



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

EVALUACIÓN ELECTROMIOGRÁFICA DIGITAL  
MEDIANTE LA RAÍZ CUADRÁTICA MEDIA (RMS) DE  
UN ACTIVADOR ABIERTO ELÁSTICO KLAMMT TIPO II  
EN UN PACIENTE DE LA CLÍNICA PERIFÉRICA  
AZCAPOTZALCO.

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:

VERÓNICA SARAI HERAS MURILLO

TUTOR: Esp. GABRIEL ALVARADO ROSSANO



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.



---

### **Dios**

**Gracias por todo tu amor, tu salvación, misericordia y por siempre estar conmigo. Nada podría hacer sin tu fidelidad. Todo lo que tengo y lo que soy es gracias a ti.**

### **Papá**

**Eres el mejor ejemplo de vida que tengo, gracias por tu gran paciencia, por amarme a pesar de mis equivocaciones, por todo lo que haces por nosotras. Eres sin duda alguna el mejor papá del mundo. Te amo**

### **Mamá**

**Gracias por siempre estar a mi lado, sin tu gran ayuda jamás lo hubiera logrado. Gracias por tus ánimos y por tus enseñanzas. Eres una mujer virtuosa. Te amo**

### **Jorge**

**Eres un gran apoyo para mí. Me has enseñado más de lo que crees. Gracias por tu enorme paciencia y amor, por siempre querer ser mejor para mí. Tu fe me inspira, te amo.**

### **Karen**

**Gracias a Dios por tu vida. Aun conociendo mis errores siempre logras olvidarlos. Te amo hermana**

### **Abuelitos**

**Gracias a mi Miguel y Margarita, porque su fe cambio el rumbo de vida de muchos, incluyendo la mía.**

**Gracias a Rosita y Vicente, nos han mantenido unidos, gracias por su amor y por su ayuda incondicional.**

### **Los amo**

### **Mis tías**

**Luz, Alma e Irma. ¡Qué gran bendición es tenerlas! Gracias por su amor, su ayuda, paciencia y por seguirme queriendo tal como soy. Gracias por dar lo mejor de ustedes para todos los que las rodean. Son las mujeres más increíbles que conozco. Las amo mucho.**



---

## **Familia**

**Muy especialmente a Luis y a mi tío Alfonso, sin ustedes no hubiera podido realizar este proyecto. A Jorge, mi primer paciente, gracias por tu paciencia. A todos los Murillo García, gracias por quererme y ayudarme siempre, saber que los tengo es un regalo hermoso, los quiero mucho. A mi familia Heras, por ser ejemplo de valentía, fe y fuerza.**

## **Amigos**

**Gracias a Flor, Mabel, Yuss, René, Miguel, Mario, José por ayudarme y apoyarme a lo largo de estos años. Los quiero mucho**

**Esp. Gabriel Alvarado Rossano**

**Gracias por su apoyo y dedicación, por su interés y por siempre haber estado dispuesto a recibirme. Muchas gracias, doctor. Gracias por ser un profesor de excelencia que siempre busca que sus alumnos sigan aprendiendo.**

**Gracias al Dr. Fernando Ángeles Medina por su apoyo en nuestro proyecto. Gracias por haberme recibido con la amabilidad que lo hizo y por su orientación.**

**Gracias al Dr. Julio Morales González, por su ayuda, su instrucción, y paciencia dentro del laboratorio. Le agradezco mucho por su disposición en cada una de las sesiones.**

**Gracias al proyecto PAPIIT clave IT202314, que fue vital para nuestro proyecto.**

**Gracias a la Dra. Guadalupe Beltrán, por haberme permitido continuar mi trabajo dentro de la Clínica Periférica Azcapotzalco. Gracias por sus consejos y ayuda.**

**Gracias a todos los que siempre me ayudaron, me aconsejaron. Gracias por sus oraciones y soporte. Qué Dios los bendiga a todos.**

## **UNAM**

**Gracias por el privilegio de pertenecer a esta hermosa universidad, le debo toda mi formación y educación profesional.**

## **Profesores**

**Gracias por tener la dedicación, paciencia y constancia. Por haberme compartido su experiencia y conocimientos. Muchas gracias.**



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	7
JUSTIFICACIÓN .....	9
OBJETIVOS.....	9
1.    Objetivo general:.....	9
2.    Objetivos específicos:.....	9
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	10
1.1    Electromiografía.....	10
1.2    Activador Abierto Elástico Klammt.....	13
2. CLASIFICACIÓN DE LOS MÚSCULOS .....	19
3. MÚSCULO ESQUELÉTICO.....	20
3.1    Morfología.....	20
3.2    Sarcómero .....	21
3.3    Sistema sarcotubular .....	24
3.4    Contracción muscular .....	25
3.5    Relajación muscular.....	28
4. UNIÓN NEUROMUSCULAR .....	28
4.1    Neurona.....	28
4.2    Receptores sensitivos.....	29
4.3    Estructuras del sistema nervioso central involucradas .....	30
Cerebro .....	30
Hipotálamo .....	31
Tálamo .....	31
Núcleo del tracto espinal .....	31
4.4    Unidad motora .....	33
4.5    Mecanismo de contracción .....	35
5. MECANISMOS PROPIOCEPTIVOS MUSCULARES.....	36
5.1    Huso neuromuscular.....	37
5.2    Órganos tendinosos del aparato de Golgi .....	37
5.3    Corpúsculos de Pacini .....	39



---

5.4	Nociceptores.....	40
5.5	Funciones musculares.....	40
6.	MÚSCULOS DE LA MASTICACIÓN.....	42
6.1	Músculo temporal.....	42
6.2	Músculo masetero.....	44
6.3	Músculo pterigoideo lateral.....	46
6.4	Músculo pterigoideo medial.....	47
7.	CLASIFICACIÓN DE LOS APARATOS ORTOPÉDICOS.....	49
8.	ACTIVADOR ABIERTO ELÁSTICO (AAE) KLAMMT.....	51
8.1	Características.....	51
8.2	Funciones.....	51
8.3	Tipos.....	52
8.4	Componentes.....	52
	Partes bilaterales de acrílico:.....	52
	Arcos vestibulares superior e inferior:.....	53
	Resorte Palatino Tipo Coffin.....	53
	Alambres guía para los incisivos superiores e inferiores o resortes guardianes.....	53
8.5	Mordida constructiva.....	54
	Técnica para la mordida constructiva baja con marcado posicionamiento hacia delante de la mandíbula:.....	54
	Técnica para una mordida constructiva alta con ligero posicionamiento mandibular anterior.....	54
	Técnica para una mordida constructiva sin posicionamiento anterior de la mandíbula.....	55
	Técnica para una mordida constructiva con apertura y posicionamiento posterior de la mandíbula, en maloclusiones de clase III.....	55
8.6	Modificaciones.....	55
	Modificación para el tratamiento de la maloclusión de clase II, división 1.....	55
	Modificación para el tratamiento de la maloclusión II, división 2.....	56
	Modificación para el tratamiento de maloclusiones de clase III y mordida cruzada anterior.....	57



---

Modificación para el tratamiento de mordida cruzada unilateral.....	57
Modificación para el tratamiento de la mordida abierta .....	57
9. ELECTROMIOGRAFÍA .....	58
9.1 Técnicas .....	59
Técnica con electrodo de superficie .....	59
Técnica con electrodos de aguja.....	62
9.2 Elementos para la realización de una electromiografía .....	62
Electrodos .....	63
Amplificadores.....	63
Sistemas de registro.....	64
Altavoz.....	64
9.3 Raíz Cuadrática Media (RMS).....	64
10. ANTECEDENTES DEL USO DE LA ELECTROMIOGRAFÍA EN APARATOS ORTOPÉDICOS MIOFUNCIONALES.....	67
11. HÁBITOS PARAFUNCIONALES .....	70
11.1 Hábito de succión: .....	70
Succión digital: .....	70
Succión de chupón:.....	71
11.2 Interposición labial.....	72
11.3 Deglución anormal e interposición lingual.....	73
11.4 Respiración bucal.....	75
12. ETAPAS DEL CRECIMIENTO.....	75
12.1 Infancia .....	76
12.2 Adolescencia .....	76
12.3 Juventud.....	77
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO .....	78
MATERIALES Y MÉTODOS.....	85
RESULTADOS.....	90
DISCUSIÓN.....	100
CONCLUSIONES .....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104



