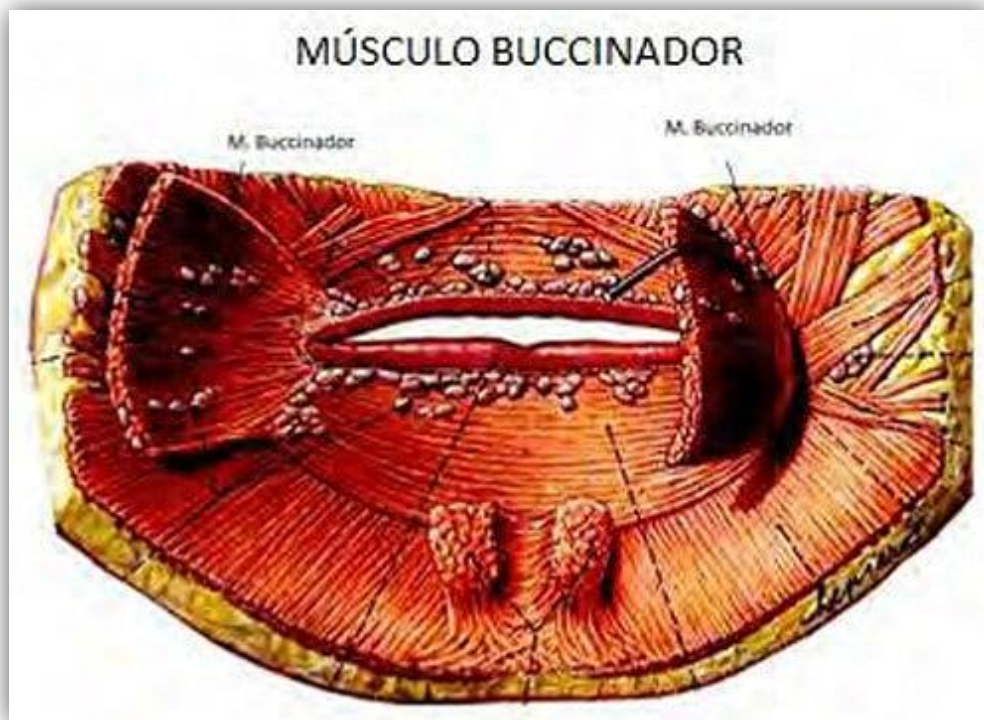


Fig. 11 Músculo buccinador. <sup>12</sup>

## 2.3 Movimientos musculares

Es primordial saber tanto las relaciones anatómicas como las funcionales de los músculos del sistema masticatorio, para comprender cualquier desarmonía que se presente en él. En las siguientes tablas se describen sus funciones así como de sus agonistas y antagonistas.

| 2.3.1 MÚSCULO TEMPORAL                                |  |
|---|--|
| <b>ACCIÓN</b>   | Cierre y retrusión   |
| <b>MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b>    | <b>Acción:</b> Cierre. <ul style="list-style-type: none"><li>• Masetero y pterigoideo medial</li></ul> <b>Acción:</b> Retrusión. <ul style="list-style-type: none"><li>• Digástrico y la porción superior del pterigoideo lateral funcionan en conjunto con las fibras posteriores del músculo temporal.</li></ul>   |
| <b>MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b> | <b>Acción:</b> Cierre y apertura. <ul style="list-style-type: none"><li>• Vientre posterior del digástrico y las porciones superior e inferior del pterigoideo lateral.</li></ul> <b>Acción:</b> Retrusión. <ul style="list-style-type: none"><li>• Los músculos maseteros, digástrico, el pterigoideo medial y la porción superior del pterigoideo lateral.<sup>9</sup></li></ul> |

### 2.3.2 MÚSCULO MASETERO

|   |   |
|---|---|
| <b>ACCIÓN</b>   | Cierre y retrusión de la mandíbula  |
| <b>MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b>    | <p>Agonistas de la porción superficial del músculo masetero.</p> <p><b>Acción:</b> Cierre.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Masetero contralateral y bilateralmente, temporal, pterigoideo medial y porción superior de los pterigoideos laterales.</li></ul> <p>Agonistas de la porción profunda del masetero.</p> <p><b>Acción:</b> Cierre.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fibras temporales anteriores del temporal y pterigoideo medial.</li></ul> <p><b>Acción:</b> Retrusión.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Porciones posteriores del temporal.</li></ul> |
| <b>MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b> | <p>Antagonistas de la porción superficial del músculo masetero.</p> <p><b>Acción:</b> Cierre.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Porción inferior del músculo pterigoideo lateral.</li></ul> <p><b>Acción:</b> Retrusión.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se incluye a los músculos infrahioideos y suprahioideos incluyendo al omohioideo, el vientre anterior del digástrico y la porción inferior del pterigoideo lateral.<sup>7,9</sup></li></ul>  |

### 2.3.3 MÚSCULO PTERIGOIDEO LATERAL

#### ACCIÓN

- Porción inferior: apertura.
- Porción superior: cierre.

El pterigoideo lateral funciona como músculo de soporte para sostener el cóndilo al cierre de la boca.

#### MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

**Acción:** Apertura recta vertical (función bilateral).

- Digástrico, pterigoideo medial (función bilateral).

**Acción:** Protusiva lateral.

- Digástrico contralateral (porción anterior del músculo principalmente), pterigoideo medial (ipsilateral y contralateral), masetero (ipsilateral y contralateral) y temporal (ipsilateral y contralateral).

#### MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

**Acción:** Apertura recta vertical (función bilateral) y protrusiva lateral.

- Porciones superior e inferior del pterigoideo lateral.

**Acción:** Cierre, cuando la mandíbula regresa para tomar su posición neutra en la fosa glenoidea.

- Porción superior del pterigoideo lateral aumenta su actividad y se reduce la del vientre inferior.<sup>7,9</sup>



### 2.3.4 MÚSCULO PTERIGOIDEO MEDIAL

#### ACCIÓN PRIMARIA

Elevación, protrusión, lateralidad.

#### MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

**Acción:** Cierre.

- Masetero bilateral y el temporal.

**Acción:** Protrusión.

- Movimiento bilateral del pterigoideo medial.
- Cabezas superior e inferior del pterigoideo lateral.

**Acción:** Movimiento contralateral de la mandíbula.

- Cabezas superior e inferior del pterigoideo lateral.

#### MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

**Acción:** Cierre.

- Digástrico, cabezas superiores e inferiores del pterigoideo lateral y el músculo cutáneo del cuello.

**Acción:** Protrusión.

- Movimiento bilateral del pterigoideo medial, temporal y digástrico.

**Acción:** Movimiento contralateral de la mandíbula.

- Músculos contralaterales.<sup>9</sup>

### 2.3.5 MÚSCULO DIGÁSTRICO

#### ACCIÓN

Cuando actúa bilateralmente se realiza la apertura de la mandíbula, durante este proceso del músculo levanta el hueso hioides.

Es de importancia cuando los músculos agonistas y antagonistas entran en juego para estabilizar el hueso hioides y prestarle soporte a la función del digástrico.

Cuando actúa unilateralmente, asiste en el movimiento de retrusión lateral hacia el lado contrario de la contracción del digástrico.

#### MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

En general cuando el vientre anterior aumenta su actividad disminuye la del vientre posterior y viceversa.

**Acción:** Apertura mandibular.

- Porción superior e inferior del músculo pterigoideo lateral.

**Acción:** Retrusión.

- Porción superior del músculo pterigoideo lateral.

**Acción:** Elevación del hueso hioides.

- Milohioideo, geniohiideo, y estilohioideo.

#### MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN

**Acción:** Apertura mandibular.

- Pterigoideo medial, temporal y masetero.

**Acción:** Retrusión.

- Pterigoideo lateral, mayormente la porción superior, y el pterigoideo medial.

**Acción:** Elevación del hueso hioides.

- Omohioideo, esternohioideo y tirohioideo.<sup>9</sup>

### 2.3.6 MÚSCULO ESTERNOCLEIDOMASTOIDEO

|   |   |
|---|---|
| <b>ACCIÓN</b>   | <p>Porción clavicular.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acción:</b> gira y rota la cabeza hacia arriba.</li> </ul> <p>Porción esternal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Unilateralmente:</b> ayuda a girar la cabeza.</li> <li>• <b>Bilateralmente:</b> flexiona la cabeza hacia adelante.</li> </ul>          |
| <b>MÚSCULOS AGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b>    | <p><b>Acción:</b> Flexionar la cabeza hacia adelante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recto anterior mayor.</li> </ul> <p><b>Acción:</b> Gira la cabeza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esplenios.</li> </ul>  |
| <b>MÚSCULOS ANTAGONISTAS DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN</b> | <p><b>Acción:</b> Flexionar la cabeza hacia adelante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejo mayor y complejo menor, y las fibras posteriores del esternocleidomastoideo.</li> </ul> <p><b>Acción:</b> Girar la cabeza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esplenios del lado opuesto.<sup>11,12,13</sup></li> </ul> |

### 2.3.7 MÚSCULO ORBICULAR DE LOS LABIOS

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| <b>FUNCIÓN</b> | Aproxima la hendidura labial |
|----------------|------------------------------|

### 2.3.8 MÚSCULO BUCCINADOR

|                |   |
|----------------|---|
| <b>FUNCIÓN</b> | <p>Jala el ángulo de la boca hacia un lado, la contracción bilateral extiende la hendidura bucal. Abomba las mejillas, durante la masticación y protege a la mucosa del interior de las mejillas. Con la boca cerrada participa en la acción de soplar, silbar, ya que hace compresión en las mejillas contra los dientes.<sup>14</sup></p> |
|----------------|---|

## 2.4 Fisiología del tejido muscular

Los músculos esqueléticos están formados de fibras musculares individuales que se contraen al ser estimuladas por una neurona motora somática, cada una de estas se ramifica para inervar varias fibras musculares, que están rodeadas por una membrana plasmática, o sarcolema. Cuando se activan diversas neuronas motoras se generan graduaciones de la fuerza de la contracción de todo el músculo. Fig. 12.

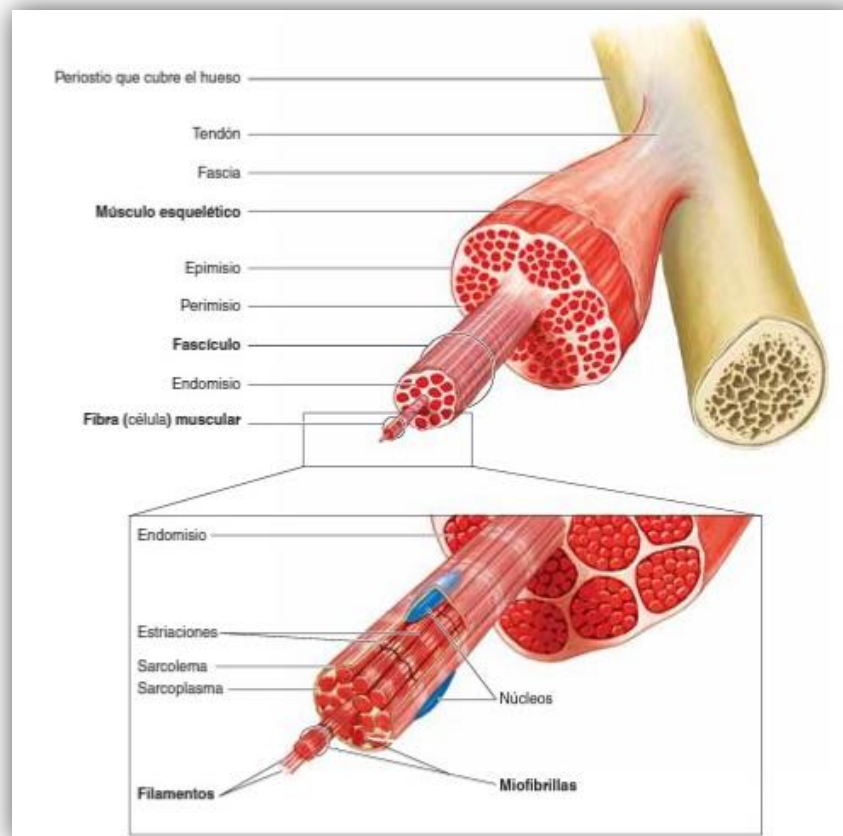


Fig. 12 Estructura del músculo esquelético.<sup>16</sup>

### 2.4.1 Unidad motora

Cada fibra muscular recibe una terminal de axón única, que resulta de una neurona motora somática. La neurona motora estimula la fibra muscular para que se contraiga al liberar acetilcolina en la unión neuromuscular.

Cada neurona motora somática, en conjunto de las fibras musculares que inerva, se conoce como unidad motora (UM).<sup>16</sup> Fig. 13.

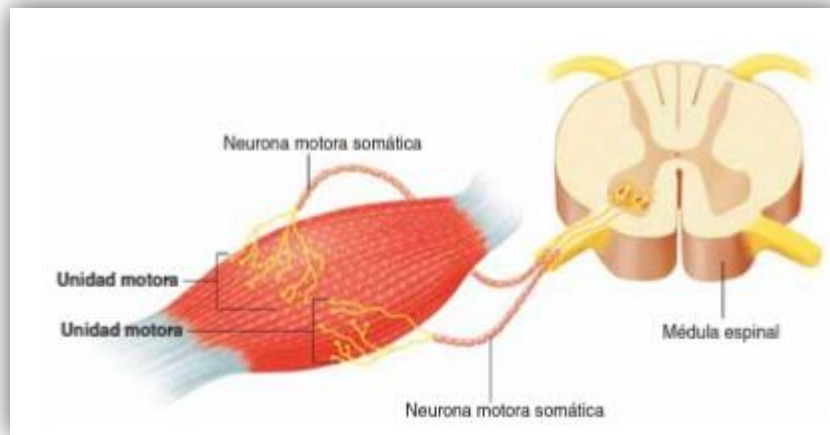


Fig. 13 Neuronas motoras.<sup>16</sup>

### 2.4.2 Unión neuromuscular

Las neuronas motoras y fibras musculares como células excitables establecen su comunicación en regiones especializadas llamadas sinapsis, que a su vez se denominan uniones neuromusculares. Estas están separadas por un pequeño espacio denominado hendidura sináptica. Como las células no están en contacto directo, el potencial de acción no puede saltar la hendidura, sin la intervención de una sustancia química conocida como neurotransmisor.<sup>17</sup>

La zona del sarcolema de la fibra muscular en la unión neuromuscular se conoce como placa terminal motora.<sup>16</sup> Fig. 14

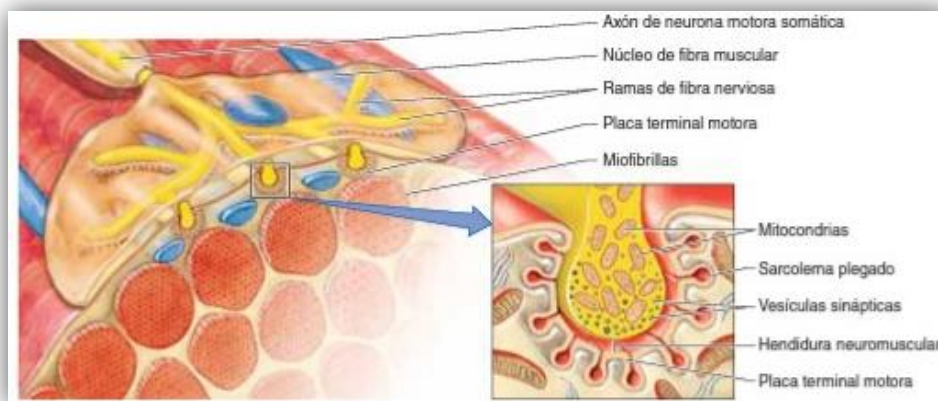


Fig. 14 Unidad motora y placa terminal motora. <sup>16</sup>

Cuando un impulso nervioso llega al extremo de un axón, estimula la apertura de los canales dependientes de voltaje. Los iones de calcio que se encuentran mayormente concentrados en el líquido extracelular ingresan a través de los canales abiertos. Una vez que ingresan estimulan la exocitosis de las vesículas sinápticas, que durante el proceso se fusionan con la membrana sináptica de la neurona motora liberando acetilcolina (ACh) en la hendidura sináptica.

La ACh se propaga a través de la hendidura y se une a los receptores en el sarcolema, después de esta unión se descompone en ácido acético y colina, por la acción de la enzima acetilcolinesterasa, esta destrucción de la ACh prevé la contracción continua de la fibra muscular.<sup>17</sup>

### 2.4.3 Potencial de acción

Un sarcolema en reposo está polarizado, es decir que existe una diferencia de potencial a través de la membrana en relación con el exterior. La unión de la ACh con los receptores en la placa motora abre los canales de iones y permite que tanto el  $\text{Na}^+$ , como el  $\text{K}^+$  pasen. Como se divulga más  $\text{Na}^+$  que  $\text{K}^+$  hacia afuera, ocurre un cambio transitorio generando que el interior del sarcolema se vuelva un poco menos negativo, lo que es llamado despolarización.

Este evento local conocido como potencial de placa motora, comienza el potencial de acción que se propaga en todas direcciones desde la unión neuromuscular.

Por lo que el potencial de acción es el resultado de una secuencia predecible de cambios eléctricos, que se extiende a lo largo del sarcolema.<sup>18</sup>

La estimulación del nervio motor hacia los músculos causa la despolarización que lleva a la producción de un potencial de acción, el estudio de este potencial se conoce como electromiografía.

## 2.5 Valoración de la musculatura

Como parte de la historia clínica, el examen clínico y el uso de la electromiografía es importante que se lleve a cabo una valoración de los músculos mediante la palpación, con la que se obtendrán datos más precisos y completos de la función del sistema y si de igual manera existe alguna alteración. La inspección de los músculos del sistema estomatognático requiere de una observación, de un registro mediante una historia clínica, palpación y de procedimientos diagnósticos extras. Una vez comenzado el procedimiento si se llega a encontrar o se determina la ausencia de una asimetría en cabeza y cuello, suele ser predominante de un crecimiento no igualitario, que determinaría el comportamiento de los patrones musculares,<sup>9</sup> el dolor es otro factor que suele ser indicativo de que el tejido muscular se encuentra comprometido o presenta una alteración, que puede ser ocasionada por algún abuso físico o traumatismo.<sup>7</sup> Es primordial que durante la valoración del sistema estomatognático , se lleve a cabo un protocolo completo de evaluación y diagnóstico inicial de la musculatura, comprobando que los músculos estén dentro del alcance del protocolo odontológico. Esto va más allá de lo que nosotros conocemos como músculos de la masticación: temporal,

masetero, digástrico, pterigoideo medial y lateral, debido a que el proceso del examen considera a los músculos agonistas y antagonistas.

Entre los músculos primarios, sus agonistas y antagonistas existe una relación para generar un movimiento, suave y predecible de los huesos, cuando existe una interrupción continua o repetitiva del proceso normal, aparece la posibilidad del movimiento disfuncional, en un inicio estas alteraciones pueden ser tan sutiles que no son detectables a simple vista, sin embargo con el tiempo suficiente estos patrones o sus consecuencias pueden llegar a ser observables clínicamente.

La estimulación de una parte del cuerpo afecta a cada porción del cuerpo en cierta forma, por lo que se tiene que vislumbrar la conexión de las relaciones de los agonistas-antagonistas antes de llegar a una conclusión acerca de la disfunción muscular. Alguna de estas puede estar más allá del rango de la odontología, pero no debe pasarse por alta.<sup>9</sup>

### 2.5.1 Protocolo de palpación

Antes de iniciar con la palpación, es importante explicarle al paciente que no es necesario que exista dolor durante el examen, una técnica aceptable para demostrar cómo se llevara a cabo la inspección es ejerciendo en la mano o en alguna parte del brazo la cantidad de presión que se usara.<sup>9</sup> Es importante conocer que en un músculo sano no se producen sensaciones de dolor o sensibilidad a la presión, por lo que si el paciente refiere una molestia durante el procedimiento de un músculo concreto, se sospechara que el tejido muscular ha estado comprometido a causa de un traumatismo o fatiga.