## INTRODUCCIÓN

La electromiografía (EMG) es la técnica que registra las variaciones de actividad eléctrica captadas como potenciales de acción de las unidades motoras activas. Su fundamento eléctrico se basa en la recepción de potenciales electrobiológicos por parte del aparato llamado electromiógrafo. Estos potenciales son recogidos a través de electrodos (de superficie o de aguja) situados en un músculo específico, los cuales son enviados a un amplificador; convirtiendo la señal analógica en digital, para finalmente ser visualizados y estudiados. Los potenciales de acción son generados por las fibras musculares acompañadas de un trabajo mecánico. El registro electromiográfico nos ayuda a conocer la actividad neuromuscular, pero no indica necesariamente la fuerza desarrollada por el músculo. La EMG puede indicarnos cuál músculo es más activado por el Sistema Nervioso Central e indirectamente, qué músculo presenta una función protagónica en una función particular.

La contracción de los músculos masticatorios, que forman parte del músculo esquelético, es llevada a cabo por medio de impulsos nerviosos motores transmitidos desde el sistema nervioso central hasta las motoneuronas  $\alpha$ , cada una de éstas inerva cierto número de fibras neuromusculares por medio de su axón ramificado; a esta unión se le denomina unidad motora. El sitio específico de conexión simpática de la terminal axónica motora con la fibra muscular se denomina unión neuromuscular.

Los aparatos miofuncionales son aquellos que modifican la posición de la mandíbula, mientras producen una estimulación en el crecimiento y desarrollo máxilo-mandibular, a través de la musculatura orofacial y de la lengua. Entre los objetivos de un aparato funcional encontramos, lograr un equilibrio en las fuerzas musculares que rodean las arcadas dentarias, mejorar la relación máxilo-mandibular y eliminar hábitos nocivos. Al lograr un reposicionamiento



---

de la mandíbula se crea un traslape dental adecuado además del restablecimiento de la línea media esquelética. Todo esto se puede llevar a cabo gracias a la elaboración de la mordida constructiva, que se realiza previo a la elaboración de los aparatos.

El activador abierto elástico (AAE) Klammt tipo II es un aparato ortopédico miofuncional que induce el reposicionamiento tridimensional del maxilar y la mandíbula. Estimula la actividad de los músculos faciales y masticatorios, además de la lengua, la cual mejora su posición. El aparato Klammt tipo II promueve la expansión de las arcadas dentarias, mejorando la forma del arco y el alineamiento de dientes anteriores.



---

## JUSTIFICACIÓN

En la elaboración de nuestro proyecto se podrá ratificar la eficacia del aparato Klammt tipo II, se buscará conocer su acción a nivel neuromuscular y valoraremos la importancia de un tratamiento ortopédico preventivo e interceptivo. También se buscará analizar ciertas modificaciones que se podrían llegar a hacer dentro del mismo, como la modificación o adhesión de algún aditamento en el aparato y así lograr el mejor resultado en el tratamiento del paciente y en futuros casos clínicos similares.

## OBJETIVOS

### 1. Objetivo general:

El objetivo del estudio de nuestro caso clínico es realizar la evaluación electromiográfica mediante el uso de un activador abierto elástico Klammt tipo II en un paciente de la Clínica Periférica Azcapotzalco; durante un periodo de 45 días. Iniciando antes de colocar el aparato, y en el transcurso de un mes y medio del tratamiento.

### 2. Objetivos específicos:

- Determinar los cambios electromiográficos que se presentan en el músculo masetero durante el uso del activador abierto elástico Klammt tipo II
- Conocer la efectividad del aparato funcional, activador abierto elástico (AAE) Klammt tipo II, en un paciente con maloclusión tipo II división 1.
- Conocer la importancia del estudio de la postura y su relación con un tratamiento ortopédico
- Valorar la importancia de un oportuno tratamiento ortopédico preventivo.
- Utilizar la EMG como medio de electrodiagnóstico, y así poder conocer el estudio de la función y actividad electromotora de los músculos maseteros al colocar el aparato Klammt tipo II.

- Reconocer las alteraciones, que pueden existir a partir de un hábito parafuncional dentro del sistema estomatognático y sus consecuencias; por medio del conocimiento de las características dentofaciales en los pacientes con hábitos.

## 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### 1.1 Electromiografía

El desarrollo de la EMG tiene sus indicios en 1600, cuando Francisco Redi documentó que un músculo especializado era la fuente de energía de peces eléctricos<sup>1</sup>. Redi, y posteriormente su discípulo Stefano Lorenzini, fueron los primeros en diseccionar el pez torpedo, peces que poseen órganos capaces de producir fuertes descargas eléctricas que el animal utiliza para capturar sus presas y defenderse; ellos concluyeron correctamente, según se ha comprobado después, que el órgano eléctrico especializado era esencialmente tejido muscular ordinario modificado<sup>2</sup>.

En 1790 que Galvani obtuvo evidencia directa de la relación entre la contracción muscular y la electricidad.<sup>2</sup> Se le considera el iniciador de los conocimientos actuales de la fisiología neuromuscular, ya que experimentó en ranas donde se consiguió la estimulación de un nervio, creando una contracción muscular (Fig. 1).<sup>3</sup>

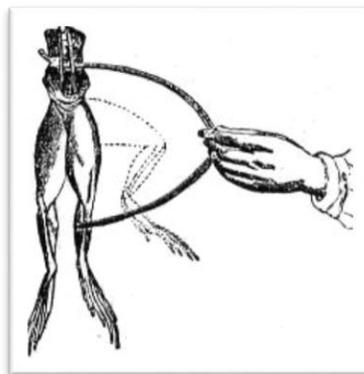


Fig. 1 Experimento de Galvani, donde generó una pequeña corriente eléctrica tras conectar dos metales diferentes en el muslo de una rana.

En 1792 Volta desarrolló el electroscopio, una herramienta poderosa que podría ser utilizada tanto para generar electricidad y para estimular el músculo (Fig. 2) <sup>1</sup>.



Fig. 2 Alessandro Volta (1745-1827).

Fue hasta principios de 1800 que el galvanómetro, una herramienta para medir corrientes eléctricas y la actividad muscular, se inventó<sup>1</sup>. Un siglo después, en 1901, el médico William Einthoven, desarrolló el galvanómetro de cuerda, con el cual se pudo realizar el primer registro de electrocardiografía de alta calidad (Fig. 3). <sup>4</sup>

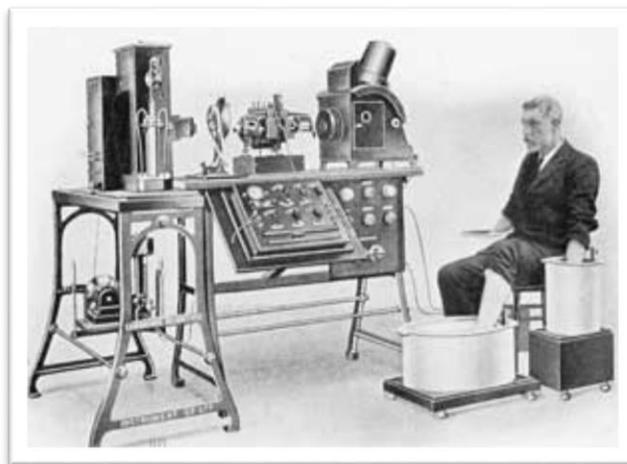


Fig. 3 Galvanómetro de Einthoven

El físico inglés William du Bois Dudell en 1908 y el físico alemán Karl Ferdinand Braun en 1909 inventaron el osciloscopio de rayos catódicos.<sup>4</sup>