La palpación del músculo se realiza con la superficie palmar del dedo medio; el índice y el anular para explorar las áreas adyacentes. La presión a la que se somete debe ser suave pero mantenida, de manera que los dedos compriman los tejidos contiguos en un leve movimiento circular, en



general es mejor una presión firme de 1 a 2 segundos que varias presiones, durante el procedimiento debemos preguntarle al paciente si molesta o duele y de ser así registrar el grado de dolor y de que músculos se trata.<sup>7</sup>

### Músculo temporal

El músculo temporal se divide en tres porciones: anterior, media y posterior, que se palpan de manera individual.<sup>7</sup> Al principiar la palpación, se coloca la mano sobre la oreja, el borde lateral de la mano se ubica sobre el meato auditivo externo, de tal forma que los dedos se extiendan hacia arriba alrededor de una pulgada y media de separación hacia el borde de la órbita. Esto contornea al músculo temporal.<sup>9</sup>

Si se llega a vacilar en cuanto a la colocación adecuada de los dedos, se le pide al paciente que apriete los dientes, de esta manera el músculo temporal se contraerá y se notaran las fibras que lo conforman. Es útil colocarse detrás del paciente y utilizar las dos manos para palpar las zonas musculares respectivas a la vez.

- La región anterior del músculo temporal se palpa por encima del arco cigomático y por delante de la ATM. Las fibras en esta zona se ubican de manera vertical
- La región media del músculo temporal se palpa justo por encima de la ATM y el arco cigomático. Las fibras de esta zona se ubican de manera oblicua.
- La región posterior del músculo temporal se palpa por encima y por detrás de la oreja. Las fibras de esta zona se ubican de manera horizontal. Fig. 15



Fig. 15 Palpación de las regiones anterior (A), media (B) y posterior (C) de los músculos temporales.<sup>7</sup>

Al valorar el músculo temporal es importante no olvidar su tendón, que se inserta en la apófisis coronoides de la mandíbula, este tendón se palpa situando el dedo de una mano dentro de la boca sobre el borde anterior de la rama de la mandíbula y el dedo de la otra por fuera de la boca en la misma zona. El dedo ubicado dentro de la boca se desplaza hacia arriba siguiendo el borde anterior de la rama hasta palpar la apófisis coronoides y el tendón. En todo momento debemos cuestionar al paciente si presenta alguna molestia o dolor.<sup>7</sup> Fig. 16



Fig.16 Palpación del tendón del músculo temporal. <sup>7</sup>

### Músculo masetero

El músculo masetero se palpa bilateralmente en sus inserciones superior e inferior. De primera instancia se colocan los dedos sobre el arco cigomático, justo delante de la ATM, después se bajan ligeramente hacia la porción del masetero insertada en el arco cigomático, justo por delante de la articulación. Una vez palpada la zona del **masetero profundo**, se desplazan los dedos hacia la inserción inferior en el borde inferior de la rama mandibular. El área de la palpación se encuentra sobre la inserción del cuerpo del masetero (**masetero superficial**).<sup>7</sup> Fig. 17

La palpación del **masetero profundo** puede ser llevada a cabo al tener al paciente en una apertura amplia, colocando el dedo índice sobre el proceso coronoide.<sup>9</sup>



Fig. 17 Palpación del masetero en su porción profunda (A), palpación del masetero en su porción superficial (B).<sup>7</sup>

### Músculos pterigoideos

En la literatura existen dos protocolos que se pueden llevar a cabo para la palpación de estos músculos, de los cuales se hará referencia a continuación.

#### Protocolo según Becker

- Músculo pterigoideo lateral

De acuerdo con Becker la palpación de los músculos pterigoideos laterales ha generado controversia debido a que tanto el como otros autores concuerdan que estos no pueden ser palpados directamente. Basado en su experiencia afirma que en el mejor de los casos uno palpa el espacio dentro del cual estos músculos funcionan y más probablemente se palpa el proceso coronoide en la inserción del músculo temporal y el músculo pterigoideo medial. Si el vientre inferior de los pterigoideos laterales está en un espasmo provocara una respuesta en el paciente al pedirle que haga protrusión contra una presión ejercida sobre la mandíbula, esto puede ser llevado a cabo al colocar su pulgar en la sínfisis de la mandíbula para resistir el movimiento de protrusiva.

- Músculo pterigoideo medial

Según Becker el músculo pterigoideo medial puede ser palpado extraoralmente al colocar los dedos a lo largo de la superficie interna de la mandíbula en su ángulo. Intraoralmente se ubica posterior a los molares inferiores por detrás del proceso coronoide hacia arriba hacia el revestimiento del pterigoideo medial. La inserción del músculo se da a lo largo de la superficie medial de la mandíbula por encima del ángulo y del revestimiento del pterigoideo medial del hueso esfenoides.<sup>9</sup>

#### Protocolo según Okeson

Okeson habla de la manipulación funcional, basada en el principio de que, cuando un músculo se fatiga y genera sintomatología, una mayor actividad del mismo solo provocara más dolor. La palpación del pterigoideo medial y lateral generalmente provoca dolor, sin embargo la manipulación funcional produce menos molestias y por esa razón Okeson utiliza esta técnica sobre dos músculos básicos para el movimiento mandibular, el pterigoideo lateral en su porción superior e inferior y el pterigoideo medial, que resultan casi imposibles de palpar.

#### Manipulación funcional del músculo pterigoideo lateral inferior

Contracción: La manipulación más eficaz consiste en hacer que el paciente lleve a cabo una protrusión contra una resistencia creada por el operador. Si el músculo es el origen del dolor, esta actividad lo incrementara.

Distención: El pterigoideo lateral inferior se distiende cuando los dientes se encuentran en intercuspidadón máxima. Por lo tanto si es el origen del dolor, cuando apriete los dientes este aumentara y al colocar un

separador en los dientes posteriores este dolor reducirá o incluso desaparecerá. Fig. 18



Fig. 18 Manipulación funcional del músculo pterigoideo lateral inferior. <sup>7</sup>

#### Manipulación funcional del músculo pterigoideo lateral superior

**Contracción:** El músculo pterigoideo lateral superior se contrae con los músculos elevadores, sobre todo al morder con fuerza, si se coloca un separador entre los dientes posteriores y el paciente muerde el dolor aumentara.

**Distensión:** al igual que con la porción inferior la distensión del músculo pterigoideo lateral superior se produce con la intercuspidación máxima. Por lo que su distensión y contracción se generan durante la misma actividad; si el origen del dolor de este músculo, dolerá con el apretamiento, por lo que para diferenciar el dolor con el de los músculos elevadores se puede pedir al paciente abrir en apertura máxima y si no existe dolor el origen es esta porción del pterigoideo lateral. Fig. 19



Fig. 19 Manipulación funcional del músculo pterigoideo lateral superior.<sup>7</sup>

### Manipulación funcional del músculo pterigoideo medial

**Contracción:** El pterigoideo medial es un músculo elevador y por lo tanto se contrae cuando se llega a intercuspidadación. Si el origen es el dolor al apretar los dientes el dolor aumentara, al colocar un separador en los dientes posteriores el dolor aumentara puesto que el músculo sigue en contracción.

**Distensión:** De igual manera el pterigoideo medial se distiende mucho al abrir la boca. En consecuencia si es el origen del dolor, la apertura máxima lo incrementara.<sup>7</sup>

### Digástrico

El protocolo de palpación se inicia en el vientre posterior del digástrico a lo largo de la línea desde el aspecto inferior del proceso mastoideo al borde superior del cuerpo del hioides. El vientre anterior es accesible desde el aspecto inferior de la mandíbula y el músculo se estrecha en la medida que se acerca al hioides y se dirige de alguna manera lateralmente.<sup>9</sup>

## Esternocleidomastoideo

El músculo esternocleidomastoideo pese a que no está relacionado directamente con la mandíbula, se examina ya que muchas veces está implicado en los trastornos temporomandibulares. La palpación se empieza de modo bilateral cerca de su inserción en la superficie externa de la fosa mastoidea, por detrás de la oreja, se dirige hacia abajo por toda la longitud del músculo, descendiendo hasta su origen cerca de la clavícula. Haciendo mención al paciente de referir cualquier molestia que presente.<sup>7</sup> Fig. 20



Fig. 20 Palpación del músculo esternocleidomastoideo.<sup>7</sup>

## 2.6 Conexiones oclusales

Muchas de las alteraciones o disfunciones musculares, se asocian con la oclusión y es importante conocer estas relaciones.

### Masetero

El masetero superficial se ve afectado por interferencias en excursiva, inmediatamente al salir de la máxima intercuspidad de los dientes. El masetero profundo genera interferencias en excursiva debido a contactos retrusivos iatrogénicos o fuerzas retrusivas en excursiones laterales.



## Temporal

La porción anterior del músculo temporal es afectado por las interferencias excursivas en el área de las bicúspides, la porción posterior está más influenciada por la introducción de inclinaciones retrusivas y/o fuerzas retrusivas.

## Pterigoideo lateral

Este músculo está implicado en casi todos los movimientos mandibulares, por lo que está implicado en diversas respuestas anormales. Se sabe que este músculo no trabaja solo de modo que se deberá considerar otros músculos en el intento de conseguir un balance.

## Pterigoideo medial

El desequilibrio oclusal que afecta este músculo mayormente es el del bruxismo que implica interferencias de trabajo y el balance. Este desequilibrio siempre estar presente del mismo lado de la interferencia.

## Digástrico

El músculo presenta alteraciones cuando hay una pendiente retrusivas, usualmente en los dientes anteriores, cuando el digástrico llega a ser sobreusado en un intento de retraer la mandíbula del contacto, la otra forma en que se activa es cuando la mandíbula se desvía para evitar una interferencia.<sup>9</sup>

## CAPÍTULO 3 ELECTROMIOGRAFÍA

Entre los diversos métodos electrofisiológicos para el estudio de la actividad muscular o de los movimientos resultantes de la acción muscular (Kinesiología) se encuentran los estudios de la presión y tensión, el más conocido es la electromiografía (EMG), gracias a su disponibilidad, fácil realización y número de elementos que el análisis aporta.<sup>19</sup>

### 3.1 Definición

La electromiografía (EMG), se conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos electrofisiológicos que permiten obtener la actividad eléctrica muscular producida de manera espontánea o durante la contracción voluntaria, como resultado de las variaciones de voltaje que se generan en las fibras musculares, como resultado de la despolarización de las membranas celulares durante la contracción.<sup>19</sup> Este auxiliar de diagnóstico permite a su vez la valoración funcional del aparato neuromuscular por medio de señales gráficas, sonidos o valores numéricos que interpretados de forma adecuada revelan la indemnidad del músculo, la transmisión y el estado del nervio, ayudando a evaluar eficazmente la condición del paciente.<sup>20</sup>

Los electrodos pueden ser colocados en la piel sobre el músculo o insertados en el cuerpo del músculo. Ambos tipos registran los potenciales de acción de la membrana a muchas fibras en una UM aislada que llega al electrodo en tiempos diferentes, dando una única rubrica a esa unidad mientras el electrodo no sea movido.

En la fig. 21 se ilustra la manera en la que la fuerza es aumentada por un mayor número en la frecuencia de unidades de descarga (suma temporal) y por el agregado de otras unidades (suma cuantal). A medida que más y más unidades son agregadas y unidades descargan a mayores

frecuencias, los potenciales de acción de las varias unidades se funden y producen el electromiograma típico.<sup>21</sup>

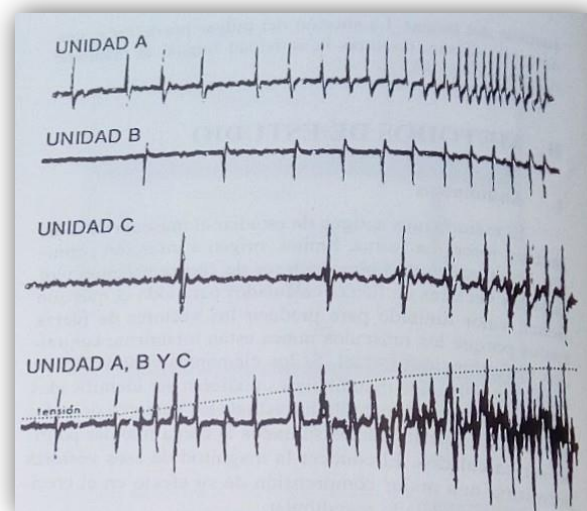


Fig. 21 Representación esquemática del electromiograma típico, donde A, B, C representan los PUM separadamente de tres UM de diferentes umbrales, el trazado inferior ilustra como se ven las tres unidades en una EMG.<sup>21</sup>

Actualmente se conocen dos variables de EMG: a) clínica, que se encarga de la patología neuromuscular, al estudiar las características del potencial de la unidad motora (PUM) y b) cinesiología, que permite examinar el tiempo de activación muscular durante la tarea estudiada, así como el pico de máxima actividad.<sup>22</sup>

### 3.2 Funcionamiento de la electromiografía

El potencial de unidad motora (PUM) es el resultante de la suma de los potenciales de fibra muscular generados, los electrodos se encargan de registrar esta actividad muscular, tomando en cuenta que registran las ligeras diferencias de tiempo establecidas por las distintas distancias y conducción de cada fibra.<sup>23</sup>

El EMG puede ser cuantificado midiendo la altura de las potenciales de acción o la frecuencia de los potenciales de acción individuales. A niveles elevados de actividad cuando las espigas del potencial están superpuestas, los recuentos de frecuencia se hacen inexactos.<sup>21</sup>

Sin embargo aunque el registro electromiográfico se conforma de la señales de los potenciales de acción, también toma en cuenta otras denominadas “ruido” (la piel, campos electromagnéticos, artefactos de movimiento, aparatos eléctricos, interferencia de red, etc.)

La señal de propagación que se ve en la EMG viene dada por la fase de despolarización de la membrana y el ciclo de repolarización, en forma de una onda de despolarización que generalmente es de morfología bi o trifásica, su duración oscila entre 4 y 10 milisegundos, la amplitud de los potenciales varía entre 0.5 y 3 mV y la frecuencia de descarga máxima de UM se estima en cincuenta veces por segundo.<sup>22, 23</sup>

En estudios dinámicos los PUM activos detectables en el lugar donde está colocado el electrodo, se superponen eléctricamente, observándose como una señal bipolar con una distribución de amplitudes negativas y positivas. Cuanto mayor sea la frecuencia de descarga de los PUM y su reclutamiento, mayor será la magnitud y densidad de la señal observada.

La señal que se obtiene sin filtrar es la “Raw signal o señal bruta”, está compuesta de periodos de contracción y relajación, en el periodo de relajación observamos la línea base EMG, que depende de muchos factores, que si son adecuados la línea no debe ser superior a 3-5  $\mu\text{V}$ .<sup>22</sup>

Fig. 22

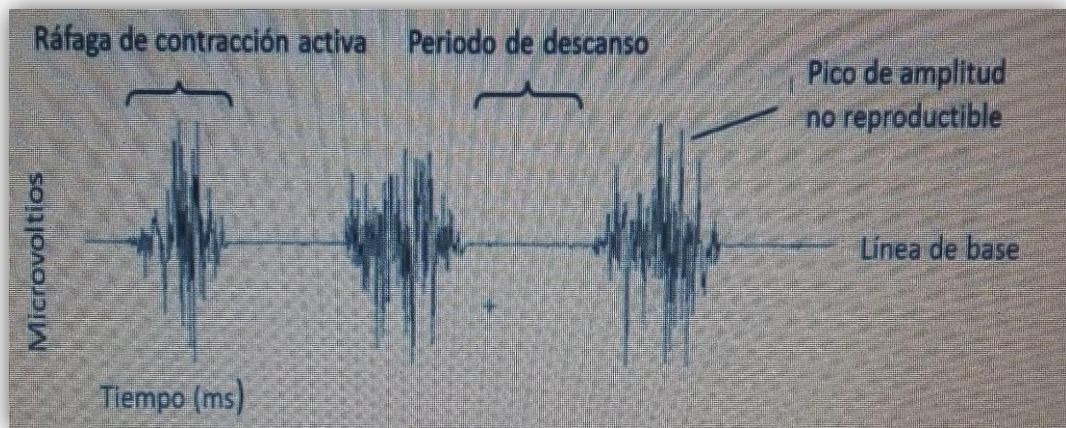


Fig. 22 Señal bruta.<sup>22</sup>

Como se mencionó la calidad de la señal puede verse afectada por múltiples factores y es importante conocer estas limitaciones para la aplicación correcta de la EMG. De Luca los clasificó en factores: causativos, intermedios, y determinísticos.

Los factores causativos son aquellos que tienen un efecto básico o elemental en la señal, se dividen en dos grupos: intrínsecos, que son las características fisiológicas, anatómicas y bioquímicas, de los músculos que incluyen el diámetro de la fibra muscular, la distancia entre las fibras activas y el sitio de detección, que depende del grosor del tejido adiposo e influyen en la amplitud del PUM registrada y los extrínsecos que son aquellos asociados con la estructura del electrodo y su posición en la superficie de la piel, que incluyen la localización de los electrodos sobre el músculo, la distancia interelectrodo, el método para reposicionar el electrodo, el entrenamiento de los operadores, posición del cuerpo y factores psicológicos.

Los factores intermedios son aquellos que representan los fenómenos físicos y fisiológicos que son influenciados por uno o más de los factores causativos y que a su vez influyen a los factores determinísticos que

son aquellos que tienen una relación directa con la información de la señal EMG y la fuerza registrada.<sup>24</sup>

### 3.3 Tipos de electromiografía

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

#### 3.3.1 Monopolar

En los primeros estudios electromiográficos, se utilizaban siempre sensores monopolares de superficie que no se encontraban lejos de sufrir inconvenientes. El mayor problema que presentaban los electrodos monopolares es que al posicionarlos de manera aleatoria en un músculo durante una contracción voluntaria, se observó que el registro del potencial de acción generaba una gran variabilidad en cuanto a la duración, amplitud y forma.

Este gran problema se debe a que en la técnica monopolar, el voltaje obtenido por el electrodo de referencia es una fuente de error ya que al estar ubicado en una zona alejada del músculo a estudiar, registra la

actividad eléctrica de los músculos adyacentes y no puede ser eliminada. Este fenómeno se conoce como *cross talk*. Fig. 23



Fig. 23 Monopolar (un electrodo) <sup>25</sup>

### 3.3.2 Bipolar

El error que se obtenía al realizar la EMG con sensores monopolares, se corrige al utilizar los bipolares, debido a que los electrodos se colocan con una distancia entre sí, inferior al tamaño del músculo, entonces la actividad generada por los músculos adyacentes es prácticamente igual en ambos extremos y por lo tanto eliminada al restar los valores. Fig.24



Fig. 24 Bipolar (electrodo) <sup>26</sup>

### 3.3.3 Multielectrodo

En los últimos años la introducción de la nueva EMG de superficie, emplea un multielectrodo que permite valorar la amplitud del potencial de acción y el número de UM activas, que hasta entonces solo era registrable mediante electrodos de aguja. Lo que nos ayuda a calcular la velocidad de conducción, la localización de la placa motora terminal, clasificar los potenciales de acción de las UM y calcular el tamaño de las mismas. Esta nueva técnica amplía el campo de las posibilidades que la EMG de superficie nos aporta.<sup>27</sup> Fig. 25.