En la década de 1920, Pratt comenzó a demostrar que la magnitud de la energía asociada con la contracción del músculo se debía al reclutamiento de fibras de músculos individuales. Gasser y Erlanger utilizaron el osciloscopio de rayos catódicos recién inventados para mostrar las señales de los músculos, logrando el premio nobel en 1944 (Fig. 4).<sup>2</sup>

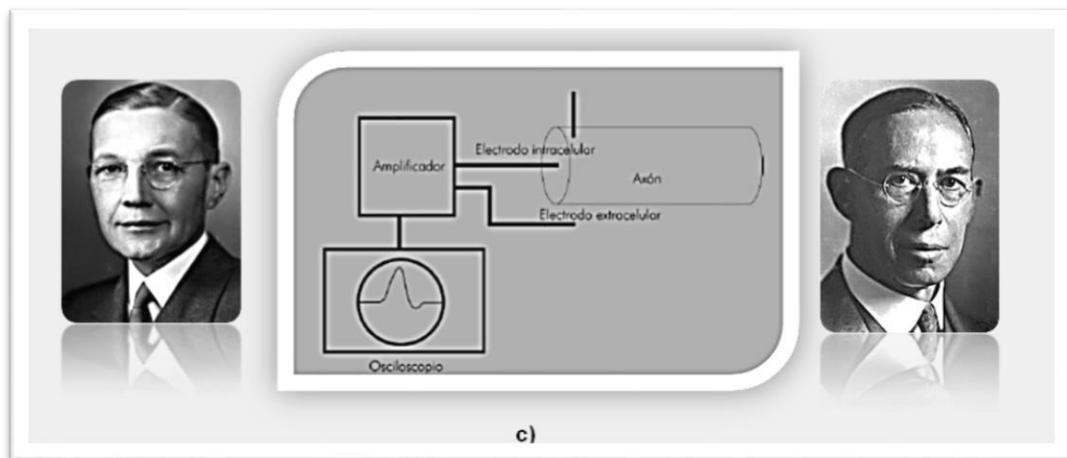


Fig. 4 Invención en neurofisiología Herbert Gasser y Joseph Erlanger. Premio nobel 1944.

En 1925 Lidell y Sherrington introdujeron el concepto de unida motora (UM) <sup>3</sup>.

En 1928, Proebster observó las señales generadas por músculos inervados, describiéndolas como potenciales de acción irregulares y espontáneos. Dando así inicio al campo de la electromiografía clínica, siendo el primero en realizar una electromiografía como método de diagnóstico. <sup>5</sup>

Años más tarde, en 1938, Adrian y Bronk comenzaron a utilizar la aguja concéntrica para el registro de los potenciales de UM y añadieron el altavoz para la audición de la señal acústica de la actividad muscular <sup>3</sup>.



Denny-Brown y Penny-Backer hicieron aportaciones sobre el osciloscopio de rayos catódicos y los amplificadores útiles para el desarrollo de aplicaciones clínicas, entre ellas la obtención de fibrilaciones y fasciculaciones en 1938 <sup>3</sup>.

En 1941, Harvey y Masland realizaron la descripción de la técnica de estimulación repetitiva y el decremento miasténico. Buchthal fue el primero en desarrollar una escuela para la formación de especialistas que difundieran éstas técnicas para uso clínico <sup>3</sup>.

Los estudios de conducción motora de Hodes en 1948 y de la conducción sensitiva de Dawson y Scott en 1949, además de la posterior introducción de la EMG de la fibra aislada en 1964 por Ekstedt, aportaron un gran avance y evolución de los procesos del sistema nervioso periférico <sup>3</sup>.

## 1.2 Activador Abierto Elástico Klammt

Pierre Fauchard, cirujano militar, es considerado el padre de la odontología debido a su publicación “Le Chirurgien Dentiste, ou Traite des dents”, (El cirujano dentista o tratado sobre los dientes). Editado en 1928, Le chirurgien dentiste fue el libro más importante en odontología aparecido hasta esa fecha, y resultó toda una autoridad en su campo durante el siguiente siglo (Fig. 5). En su libro cubrió el campo completo de la odontología; trató la anatomía y la morfología dental, además de las anomalías de los dientes. Disertó sobre la caries dental, sus causas y prevención, e investigó con gran detalle la patología oral. Los problemas de la dentición le interesaron de gran manera y subrayó la importancia de retener los dientes caducos hasta que llega el momento en que se caen.<sup>6</sup>

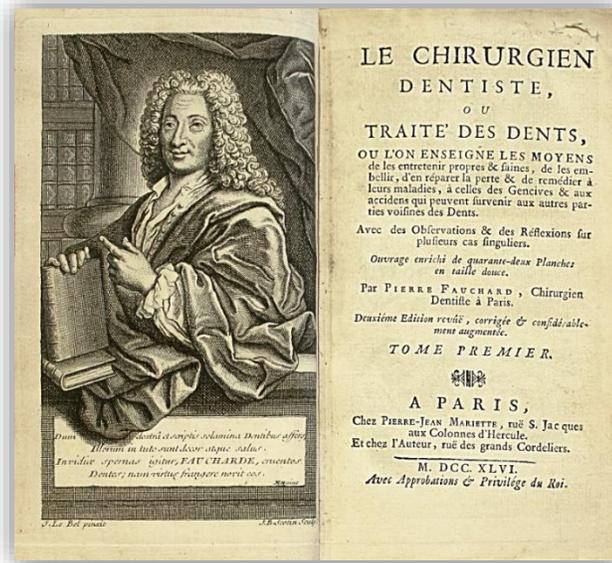


Fig. 5 Pierre Fauchard y su publicación “Le Chiruglen Dentiste, ou Traite des desnts”

En 1879 Norman Kingsley utiliza por primera vez el anclaje extraoral e idea una placa con levante plano de levante anterior precursor de los aparatos funcionales, llamada placa de salto de mordida. <sup>7</sup>

En 1881 Walter Harris Coffin describe una placa de expansión con resorte, el cual lleva su nombre, con un resorte central de cuerda de piano que expandía el maxilar, pero fue Emerson Colon Angell en 1860, quién diseñó el primer aparato que abría la sutura palatina media. <sup>8</sup>

Pierre Robin, diseñó por primera vez un tipo de aparato que más tarde fue utilizado sobre la actividad muscular por medio de un cambio de las relaciones espaciales de los maxilares, el monobloc. <sup>7</sup>

En 1908 Vigo Andresen da a conocer su activador, uno de los aparatos pioneros de la Ortopedia Funcional. Creado a partir de los conceptos propuestos por Kingsley (1880), quien introdujo el principio de adelantar la mandíbula en pacientes con retrognatismo, lo cual permitiría corregir la relación sagital maxilar sin inclinar anteriormente los incisivos inferiores. Sin

embargo, no es sino hasta 1938, cuando Andresen se asocia con Häupl y deciden bautizar al aparato funcional con el nombre de Activador debido a su capacidad para activar las fuerzas musculares (Fig 6).<sup>9</sup>



Fig. 6 Activador de Andresen y Häupl

En 1918 Alfred Rogers presentó teorías esencialmente sobre el ejercicio de los músculos orofaciales, que, realizados en ciertas formas, podían ayudar a corregir ciertos estados ortodóncicos. La terapia miofuncional es un coadyuvante importante a la ortodoncia moderna y es uno de los principios definidos por Rogers.<sup>7</sup> Experimentó haciendo que sus pacientes hicieran ejercicios con los músculos faciales y, en 1918, escribió un artículo titulado «Aparatos de ortodoncia vivos», en el cual declaró que la función muscular puede corregir por sí sola la maloclusión.<sup>10</sup>

En 1919 Charles Hawley da a conocer su aparato conocido como placa Hawley<sup>7</sup>, quien fue el primero que aplicó dicha placa como medio de contención, sin embargo, puede efectuar pequeños movimientos dentarios como aparato activo.<sup>11</sup> Este aparato removible se caracteriza por tener ganchos en los molares, un arco vestibular con asas en los caninos y una placa de acrílico que cubre el paladar (Fig. 7).<sup>12</sup>