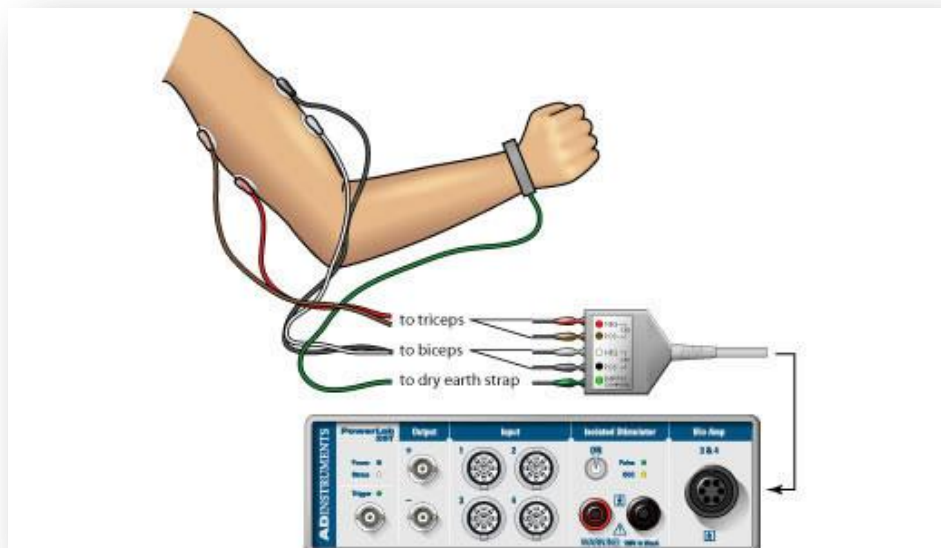


Fig. 25 Multielectrodo.<sup>28</sup>

### 3.3.4 Electromiografía de superficie

La electromiografía de superficie (EMGs) permite la investigación no invasiva de los fenómenos bioeléctricos, que se producen en las fibras musculares esqueléticas durante el reposo, el estrés y la contracción máxima.<sup>20</sup> La actividad EMG de superficie tiene tres aplicaciones principales en biomecánica: como indicador de la iniciación de la



activación del músculo, su relación con la fuerza producida por el músculo, como un índice de los procesos de fatiga que ocurren dentro del músculo.<sup>24</sup>

La EMGs explora una mayor área del músculo, son menos invasivos, no ofrecen riesgos de complicaciones y pueden ser utilizados con fines determinados<sup>19</sup>, el principal inconveniente que presenta es la resistencia que opone la piel al paso de la corriente eléctrica, denominada impedancia natural. Esta dependerá de la cantidad de epidermis y del grosor del tejido conectivo y graso bajo el electrodo. La impedancia actúa como un filtro de frecuencia baja atenuando la señal EMG captada. De manera que cuanto mayor sea el grosor del tejido subcutáneo, menor será la amplitud de la señal registrada. El tejido graso subcutáneo es un tejido de baja conductividad por lo que parte de la señal eléctrica producida por el tejido muscular, se disipa y pierde. Sin embargo el tejido cutáneo presenta una alta conductividad, ambos factores deberán tomarse en cuenta para el correcto registro de la EMG. En cuanto a la impedancia esta se compensa con una buena preparación de la piel y empleando un amplificador.<sup>27</sup>

Dentro de los electrodos de superficie encontramos dos tipos distintos:

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

En cuanto a la forma los circulares son los más usados, se recomienda que tengan un tamaño de 10 mm, en músculos pequeños de 2-3 mm. Además deben tenerse en cuenta la distancia interelectrodo, la recomendada es de 20 mm. Los electrodos deben colocarse en sentido de las fibras musculares y se recomienda colocar un electrodo de manera neutra sobre un tejido inactivo (huesos o tendones).<sup>22</sup>

### 3.3.5 Electromiografía de aguja

Los electrodos de aguja fueron introducidos en 1929 por Adrian y Bronk<sup>27</sup>, estos se insertan en los músculos a explorar, proporcionan registros de mayor calidad y especificidad, permitiendo el estudio de las características de los potenciales de unidad motora. Se considera un procedimiento efectivo para identificar diferentes enfermedades neurológicas que pueden afectar a cualquier componente desde la motoneurona alfa, sus axones y las fibras musculares que inervan.<sup>5, 19</sup>

Los electrodos de aguja presentan el inconveniente que durante los movimientos mandibulares producen interferencias debido al movimiento de la aguja dentro del músculo, además de que producen una irritación mecánica al ser insertada en las fibras musculares, que se traduce en la aparición de pequeños voltajes negativos monofásicos o difásicos que desaparecen cuando la aguja es desplazada. Se llega a considerar una técnica traumática y dolorosa que conlleva a la destrucción de fibras al insertar la aguja en el seno del músculo, que puede producir infecciones víricas y bacterianas, aumentando la tensión, y espasticidad de los músculos.<sup>27</sup> Fig. 26



Fig. 26 Electromiografía de aguja. <sup>29</sup>

### 3.4 Electromiografía en odontología

Con anterioridad el uso de la EMG en la clínica odontológica el diagnóstico y tratamiento de los desórdenes musculoesqueléticos era confuso, sin certeza acerca de la naturaleza del problema ni del tratamiento. En ausencia de datos registrables, los síntomas eran, con frecuencia, consideradas manifestaciones emocionales o psicosomáticas y, en consecuencia, los pacientes eran derivados a psiquiatría. Muchas veces los tratamientos eran realizados empíricamente. Sin embargo el tratamiento adecuado es aquel que elimina la causa que lo origina.

En la actualidad existe la posibilidad de medir objetivamente los estados disfuncionales, corregirlos y, a través de la terapia, durante el curso del tratamiento nos indica la necesidad o no de modificar o redireccionar la terapia utilizada.

La capacidad de registrar la función saludable después de la terapia es tan importante cuando el paciente reporta solución de los síntomas, como cuando se fracasa en su eliminación. La odontología ha sido la última de las ciencias de la salud en entrar en el área de la electrónica. En cualquier otra área de la práctica médica las mediciones electrónicas de las funciones corporales tales como el electrocardiograma o el electroencefalograma, no solo se utilizan, sino que son considerados esenciales. El grupo de neurociencia de la Asociación Internacional de Investigación Odontológica (IADR) aconseja complementar el diagnóstico clínico de las disfunciones craneomandibulares usando la tecnología diagnóstica disponible a partir del siglo XX.

De manera que la EMG añade una nueva dimensión al tratamiento, tanto en los pacientes odontológico sintomáticos como asintomáticos, facilitando al odontólogo otra herramienta para garantizar resultados previsibles y fisiológicos en sus tratamientos.<sup>5</sup>

Sin embargo se ha limitado su uso debido al equipo requerido para el estudio, los costos y la falta de difusión de la técnica y en otros casos a la negación de cambiar la observación por métodos cuantitativos en algunas situaciones clínicas de la práctica odontológica donde sería de gran beneficio.

Como se sabe las primeras aplicaciones de estas técnicas corresponden al campo de la neurología y la neurocirugía, ampliándose posteriormente a otras especialidades incluidas la estomatología con el objetivo de evaluar el funcionamiento del aparato de la masticación, o los resultados de pacientes sometidos a tratamientos correctivos craneomandibulares, cirugía ortognática o patologías asociadas en las que se encuentran involucradas estructuras orofaciales, o con diferentes grados de maloclusión dependientes de la contracción de la musculatura determinante de la morfología facial.<sup>19</sup>

La EMG comenzó su uso a principios de los 80 por Goodgold y Eberstein (1938), Kimura (1984), Dahlstron (1989) y Windsor y Lox (1998). Los primeros estudios donde se utiliza la EMG como herramienta de valoración odontológica fueron realizados por Travell (1960) en pacientes con desordenes de ATM y desarmonías oclusales, observando normalización de la actividad eléctrica al restaurar la oclusión. Aunque los hallazgos de la EMG pueden no resultar patognomónicos de una enfermedad específica, o proveer por si solos, un diagnóstico definitivo, si resultan de gran valor, sobre todo utilizados en niños, ya sea para evaluar el funcionamiento normal o no del sistema muscular o la existencia de alguna patología relacionada.

En la práctica profesional odontológica la rehabilitación oral es un desafío permanente, rehabilitar la oclusión de un paciente con músculos en un estado de hipertoncicidad o de fatiga, perpetua la patología existente<sup>3, 14</sup>, por ejemplo si los valores EMG permanecen elevados o se incrementan

en los músculos posturales de la cabeza luego de haber evaluado interdisciplinariamente al paciente (desprogramar al paciente), debemos pensar en una patología de etiología ascendente (alteraciones posturales). Si por el contrario, dichos valores descienden, la causa principal es la oclusión.<sup>5</sup>

#### 3.4.1 Indicaciones de la electromiografía en odontología

- Evaluar pacientes con disfunción temporomandibular.
- Dolor y disfunción de los músculos mandibulares.
- Cefaleas por tensión.
- Sobrecarga de los músculos temporales y del cuello.
- En rehabilitación oral parcial o total.

#### 3.4.2 Registro de la actividad eléctrica de los músculos

La electromiografía recopila una serie de datos que indican la actividad muscular relacionada a las diversas posiciones, como la de los músculos masticatorios que dependen de las posiciones de la cabeza, donde la extensión dorsal aumenta la actividad de los temporales y la flexión ventral la de los maseteros.<sup>30</sup> El tipo de actividad muscular que se estudia desde el punto de vista fisiológico en las aplicaciones de electromiografía dental son:

- Contracciones voluntarias con buena coordinación de músculos agonistas y antagonistas durante los movimientos funcionales habituales de la mandíbula como el masticar, deglutir, hablar, etc.
- La capacidad de relajarse entre contracciones.
- Registro de actividades habituales involuntarias no funcionales como parafunciones orales, bruxismo, apriete dentario, etc.
- Disfunción de la ATM.<sup>19</sup>

Los valores se obtienen usualmente en músculos referentes, como la porción anterior del temporal (posicionador de la mandíbula), la porción posterior del temporal (postural de la cabeza), el masetero (fuerza de mordida) y el vientre del digástrico (función deglutoria). También puede ser evaluada la actividad de los músculos cervicales posteriores, tales como el esternocleidomastoideo y trapecio, debido a que estos están involucrados con la postura de cabeza y cuello.<sup>5</sup>

## **CAPÍTULO 4 ELECTROMIOGRAFÍA EN ORTODONCIA**

Uno de los objetivos del tratamiento de Ortodoncia es mejorar el equilibrio muscular y con él, las fuerzas que induzcan el crecimiento y desarrollo de características del esqueleto cráneo-facial. Esto justifica registros de EMG de los músculos de la masticación antes, durante y después de los tratamientos de Ortodoncia con el fin de supervisar o evaluar su eficacia tanto que se considera un elemento importante del análisis biomecánico.