Fig. 7 Placa Hawley superior

Arthur Martin Schwartz da a conocer su “placa activa” con aditamentos, como tornillos, arcos vestibulares y resortes en 1938. <sup>7</sup> Además, creó una clasificación de maloclusiones la cual comprendía dieciséis grupos con sus respectivos subgrupos. A partir de aquí, se obtuvo una visión más global de las maloclusiones. <sup>8</sup>

El Dr. Bimler presentó su aparato “modelador abierto elástico” en 1950. Fue ideado con las bases funcionales del activador, pero con diferencia de ser abierto por oclusal para aprovechar la energía de los movimientos de lateralidad que se desperdiciaban con el activador, ya que éste solo contiene un bloque superior e inferior unido. El aparato de Bimler, por el contrario, mantiene unidas las placas superior e inferior, pero por medio de alambres elásticos para aprovechar, los ya mencionados movimientos de lateralidad (Fig. 8). <sup>7</sup>



Fig. 8 Aparato Bimler

En 1951 Hugo Stockfish creó un aparato funcional llamado kinetor, actúa en ambos maxilares y se combinan los principios de los aparatos de acción indirecta con los de acción directa, representados estos últimos por la incorporación de tornillos y resortes activos de alambre, además de apoyos elásticos interoclusales (gomas largas). Las gomas son aditamentos interoclusales que producen un estímulo vertical en los molares superiores e inferiores debido a su resiliencia. Ellas buscan inducir una transmisión del impulso desde los dientes y el periodonto hacia el maxilar superior, para frenar la extrusión de los dientes posteriores y profundizar la mordida <sup>13</sup> (Fig. 9).



Fig. 9 Aparato Kinetor

El activador abierto elástico (AAE) Klammt es un aparato ortopédico funcional, desarrollado en 1953 por el alemán George Klammt, quién fue discípulo de Dr. Bimler; tomó algunos elementos de los modeladores elásticos creados por éste último, realizando un activador recortado de enfrente, y los conjugó con los activadores del Dr. Andreasen (1938), que a diferencia de éste último es abierto por delante para permitir la función lingual, posteriormente le adicionó escudos retrolabiales tomados del regulador de función del Dr. Frankel (1967) (Fig. 10).<sup>14</sup>



Fig. 10 Aparato Klammt

El AAE se convirtió en un aparato paralelo al Bionator, desarrollado por el profesor Wilhelm Balrters, a pesar de ser similar a éste, el AAE de Klammt es más dinámico, aunque este estabilizado sobre las caras oclusales posteriores o en los incisivos inferiores según la modificación que se realice (Fig. 11).<sup>7</sup>



Fig. 11 Bionator estándar clase II

## 2. CLASIFICACIÓN DE LOS MÚSCULOS

La clasificación de los músculos se puede organizar mediante su estructura o de acuerdo a su función. Dentro de la clasificación de estructura podemos encontrar tres tipos de músculo; estriado, liso y estriado involuntario. De igual forma, los músculos según su función se dividen en tres; esquelético, visceral y cardíaco (Cuadro 1).

Estructura	Estriado voluntario: Tiene estriaciones transversales visualmente observadas por microscopio. Formado por fibras musculares individuales y está bajo control voluntario.
	No estriado o liso: Al microscopio carece de estriaciones, su acción es involuntaria, controlado por el sistema nervioso autónomo.
	Estriado involuntario: Posee estriaciones transversales similares a las del músculo estriado voluntario, modulado directamente por el sistema nervioso autónomo.
Función	Esquelético : adherido al hueso, conforma la gran masa de la musculatura somática.
	Visceral: se encuentra en la mayoría de las vísceras huecas, como los vasos sanguíneos, vías aéreas y gran parte de las vísceras de la cavidad abdominopelvíana.
	Cardíaco: conforma la mayor parte de la pared del corazón.

Cuadro 1. Clasificación del músculo de acuerdo a su forma y función

### 3. MÚSCULO ESQUELÉTICO

El músculo estriado o esquelético, posee estriaciones transversales bien desarrolladas. En condiciones normales se contrae por la presencia de estimulación nerviosa, carece de conexiones anatómicas y funcionales entre fibras musculares individuales y está controlado voluntariamente. <sup>1</sup>

#### 3.1 Morfología

El músculo esquelético está compuesto por miles de fibras musculares, células multinucleadas individuales que representan el elemento contráctil del mismo. Dichas fibras están separadas entre sí por haces de tejido conectivo, que rodean hasta llegar en forma individual a cada una de ellas; epimisio, perimisio y endomisio respectivamente (Fig. 12). Éstos otorgan una estructura viscoelástica, que está en paralelo con las fibras musculares individuales, además de ser vía de paso para nervios, vasos sanguíneos y linfáticos que recorren las fibras musculares. <sup>15</sup>

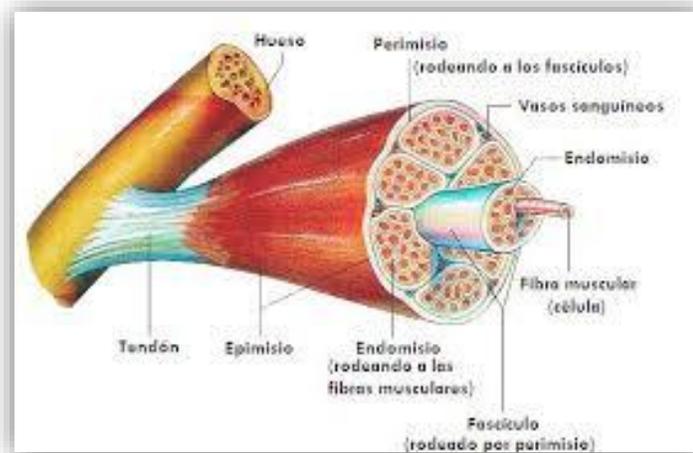


Fig. 12 Representación de las envolturas conjuntivas de un músculo: epimisio, perimisio y endomisio.

Así mismo, la fibra muscular se encuentra envuelta por la membrana celular, denominada sarcolema. Contiene un paquete de subunidades similar a ella, pero con de diámetro mucho menor, llamadas miofibrillas, las cuales se dividen

en filamentos individuales. Estos miofilamentos contienen varias proteínas; miosina II, actina, tropomiosina y troponina I, troponina T y troponina C, que en conjunto conforman el sistema contráctil del músculo estriado. El mecanismo contráctil del músculo estriado depende sobre todo de las proteínas <sup>15</sup>

### 3.2 Sarcómero

Cada miofibrilla está constituida por sarcómeros, que son unidades repetitivas ubicadas en serie y representan la unidad morfofuncional con capacidad contráctil del músculo. Se encuentra conformada por dos bandas transversales, la banda A u oscura y la banda I o clara, además de ser delimitada por dos discos o líneas Z, que dividen a las bandas I en dos mitades (Fig. 13).

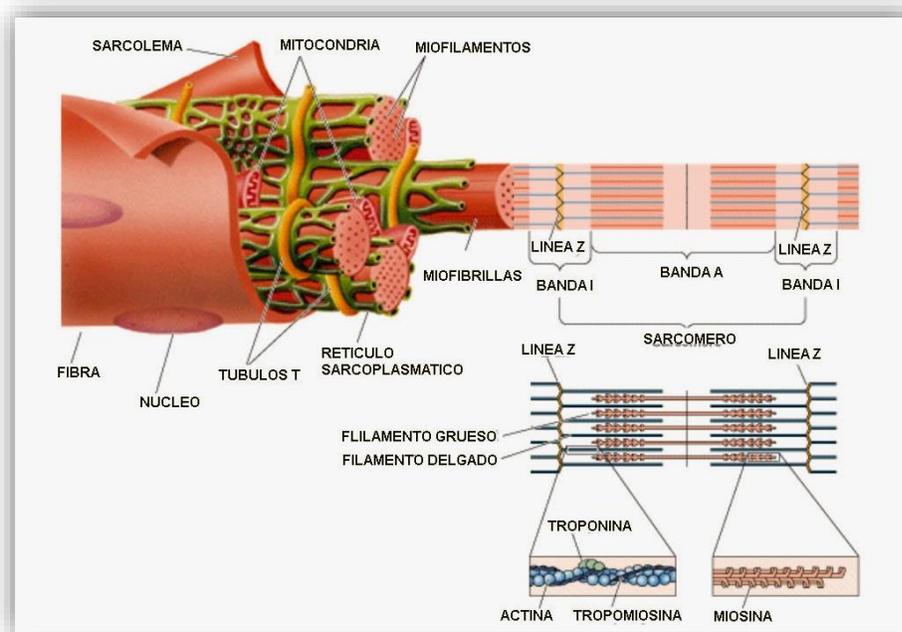


Fig. 13 Organización de la fibra muscular

La banda clara I está dividida por la línea oscura Z, y la banda oscura A tiene la banda H más clara en su centro. Se observa una línea M trasversal

intermedia de la banda H. Las bandas H que se encuentran son las regiones en las que los filamentos delgados no se superponen con los gruesos cuando el músculo está relajado (Fig. 14). Las líneas Z permiten el anclaje de los filamentos delgados. <sup>15,16</sup>

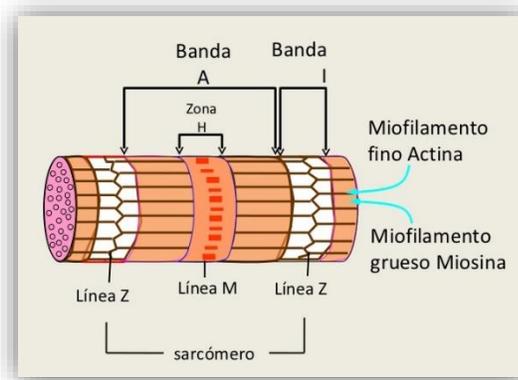
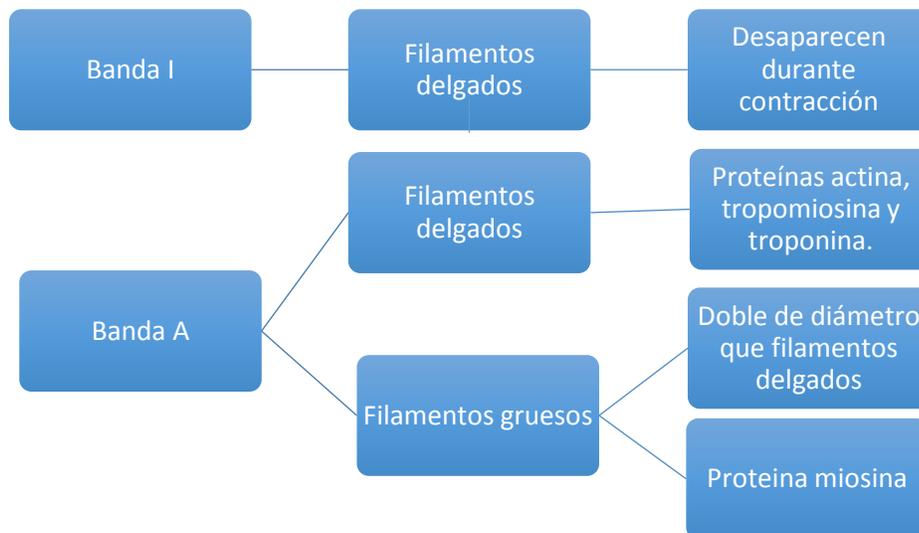


Fig. 14 Composición del sarcómer

La sucesión de sarcómeros, representan la unidad morfofuncional con capacidad contráctil del músculo. Esto se debe gracias a su contenido de miofilamentos gruesos y delgados ricos en proteínas contráctiles (Cuadro 2).

<sup>15,16</sup>



Cuadro 2. Composición proteica de la Banda I y Banda A.

La miosina tipo II, tiene dos cabezas globulares y una cola larga. Las cabezas de ésta forman puentes cruzados con la actina. La miosina contiene cadenas pesadas y ligeras. Las cabezas están formadas por las cadenas ligeras y terminaciones amino de las cadenas pesadas. Estas cabezas contienen el sitio de unión de la actina y un sitio catalítico que hidroliza el ATP. La línea M es el sitio de inversión de la polaridad de las moléculas de miosina en cada filamento grueso. (Fig. 15)

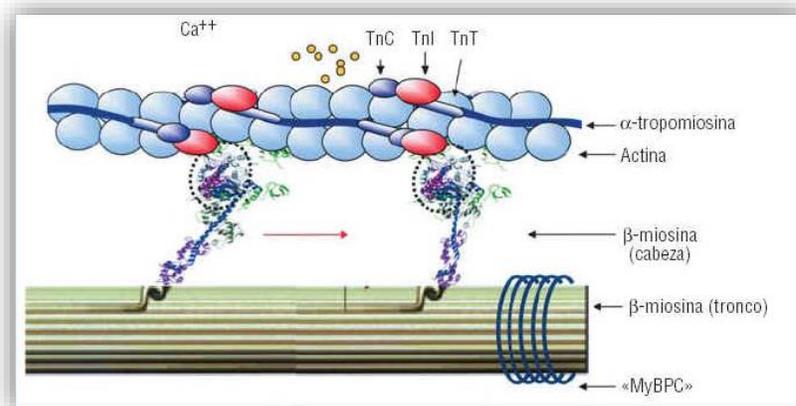


Fig. 15 Filamento delgado de actina con el complejo tropomiosina-troponina

Los filamentos delgados son polímeros compuestos por dos cadenas de actina que forman una doble hélice larga. Las moléculas de tropomiosina son filamentos largos situados en la hendidura entre las dos cadenas de actina. (Fig. 15) Cada filamento delgado contiene 300 a 400 moléculas de actina y 40 a 60 moléculas de tropomiosina. Cada una de las tres subunidades de la troponina tiene una función única; la troponina I inhibe la interacción de la miosina con la actina, la troponina C contiene los sitios de unión para el Ca<sup>2+</sup> que ayuda a iniciar la contracción. La actinina, titina y desmina son proteínas estructurales adicionales que son importantes para la función del músculo estriado. (Cuadro 3)<sup>15,16</sup>.



<b>Actinina</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se une con las líneas Z</li></ul>
<b>Titina</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Conecta las líneas Z con las líneas M. Proporciona andamiaje al sarcómero</li></ul>
<b>Desmina</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Agrega estructura a las líneas Z</li></ul>

Cuadro 3. Proteínas estructurales adicionales

### 3.3 Sistema sarcotubular

Los espacios entre cada una de las miofibrillas están ocupados a su vez por el sarcoplasma, el cual contiene núcleos y mitocondria, sirve como medio de paso del sistema sarcotubular, red tubulomembranosa que interviene en el proceso excitación-contracción del músculo. Este sistema está compuesto por túbulos transversos, el sistema T, que son invaginaciones del sarcolema dirigidas hacia dentro de la fibra muscular y tienen una función importante dentro de la contracción y también contiene al retículo sarcoplasmático, que interviene en la movilización del calcio y el metabolismo celular muscular.