Moyers fue el pionero en los estudios EMG de los músculos masticadores y fue el primero en investigar la actividad muscular en pacientes ortodónticos. Moller y Ahlgren más tarde usaron la señal EMG para analizar la masticación, donde Moller reportó la correlación entre las características de la señal EMG y la morfología cráneo-facial.

En ortopedia, parte importante de la ortodoncia, mediante su aparatología tiene como objetivo dirigir y redireccionar el crecimiento, mientras que la ortodoncia como tal busca mejorar las posiciones dentarias dentro del sistema craneofacial, a través de la relación intercuspídea ideal, donde se espera coordinar la neuromusculatura.

Para esto el ortodoncista, elimina las influencias disarmónicas sobre la posición dentaria, en el supuesto de que el equilibrio neuromuscular es más ventajoso, puede utilizar las posiciones reflejas primitivas para estabilizar su resultado terapéutico. Aun así a pesar de que con los tratamientos se logra alcanzar una oclusión correcta, estudios han demostrado que esto no necesariamente coincide con el equilibrio neuromuscular, razón importante para incluir la electromiografía como parte del protocolo en ortodoncia.<sup>21</sup>

Desde el punto de vista clínico la valoración muscular arroja datos los cuales pueden complementar el estudio:

- Hiperactividad del temporal anterior que se produce en casos de sobremordida anterior, pérdida de soporte posterior o mandíbula en posición distal.
- La hiperactividad del temporal posterior suele ser indicativo de una posición mandibular distalizada, bruxismo y de puntos gatillo en los músculos esternocleidomastoideo y trapecios.
- La hiperactividad del masetero, se registra en el apriete dentario intenso asociado generalmente a hábitos parafuncionales.
- La hiperactividad del digástrico se presenta en pacientes con cabeza adelantada, hábitos linguales o desplazamiento irreductible del disco articular.<sup>5,10</sup>

#### 4.1 Protocolo para realizar la electromiografía

Este auxiliar de diagnóstico es un procedimiento que como cualquiera consta de pasos a seguir, en la literatura existen protocolos para llevar acabo de manera efectiva el estudio, que elimina la probabilidad de cualquier variación en los resultados. Ferrario fue el primero en realizar una estandarización para la electromiografía, e inicia la operación al colocar rollos de algodón, los posiciona sobre los segundos premolares, primeros y segundos molares en cierre, con el objetivo de posicionar las arcadas y posteriormente obtener el registro en máxima intercuspidad, aproximadamente durante 3 segundos.

En la técnica la impedancia, que es un problema en la transmisión de la corriente a través de la piel, se evita al hacer una limpieza previa a la colocación de los electrodos. Ferronato para disminuir la impedancia de la piel, en su protocolo limpia con alcohol etílico al 70%, el cual debe secarse antes de la colocación del electrodo, comenzando el registro 5 minutos después.<sup>32</sup>



Otro punto a tomar en cuenta es evitar el efecto de fatiga, por lo que se da un periodo de descanso de 5 minutos entre cada registro. La evaluación de la actividad muscular y la simetría con su homólogo, pueden ser calculadas, mediante la colocación de electrodos tanto el lado derecho como del lado izquierdo en cualquier músculo a examinar.

Para comenzar se coloca al paciente sentado, con la espalda recta, la cabeza se ubica de acuerdo al plan de Frankfort paralelo al suelo. El electrodo de control se ubica en la parte prominente del vientre del músculo masetero y en el temporal en la contracción isométrica, el segundo electrodo se coloca a 15 mm del electrodo siguiendo la dirección de las fibras musculares.<sup>10</sup>

Sin embargo como se mencionó antes existen variados protocolos, entre ellos se encuentra el de Wozniak, en el cual coloca al paciente en un asiento sin cabezal y se pide mantener la cabeza en una posición natural, después se colocan los electrodos, en el temporal anterior y masetero superficial en ambos lados en sentido paralelo a las fibras musculares.<sup>31</sup>

Existe un protocolo en el que se explica con mayor especificación la colocación de los electrodos:

- Músculo temporal: se debe palpar el músculo mientras el paciente se encuentra en máxima intercuspidad, se localiza el eje mayor de la apófisis cigomática del hueso frontal y el electrodo se coloca a lo largo de la línea paralela a este proceso, ubicándolo paralelo a las fibras musculares más o menos superficialmente en comparación con la sutura frontoparietal. El electrodo que se coloca como de tierra se ubica en la frente y otro se lleva hacia la parte inferior y posterior a la oreja.
- Músculo masetero: ubicándose detrás del sujeto, el operador palpa el músculo masetero mientras el paciente se encuentra en máxima intercuspidad, con el objetivo de posicionar el electrodo bipolar

de manera paralela a las fibras musculares, y a una línea imaginaria que conecta la zona de origen e inserción muscular.<sup>32</sup>

Fig. 27

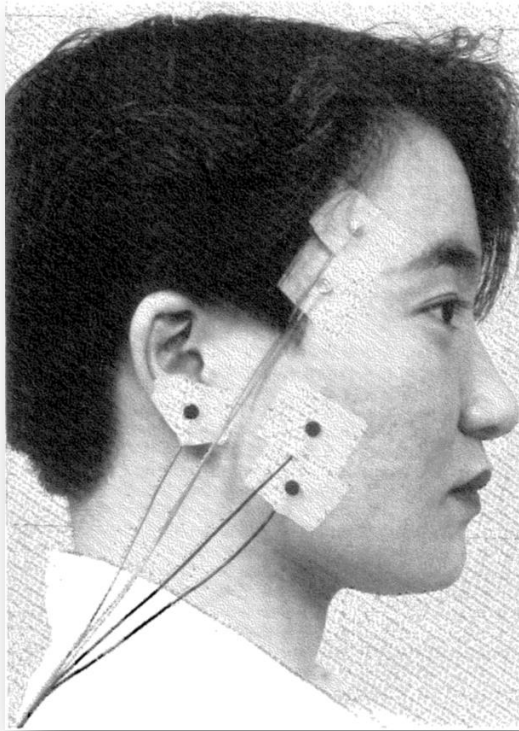


Fig. 27 Colocación de electrodos bipolares con una distancia interelectrodo de 25 mm a cada lado de la mitad de los músculos maseteros superficiales y la parte anterior de los músculos temporales.<sup>33</sup>

#### 4.2 Registros electromiográficos que se obtienen en las maloclusiones

Los músculos de la región orofacial intervienen en el desarrollo de la formación dental y en el establecimiento de la oclusión, por lo que el funcionamiento incorrecto de estos músculos es una de las etiologías principales dentro de la conformación de las maloclusiones.

Es de suma importancia conocer cómo se adapta el sistema masticatorio a la función que ejercen los individuos con maloclusión clase I, clase II y clase III, ya que ante la presencia de un acomodo diferente a la clase I, el sistema neuromuscular suele responder con ciertas variaciones, compensando las deficiencias para conservar la función o la integridad estructural, por lo que el examen muscular con EMG, se vuelve primordial para este propósito.<sup>19, 34,35</sup>

#### 4.2.1 Clase I

En clase I, se pueden comparar las variaciones existentes de actividad muscular con respecto a los diferentes patrones de crecimiento craneofacial. La literatura reporta que ante la ausencia de una maloclusión la actividad muscular es mayor en los músculos maseteros, orbicular de los labios y en el vientre anterior del digástrico en reposo en comparación a los otros patrones de crecimiento. En máxima intercuspidadación la parte anterior del temporal, el masetero y el buccinador generan una actividad menor con respecto a los dos grupos de patrón de crecimiento. Con lo que se confirma la relación existente entre la actividad muscular y el patrón de crecimiento craneofacial.<sup>36</sup> Fig. 28



Fig. 28 Clase I.<sup>37</sup>

Albornoz menciona que al estudiar la amplitud de voltaje, los pacientes con clase I (CI), presentan una menor amplitud con respecto a individuos con clase II (CII), en este mismo estudio se hace referencia a los trabajos de Ferrario, que llevó a cabo en pacientes cercanos a la neutroclusión en donde encontró que a menor número de contactos oclusales la amplitud de voltaje es menor. La variedad de unidades motoras (UM) se acerca al 79.01% con un voltaje mayor, presentando a su vez mayor variedad de PUM con distintos voltajes.<sup>19, 35</sup>

#### 4.2.2 Maloclusión clase II

Albornoz en su revisión cita a Moreno que en sus estudios evidencia que en individuos en CII presentan una amplitud de voltaje más alta que los CI para el músculo temporal en deglución y masticación. Se debería pensar que en individuos con CII existiría menor amplitud de voltaje pues existe un menor número de contactos, pero Albornoz en sus resultados manifiesta una mayor amplitud que se puede explicar debido a la menor recepción de estímulos de los receptores periodontales que se traduce como menos aferencias periodontales inhibitorias.

Las aferencias tienen la función de proteger al sistema y al no tenerlas en CII realiza una fuerza relativamente mayor que la CI. En normalidad morfofuncional la protección limita la función de los músculos elevadores de la mandíbula con el fin de proteger las estructuras.