El sistema T de túbulos transversales que se continúa con el sarcolema de la fibra muscular, forma una rejilla perforada por las fibrillas musculares individuales. El espacio entre las dos capas del sistema T es una extensión del espacio extracelular. El retículo sarcoplásmico forma una cortina irregular alrededor de cada una de las fibrillas, tiene cisternas terminales grandes en contacto estrecho con el sistema T, en las uniones entre las bandas A e I (Fig. 16). Este sistema T proporciona un trayecto para la transmisión rápida del potencial de acción desde la membrana celular a todas las fibrillas en el músculo. <sup>15,16</sup>

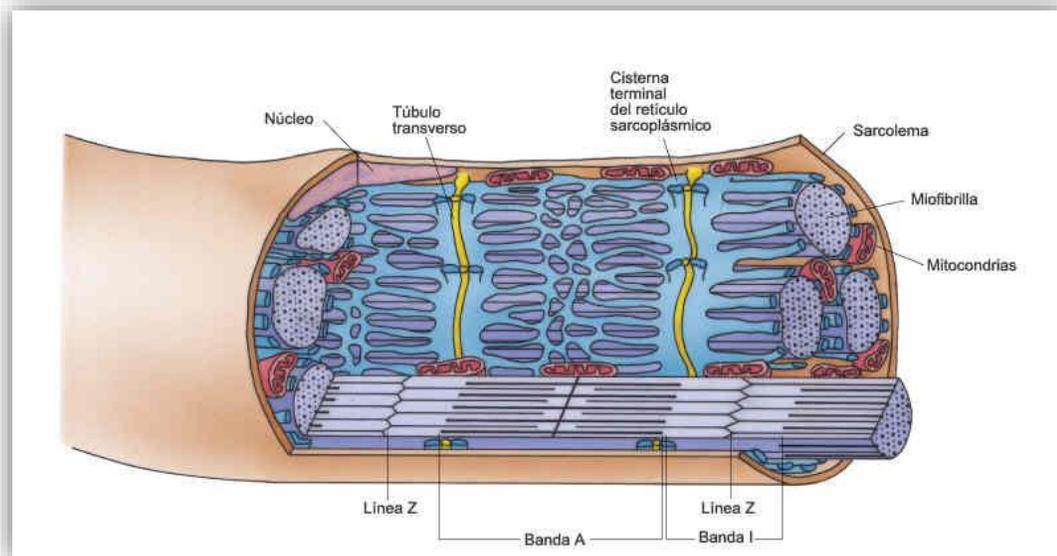


Fig. 16 Sistema sarcotubular

### 3.4 Contracción muscular

El proceso de despolarización de la fibra muscular a través del cual se inicia la contracción se llama acoplamiento excitación-contracción. En éste, un potencial de acción se transmite a todas las fibrillas de la fibra muscular mediante el sistema T, lo que crea su despolarización extendiéndose a lo largo de los túbulos T, esto desencadena la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  de las cisternas terminales, sacos laterales del retículo sarcoplasmático próximos al sistema T, así como la difusión en los filamentos gruesos y delgados del sarcómero. Después existe una unión de  $\text{Ca}^{2+}$  con la troponina C y un descubrimiento de los sitios de unión para la miosina en la actina. Esto crea la formación de enlaces cruzados entre la actina y miosina, además de un deslizamiento de los filamentos delgados sobre los gruesos, creando el movimiento (Fig. 17).

15,16

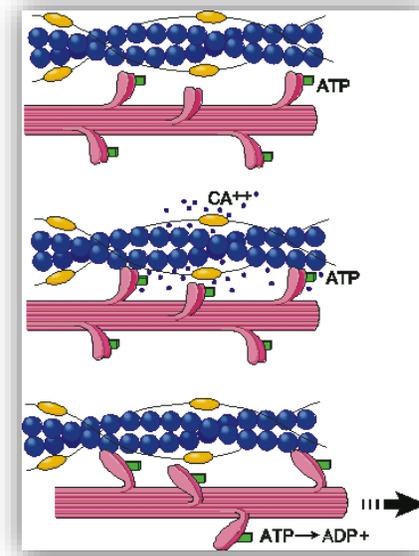


Fig. 17 Enlaces cruzados de actina y miosina

El proceso por el cual se produce la contracción muscular es el deslizamiento de los filamentos finos sobre los gruesos. La anchura de las bandas A es constante. Mientras que las líneas Z, se aproximan entre sí cuando el músculo se contrae y se apartan cuando se relaja.

El deslizamiento entre los miofilamentos ocurre por el movimiento cíclico de las dos cabezas de las moléculas de miosina uniéndose a la actina. Sólo una de las cabezas de miosina se une a la actina en un momento determinado. Dicha acción depende de hidrólisis simultánea de ATP (Fig. 18).<sup>15,16</sup>

- 1) En el músculo en reposo, la troponina I se une con la actina y la tropomiosina, y cubre los sitios en los que las cabezas de miosina interactúan con la actina.
- 2) La cabeza de miosina contiene ADP unido con fuerza. Después de un potencial de acción, aumenta el  $\text{Ca}^{2+}$  citosólico y el  $\text{Ca}^{2+}$  libre se une con la troponina C. Esto induce el debilitamiento de la interacción de troponina I con la actina y expone el sitio de unión de la actina para la

miosina a fin de permitir la formación de puentes cruzados miosina-actina.

- 3) Al formarse dicho puente cruzado, se libera ADP, lo que induce un cambio en la conformación de la cabeza de miosina, que mueve el filamento delgado sobre el filamento grueso.
- 4) El ATP se une firmemente con el sitio libre de la miosina. Lo que hace que la cabeza de miosina se desprenda del filamento delgado.
- 5) El ATP se hidroliza y se libera fosfato inorgánico, lo que produce el levantamiento de la cabeza de miosina y eso completa el ciclo.

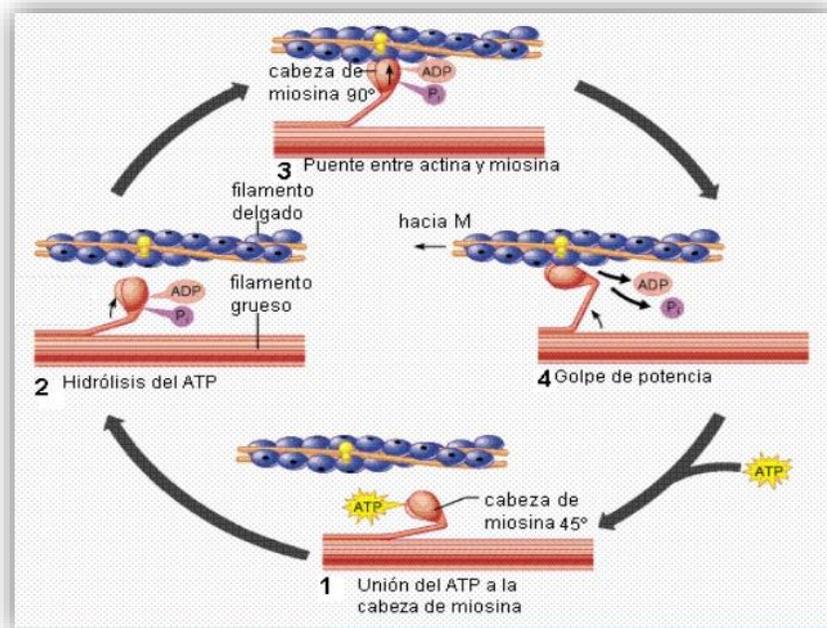


Fig. 18 Contracción muscular

Siempre que el Ca<sup>2+</sup> permanezca elevado y se disponga de ATP suficiente, este ciclo se repite. Muchas cabezas de miosina realizan el ciclo casi al mismo tiempo y los ciclos se repiten. <sup>16</sup>



### 3.5 Relajación muscular

El  $\text{Ca}^{2+}$  disminuye en la célula muscular por acción de la bomba  $\text{Ca}^{2+}$  ATP-asa sarcoplasmática o del retículo endoplasmático (SERCA), la cual utiliza energía de hidrólisis de ATP para eliminar  $\text{Ca}^{2+}$  del citosol y regresarlo a las cisternas terminales, donde se almacena hasta que lo libera el potencial de acción siguiente.

Una vez que la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  fuera del retículo ha disminuido lo suficiente, cesa la interacción química entre la miosina y la actina, creando la relajación muscular. <sup>16</sup>

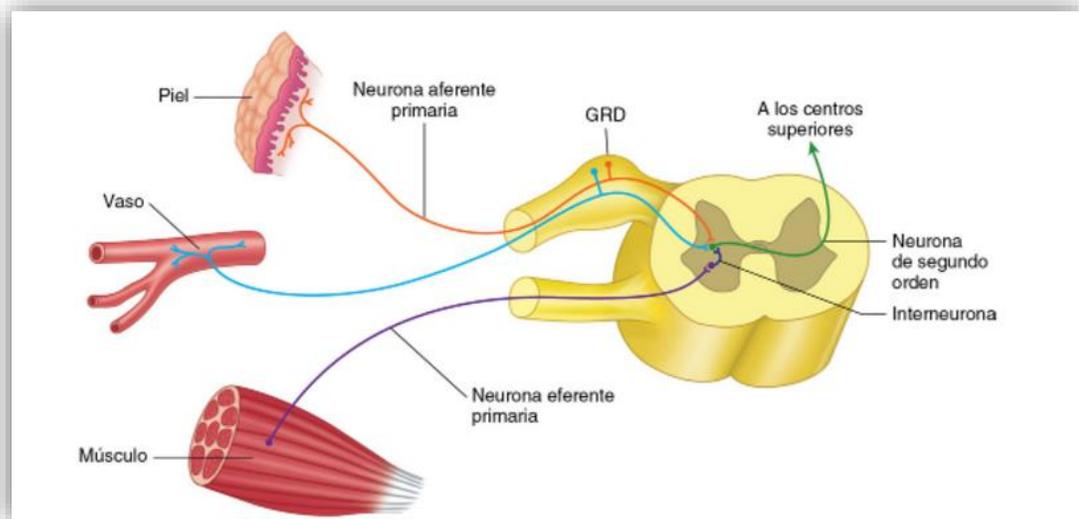
## 4. UNIÓN NEUROMUSCULAR

### 4.1 Neurona

La unidad estructural elemental del sistema nervioso es la neurona. Está formada por una masa de protoplasma, conocida como cuerpo neuronal, y por unas prolongaciones protoplasmáticas del mismo denominadas dendritas y axones. Los cuerpos neuronales localizados en la médula espinal forman parte de la sustancia gris del sistema nervioso central (SNC), mientras que los cuerpos celulares que se encuentran fuera del SNC se agrupan en ganglios. El axón es el núcleo central que forma la parte conductora esencial de una neurona y es una extensión del citoplasma de la misma. Muchas neuronas se agrupan para formar una fibra nerviosa. Estas neuronas son capaces de transferir los impulsos eléctricos y químicos a lo largo de sus ejes, lo que permite que la información entre y salga del SNC. Dependiendo de su localización y función, las neuronas son designadas con términos diferentes. Una neurona aferente conduce el impulso nervioso hacia el SNC, mientras que una neurona eferente lo conduce periféricamente (Fig. 19). Todas las neuronas interneuronas, se encuentran localizadas en el interior del SNC. La primera neurona sensitiva recibe el nombre de neurona primaria o de primer orden. Las neuronas sensitivas de segundo y tercer orden son las interneuronas. Las neuronas eferentes o motoras transmiten impulsos nerviosos para producir

efectos musculares o secretorios. Los impulsos nerviosos se transmiten de una neurona a otra sólo en una unión sináptica, o sinapsis. <sup>17</sup>

Fig. 19 Representación gráfica del nervio periférico con la médula espinal



## 4.2 Receptores sensitivos

Los receptores sensitivos son estructuras neurológicas localizadas en todos los tejidos del cuerpo que proporcionan información al SNC sobre el estado de esos tejidos a través de las neuronas aferentes. Los receptores sensitivos especializados proporcionan información específica a las neuronas aferentes y después de nuevo al SNC. La información constante recibida de estos receptores permite a la corteza cerebral y al tronco del encéfalo coordinar la acción de músculos individuales o de grupos de músculos para crear así una respuesta adecuada. La información de los tejidos que están fuera del SNC debe transferirse al SNC y a los centros superiores del tronco del encéfalo y la corteza cerebral para ser interpretada y evaluada (Cuadro 4). <sup>17</sup>

<b>Exteroceptores</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se encuentran en tejidos periféricos como la piel y la mucosa oral.</li><li>• Proporcionan información de los tejidos exteriores del cuerpo e informan al SNC de las condiciones del entorno</li></ul>
<b>Nociceptores</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Receptores específicos para molestias y dolor</li><li>• Localizados en todo el cuerpo</li></ul>
<b>Propioceptores</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Proporcionan información acerca de la posición y el movimiento de la mandíbula y sus estructuras orales asociadas</li><li>• Se encuentran fundamentalmente en las estructuras músculoesqueléticas</li></ul>
<b>Interoceptores</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Receptores que aportan información acerca del estado de los órganos internos</li></ul>

Cuadro 4. Tipos de receptores sensitivos

### 4.3 Estructuras del sistema nervioso central involucradas

#### **Cerebro**

La corteza cerebral representa la región más exterior del cerebro y está constituida fundamentalmente por materia gris. Es la región encefálica que guarda mayor relación con el proceso del pensamiento, aunque no se puede pensar sin la intervención simultánea de otras estructuras encefálicas más profundas. La corteza cerebral es la porción del cerebro en la que se almacenan todos nuestros recuerdos y es también la principal responsable de nuestra capacidad para desarrollar la mayoría de nuestras habilidades musculares. Existe un área motora, que interviene sobre todo en la



coordinación de la función motora, y un área sensitiva, que recibe y valora aferencias somatosensoriales.<sup>17</sup>

### **Hipotálamo**

El hipotálamo es una estructura de pequeño tamaño situada en el centro de la base del cerebro. Es el principal centro encefálico para el control de las funciones internas del organismo, como la temperatura corporal, el hambre y la sed. La estimulación del hipotálamo excita el sistema simpático de todo el organismo, lo que incrementa el nivel general de actividad de muchas partes del cuerpo, con un aumento especial de la frecuencia cardíaca y una constricción de los vasos sanguíneos.<sup>17</sup>

### **Tálamo**

El tálamo se encuentra en el mismo centro del encéfalo y está rodeado por el cerebro por arriba y los costados y por el mesencéfalo por debajo. Está constituido por numerosos núcleos que trabajan juntos interrumpiendo los impulsos. Casi todos los impulsos que proceden de las regiones encefálicas inferiores y de la médula pasan por sinapsis talámicas antes de acceder a la corteza cerebral. El tálamo actúa como una estación reguladora para la mayoría de las comunicaciones entre el tronco del encéfalo, el cerebelo y el cerebro. Cuando los impulsos llegan al tálamo, éste los valora y los dirige hacia las regiones apropiadas de los centros superiores para interpretarlos y responder a ellos.<sup>17</sup>

### **Núcleo del tracto espinal**

Las aferencias sensitivas de la cara y la boca viajan por el quinto nervio craneal, el nervio trigémino. Los cuerpos celulares de las neuronas aferentes del trigémino se localizan en el ganglio de Gasser, de gran tamaño. Los impulsos conducidos por el nervio trigémino entran directamente en el tronco del encéfalo, a nivel de la protuberancia, y hacen sinapsis en el núcleo medular del trigémino. El complejo trigeminal troncoencefálico está formado por el

núcleo trigeminal sensitivo principal y el tracto espinal del núcleo trigeminal, que ocupa una posición más caudal. (Fig. 20)

Otro componente del complejo trigeminal troncoencefálico es el núcleo motor del quinto nervio craneal.