La variedad de las UM equivale a un 59.8%, presenta altas frecuencias de PUM de bajo voltaje, por lo que se puede concluir que consigue un mayor voltaje a expensas de un reclutamiento mayor de UM de menor voltaje.<sup>35</sup>

Piancino demostró que en un paciente con clase II división 2 donde el registro electromiográfico inicial de la actividad del músculo masetero y el temporal fue menor después del tratamiento aumentó considerablemente.

En sujetos con mordida abierta el músculo orbicular de los labios (OO) tiene una menor actividad en comparación con los que presentan mordida profunda que la actividad es mayor al igual que su grosor (fig. 29)<sup>38</sup>.



Fig. 29 Mordida abierta

#### 4.2.3 Maloclusión clase III

Miralles menciona que existen diferencias entre las arquitecturas craneofaciales; en individuos que presentan clase III (CIII) al realizar movimientos funcionales de trabajo, el promedio presentó mayor amplitud de voltaje. Moreno encontró que durante máxima intercuspidad los pacientes con CIII donde presentaban mayor actividad muscular era en los temporales y maseteros.<sup>35</sup> Fig. 30



Fig. 30 Clase III.<sup>37</sup>

#### 4.3 El uso de la electromiografía para monitorear las terapias en ortodoncia

Debido a la significativa alianza entre la morfología y función una de las posibilidades para el tratamiento de ortodoncia es la terapia funcional, la meta de este tipo de tratamiento es reestablecer el equilibrio de los músculos y la correcta armonía de las fuerzas que impulsan el desarrollo de crecimiento esquelético craneofacial. Por lo que es razonable el uso de la EMG de los músculos masticatorios antes, durante y después de las terapias de la ortodoncia para monitorear su efectividad.

Dentro de la aparatología removible de terapia miofuncional tenemos al activador de Andresen, del cual se hace mención en una investigación llevada por Erdem, sobre electromiografía de los músculos temporal, masetero y orbicular de los labios durante el apretamiento, la masticación y la deglución, en pacientes con CII y división I que fueron tratados mediante este aparato y un grupo control sin el tratamiento. Los registros se efectuaron previamente a la terapia en ambos grupos, en el grupo control se realizó un registro 12 meses después, y en el grupo que fue tratado se realizaron registros a los 3, 6 y 12 meses, esto con la intención de equiparar y calcular la efectividad del tratamiento.

Entre los datos que se alcanzaron en el estudio, la actividad muscular del temporal y masetero incremento en ambos grupos, al igual que en el orbicular de los labios que se llevó a cabo en función/acción de silbar en la que la actividad también se acrecentó.

Wozniak refiere un estudio de electromiografía realizado por Saccucci, el estudio se llevó a cabo en niños de 9 años de edad con CII división II, mordida profunda e incompetencia labial, en tratamiento con Guide Ortho Tain, y 15 niños en neutroclusión. El potencial eléctrico del OO se registró antes del tratamiento, a los 3 meses y a los 6 meses, para este estudio se

trabajó con dos grupos; en el que se realizó el tratamiento, los valores obtenidos fueron menores tanto en reposo como en protrusión, sin embargo, a medida que avanzaba el tratamiento se observó una mejora en la actividad muscular terminando siendo similar a la del grupo control.<sup>39</sup>

Tancan en una investigación habla sobre los efectos del Trainer pre-ortodoncia (POT), en el músculo temporal anterior, orbicular de los labios y los músculos maseteros a través de evaluaciones de electromiografía en sujetos con CII división I maloclusión y con incompetencia de los labios. Se evaluaron pacientes con una edad media de  $9,8 \pm 2,2$  años, los cuales fueron tratados con POT, contra un grupo control de 15 sujetos con una edad media de  $9,2 \pm 0,9$  años, con división CII división I sin tratar. Los registros EMG se obtuvieron al principio y al final de la terapia junto con registros de seguimiento del grupo control obtenidas después de 8 meses de los primeros registros, cabe mencionar que fueron tomadas durante las diferentes funciones orales (fig. 31)<sup>40</sup>.



Fig. 31 Trainer pre-ortodoncia

Durante el tratamiento POT, la actividad del temporal anterior y los maseteros se redujo y la actividad orbicular de los labios se aumentó cuando el paciente se encontraba en máxima intercuspidad, sin embargo no se encontraron diferencias significativas con el grupo control. Durante la succión la actividad del orbicular de los labios aumentó en el grupo que estaba bajo tratamiento.

Los resultados indicaron que el tratamiento con POT mostró una influencia positiva en la musculatura masticatoria y peribucal.<sup>40</sup>

#### 4.3.1 Mordida cruzada posterior

Moreno et al, observó una disminución de la actividad ipsilateral de los maseteros durante el examen de máximo esfuerzo, debido a que los temporales anteriores llevaron a cabo la mayor parte de la actividad. De igual forma la mordida cruzada perjudica la masticación del lado afectado, puesto que con un bolo suave es de 16.7% y con un bolo duro es de 16.7% en equiparación con el lado no afectado donde la actividad con un bolo suave es de 59.0% y con un bolo duro es de 69.7%, de tal manera que el músculo masetero reduce su acción en el lado afectado y se incrementa o no en el lado no afectado.

Tecco en su investigación no encontró los mismos resultados, puesto que el músculo temporal presento la mayor actividad, localizando a su vez una disminución de la actividad del esternocleidomastoideo en comparación con maloclusiones transversales.

Wozniak refleja que la actividad del temporal en reposo aumenta en pacientes con mordida cruzada posterior en similitud con pacientes sanos, entretanto el músculo masetero durante el reposo no representó diferencias significativas, a máxima intercuspidad los dos músculos reflejaron un disminución del potencial eléctrico de los músculos.<sup>31, 39</sup>



### 4.3.2 Mordida cruzada unilateral

En la mordida cruzada unilateral, la actividad funcional es asimétrica, si se presenta en edades tempranas resulta en la disminución del desarrollo de los músculos de la masticación del lado donde la oclusión no tiene una relación dental adecuada. Las diferencias entre el lado afectado y el otro pueden provocar una discrepancia en el espesor del músculo masetero dando lugar al descenso de la fuerza de máxima intercuspidadación en balance con el sector sin mordida cruzada. A medida que los músculos elevadores de la masticación de lado de la mordida cruzada trabajan en menor medida que del otro, las fibras del músculo afectado serán más delgadas y los niveles de fuerza de mordida serán más bajos. Fig. 32



Fig. 32 Mordida cruzada unilateral.<sup>41</sup>

En este mismo estudio, se hizo una revisión de la literatura en la que se corroboró que después de someter a los pacientes a tratamiento, el ciclo de masticación anormal que suelen presentar, tiende a normalizarse y la actividad muscular presenta un aumento que se acerca a los niveles normales.<sup>42</sup>

### 4.3.3 Expansión rápida del maxilar

De Rossi ejecutó un estudio en donde se estudió la actividad por medio de EMG, en los músculos maseteros y temporales en niños con mordida cruzada bilateral, que fueron tratados mediante aparatología para expansión rápida del maxilar (RME). Se llevaron a cabo dos registros uno antes de iniciar el tratamiento y otro al finalizar, 5 meses después, durante la masticación, máxima intercuspidadación y el reposo. En el músculo masetero aumentó gradualmente después de remover la aparatología la actividad muscular, durante la masticación, la máxima intercuspidadación y el reposo, sin embargo esta actividad puede variar debido a la inestabilidad y falta de adaptación de la musculatura a esta nueva condición del sistema estomatognático.<sup>43</sup>

Sverzut, desarrolló un estudio para valorar los efectos de la rápida expansión maxilar asistida por cirugía o SARME, sobre los músculos de la masticación, los procedimientos se llevaron a cabo en adultos con mordida cruzada bilateral posterior. Se valoró por medio de EMG los músculos temporales y maseteros antes y después de la cirugía, en intervalos de 15 días. Los registros se efectuaron en máxima intercuspidadación, en posición de reposo y en movimientos de masticación, después de la cirugía los patrones de contracción de los músculos evaluados disminuyeron de forma significativa lo que sugiere considerar la EMG como un examen adicional para la valoración muscular (fig. 33)<sup>44</sup>.

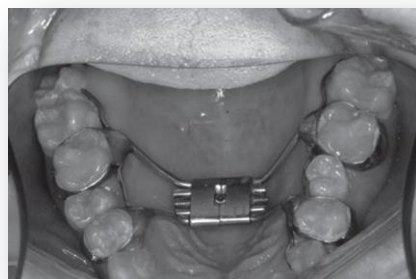


Fig. 33 Expansor palatino Hyrax aplicado en el estudio.

#### 4.3.4 Cirugía ortognática

Los pacientes que son candidatos a una cirugía ortognática usualmente de primera estancia son tratados con ortodoncia y presentan una maloclusión de clase III, con el objetivo de corregir la oclusión y mejorar la estética facial. Estos pacientes lucen una fuerza de mordida y actividad muscular menor en comparación con individuos sanos.

Kubota menciona, que en su estudio analizó la función de los músculos masticatorios mediante EMG antes y después de la cirugía, comparándola con un grupo control. Se evaluó el movimiento de la mandíbula, se descubrió que su movimiento tuvo una mejora importante, pero el patrón masticatorio no logra una amplitud cercana a la de los individuos sanos. Los índices de actividad en los músculos maseteros y temporales cambiaron de valores negativos a positivos llegando a una cercanía con respecto al grupo de pacientes sanos.

Aunque la cirugía ortognática mejora el patrón de masticación sigue siendo incompleto con respecto al grupo control.<sup>37</sup>

Cuando se interviene a cirugía ortognática en pacientes con mordida abierta o mordida profunda, los registros electromiográficos registrados al principio de la valoración, no demuestran diferencias significativas entre pacientes con mordida profunda y mordida abierta, estas se observan durante el tratamiento ortodóntico, las cuales revelan una mayor actividad en mordida profunda y una menor en mordidas abiertas, después de la cirugía, en continuas evaluaciones a través del tiempo, los valores de potencial de acción se vuelven similares. Esto se hace evidente en registros realizados con rollos de algodón durante el apretamiento.<sup>45</sup>

#### 4.3.5 Respiración bucal

Los pacientes con respiración bucal tiene patrones musculares afectados por este problema, en la evaluación realizada por Nagaiwa se reporta que existen efectos en el músculo masetero, después de comparar a pacientes sanos contra aquellos con respiración bucal. Durante la evaluación con EMG se encontró que los músculos maseteros en respiradores bucales tienen una significativa disminución de su actividad a diferencia de los sanos. Nagaiwa lo que traduce en una menor eficiencia masticatoria.<sup>46</sup>

## CONCLUSIONES

La electromiografía es un auxiliar de diagnóstico, que genera datos significativos que pueden mejorar la selección del tratamiento en Ortodoncia, aunque es necesario contar con el conocimiento anatómico y fisiológico para una buena interpretación.

Existen dos técnicas principales para el uso de la electromiografía, estas básicamente se diferencian por el tipo de electrodos que utilizan; la electromiografía de superficie es la más empleada debido a que no es invasiva y no genera una molestia, y a que no interfiere con las funciones musculares, suele ser la indicada para trabajar en niños, pero pese a ello la elección del tipo de electromiografía dependerá de las condiciones del paciente y las condiciones del caso.

Conocer y seguir los protocolos para su empleo, es primordial para obtener datos certeros, aunque en la literatura no existe un protocolo específico a seguir, la mayoría de los autores sigue lineamientos similares, otros aspecto que se debe tomar en cuenta es el hecho de que no se mencionan en la mayoría de los estudios las zonas específicas donde se deben colocar los electrodos durante el examen.

Es conveniente al realizar un diagnóstico y tratamiento ortodóntico, tener como objetivo no solo el alineamiento de los dientes o corregir la dirección de crecimiento, sino también generar el equilibrio muscular, en el entendido de que el sistema estomatognático es el resultado de la armonía funcional de sus componentes; de esta manera podemos garantizar la estabilidad de nuestros tratamientos, evitar la recidiva o generar otro tipo de alteraciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Ibarra Lúzar JI, Pérez Zorrilla E, Fernández García C. Electromiografía clínica. Rehabilitación. Enero de 2005; 39(6):265-76.
2. Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico [Internet]. [Citado 30 de agosto de 2018]. Hallado en: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35\\_4\\_06/mil08406.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35_4_06/mil08406.htm)
3. Hallado en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/r/redi.htm>
4. Moruzzi G. Lord Adrian and the nature of neural conduction. Trends in Neurosciences. 1 de enero de 1982; 5:262-5.
5. Constanzo A, Abecasis M, Kanevsky D, Elverdin J, La Electromiografía en el Diagnóstico y Tratamiento Odontológico. Rev. Revista de la facultad de odontología (UBA). 2010; 25: 21-27
6. Hallado en: <http://chgd.umich.edu/about/50th-anniversary/founding-director-robert-e-moyers/>
7. Okeson J. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. España: Elseiver, 2013. Pp. 2, 227-235
8. Schünke, M. Prometheus: Texto y atlas de Anatomía. Tomo III, 2da Edición. Madrid; México: Editorial Médica Panamericana, 2010
9. Becker I. M. Oclusión en la Práctica clínica. 6° edición. Venezuela: Amolca, 2012. Pp. 89-113
10. Major M. A. Sigurd Ramfjord; tr. José Luis Castillo Parra. Oclusión. 3ra ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 1996. Pp. 13-23
11. Ohanian M. Fundamentos y principios de la ortopedia dento-maxilo- facial. Venezuela: Actualidades Medico Odontológicas Latinoamérica, 2000. Pp. 42-47
12. Sobotta J. Atlas de Anatomía Humana. Tomo I, 20ª edición. España: Editorial medica panamericana, 1994. Pp. 69
13. Herrera P. Anatomía Integral. México: Trillas. 2008. Pp. 310-317, 338-342

14. Eriksen M. Anatomía Humana. Fascículo I. Huesos Articulaciones y Músculos de Cabeza y Cuello. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2001. Pp. 76-77
15. Netter F. Atlas de Anatomía Humana. 3ª Ed. Barcelona: Masson, 2011
16. Fox S: Fisiología Humana. 13ª Ed. México: McGraw Hill 2014. Pp. 363.
17. Tortora J. Principios de anatomía y fisiología. 7ª Ed. España: Harcourt. 1996. Pp. 238-239.
18. Herrera P. Anatomía integral. México: Trillas, 2008. Pp. 310-317, 338-342
19. Medrano J, Palomino A. Electromiografía de la masticación en niños sanos y portadores de maloclusión Clase I y II de Angle. Rev. Odontológica Mexicana. 2008; 12: 131-135
20. Medrano Montero J, Carracedo Rabassa Z, Palomino Truit A. Electrophysiological Evaluation of Masticatory Muscles in Children with Orthodontic Treatment with Functional Appliances and Myotherapy. Correo Científico Médico. marzo de 2016; 20(1):67-79.
21. Moyers R. Manual de Ortodoncia. 4ª Ed. Buenos Aires; México: Editorial Médica Panamericana, 1992. Pp. 79-80.
22. Nuin Amuriza I. Electromiografía de superficie (EMGs) en el diagnóstico y detección de la fatiga en ciclistas. 2015 [citado 20 de agosto de 2018]; Hallado en: <http://uvadoc.uva.es:80/handle/10324/14277>
23. Godoy F. J, Ocampo M. M. Electromiografía y velocidad de conducción neural: una introducción. ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas. el 26 de mayo de 2017; 14(3):9.
24. Portus Torres C. Actividad EMG bilateral de los músculos supra e infrahióideos durante apriete y rechinar dentario en sujetos sanos con guía canina o función de grupo. Repositorio Académico - Universidad de Chile [Internet]. 2010 [citado 20 de agosto de 2018]; Hallado en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133931>

25. Sensori - Robotics for Geeks [Internet]. [citado el 24 de septiembre de 2018]. Hallado en: <http://www.robotics4geeks.com/it/22-sensor>
26. Hallado en: <http://www.neutronic.com.ar/NeutronicWeb/InsumosElectrodoBipolar.htm>
27. Moreno I. Estudio electromiográfico de los patrones musculares en sujetos con mordida abierta anterior. Universidad Complutense de Madrid. Madrid: 2001. Pp. 30-36, 144-151
28. Hallado en: <http://www.neurofisiologiacadiz.es/servicios/electroneurograma-electromiograma/>
29. Hallado en: <https://interferenciales.com.mx/products/agujas-monopolares-desechables-pre-cableadas>
30. Caballero K, Duque L, Ceballos S, Ramírez J, Peláez A. Conceptos básicos para el análisis electromiográfico. Rev. CES Odontología. 2002; 15: 41-49
31. Wozniak K, Piatowska D, Szyszka-Sommerfeld L, Buczkowska-Radlinska J. Impact of functional appliances on muscle activity: A surface Electromyography Study in Children. Rev. Medical Science Monitor. 2015; 21: 246-253
32. Farronato G, Giannini, Galbiati G. Stabilini S.A, Maspero C, Orthodontic-surgical treatment: neuromuscular evaluation in open and neuromuscular evaluation in open and deep skeletal bite patients. Rev. Progress in Orthodontics. 2013; 14:41
33. Deguchi T, Kumai T, Garetto L. Statistics of differential Lissajous EMG for normal occlusion and Class II malocclusion. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. enero de 1994;105(1):42-8.
34. Proffit W. Ortodoncia Contemporánea: Teoría y práctica. 4ª Ed. Madrid: Elsevier, 2008. Pp. 218-220
35. Albornoz M, Ogalde A, Aguirre M, Estudio radiográfico y electromiográfico de los músculos masetero y temporal con



- maloclusión Tipo II, 1 Angle y Controles. Rev. Int. J, Morphol., 2009; 27: 861-866
36. Alabdullah M, Sataji H, Abou-Hamed H, Youssef M, Association between facial growth pattern and facial muscle activity: A prospective cross-sectional study. Rev. International Orthodontics. 2015; 13: 181-194
37. Kubota T, Yagi T, Tomonari H, Ikemon T, Miyawaki S. influence of surgical orthodontic treatment on masticatory function in skeletal Class III patients. Rev. Journal of Oral Rehabilitation. 2015; 42: 733-741
38. Piacino M.G, Isola G. Merlo A. Dalessandri D, Debemardi C, Bracco P. Chewing pattern and muscular activation in open bite patients. Rev. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012; 22: 273-27
39. Wozniak K, Piatkowska D, Lipski M, Mehr K, Surface electromyography in orthodontics – a literatura review. Rev. Medical Science Monitor. 2013; 19: 416-42
40. Uysal T. Yagci A. Kara S. Okkesim S. influence of preorthodontic Trainer treatment on the perioral and masticatory muscles in patient whit class II division 1 malocclusion. Rev. European Journal Orthodontics. 2012; 34: 96-101
41. Influencia de la Mordida Cruzada posterior Unilateral en el crecimiento mandibular [Internet]. [citado 15 de octubre de 2018]. Hallado en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2006/art-12/>
42. Tsanidis N, Antonarakis S, Kiliaridis S. Functional changes after early treatment of unilateral posterior cross-bite associated whit mandibular shift: a systematic review. Rev. Journal of Oral Rehabilitation. 2016; 43: 59-68
43. De Rossi M, De Rossi A, Hallak J.E, Vitti M, Regalo S.C, Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansión. Rev. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2009; 135: 355-360

44. Sverzut C, Martonelli K, Jabur R, Petri A, Trivellato A.E, Siéssere Regalo S.C, Effet of surgivally assited rapid maxillary expansion on masticatory muscle activity: A pilot study. Rev. Annals of Maxillofacial Surgery, 2011; 1:32-36
45. Ferro F. Spinella P. Lama N. transverse maxillary arch from and mandibular asymmetry in patients whit posterior unilateral crossbite. Rev. American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedic. 2011; 140: 828-838
46. Nagaiwa M, Gunjigake K, Yamaguchi K, The effect of mouth on chewing effency, Rev. The Angle Orthodontics. 2016; 86: 227-234