Esta región del complejo interviene en la interpretación de los impulsos dirigidos a producir respuestas motoras. En esta zona se inicia la actividad refleja motora de la cara, de forma muy parecida a como lo hace la actividad refleja espinal en el resto del organismo. <sup>17</sup>

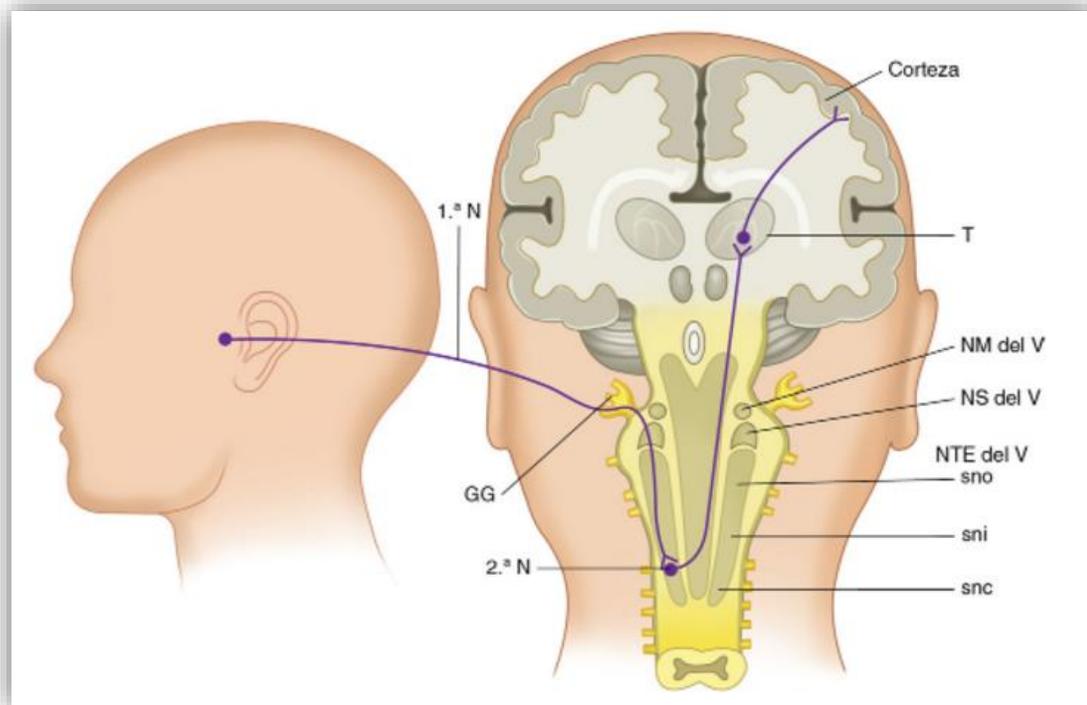


Fig. 20 Representación gráfica del nervio trigémino en su entrada al tronco del encéfalo a través de la protuberancia. La neurona aferente primaria (1.ª N) entra en el tronco del encéfalo y hace sinapsis con una neurona de segundo orden (2.ª N) en el núcleo del tracto espinal del trigémino (NTE del V). El núcleo del tracto espinal se divide en tres regiones: el subnúcleo oral (sno), el subnúcleo interpolar (sni) y el subnúcleo caudal (snc). El complejo trigeminal troncoencefálico incluye además el núcleo motor del V (NM del V) y el núcleo sensitivo principal del V (NS del V). Los cuerpos neuronales del nervio trigémino se localizan en el ganglio de Gasser (GG). Una vez que una neurona de segundo orden recibe el impulso, lo transporta hasta el tálamo (T) para su interpretación.

#### 4.4 Unidad motora

La función fundamental del músculo es contraerse a través del acortamiento de las fibras musculares. La contracción muscular es llevada a cabo por medio de impulsos nerviosos motores que son transmitidos por el sistema nervioso central hasta las motoneuronas  $\alpha$ .

La unidad básica del componente neuromuscular es la unidad motora, que está constituida por el cuerpo celular y el axón de una motoneurona  $\alpha$  acompañada de las fibras musculares que inerva. El sitio específico de conexión sináptica de la terminal axónica motora con la fibra muscular se denomina unión neuromuscular (Fig. 21).

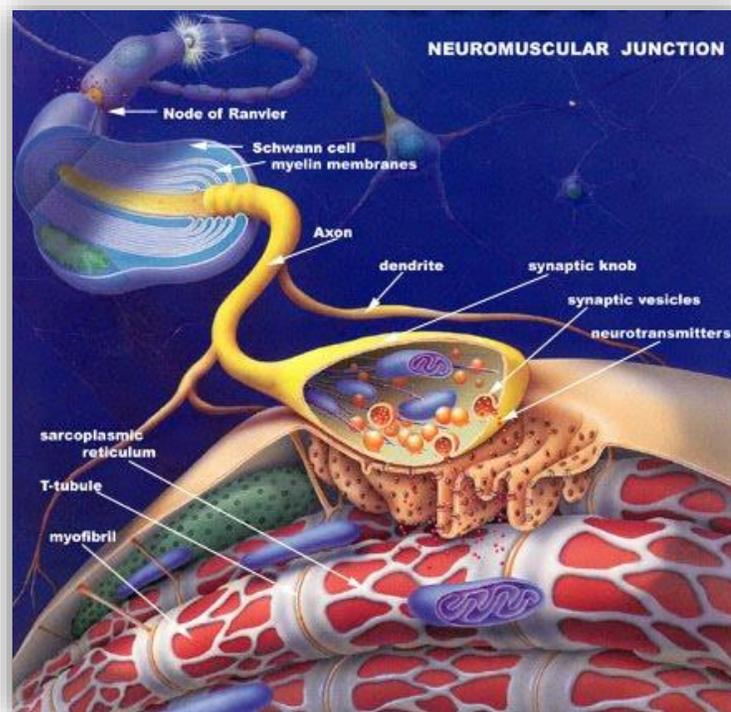


Fig. 21 Unión neuromuscular

Cada motoneurona inerva a diferentes fibras musculares, sin embargo, cada fibra muscular está inervada solamente por una motoneurona en particular. Un potencial de acción generará a su vez, en forma simultánea, un estímulo en todas las fibras musculares que esta neurona inerva, en consecuencia, todas



las fibras de una unidad motora activada se contraerán al mismo tiempo. Es por eso que la unidad motora representa la unidad básica del funcionamiento neuromuscular, pero no debe confundirse con el sarcómero, ya que éste representa la unidad básica morfofuncional del músculo esquelético.

Los mecanismos neuromusculares proporcionan la energía necesaria para poner en marcha a los músculos mandibulares. Para la correcta ejecución de movimientos mandibulares coordinados y armónicos, se requiere de vías nerviosas que modulen las descargas de los diferentes “pools” de motoneuronas  $\alpha$  trigeminales que inervan cada músculo en particular. La modulación de la descarga de las motoneuronas  $\alpha$  trigeminales depende de las influencias que determinaran las múltiples fibras nerviosas que convergen sobre su superficie celular, provenientes tanto desde los diferentes receptores que se encuentran diseminados en las diversas estructuras del sistema estomatognático, como a partir de centros cerebrales altos pertenecientes al sistema motor esquelético o somático.

Cerca de 1.200 fibras o más, pueden hacer sinapsis en una motoneurona  $\alpha$ , por esto mismo, podemos decir que dicha neurona representa la vía común para las fibras nerviosas que convergen en ella. También la actividad de las motoneuronas alfa trigeminales, es la determinante final de la actividad muscular desencadenada durante la función masticatoria. Algunas de los cientos de fibras nerviosas que convergen sobre las mismas, pueden ejercer, a través de su sinapsis, influencias excitatorias o inhibitorias. Del balance de éstas mismas dependerá la descarga de la motoneurona. Si existe un predominio excitativo, las motoneuronas desencadenarán impulsos nerviosos que darán lugar a la contracción de las fibras a las cuales inerva. Por otro lado, si existe predominio inhibitorio, se frena la carga motoneuronal y en consecuencia existe una relajación muscular. Ésta competición se encuentra presente a nivel del núcleo motor trigémino, que permite la ejecución de



movimientos mandibulares coordinados y armónicos. Dichos mecanismos constituyen el componente neuromuscular. <sup>15,16,17</sup>

#### 4.5 Mecanismo de contracción

El inicio de la contracción muscular se produce en las siguientes etapas secuenciales (Fig. 22).

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

membrana y permanecen almacenados hasta un nuevo potencial de acción. 1,18

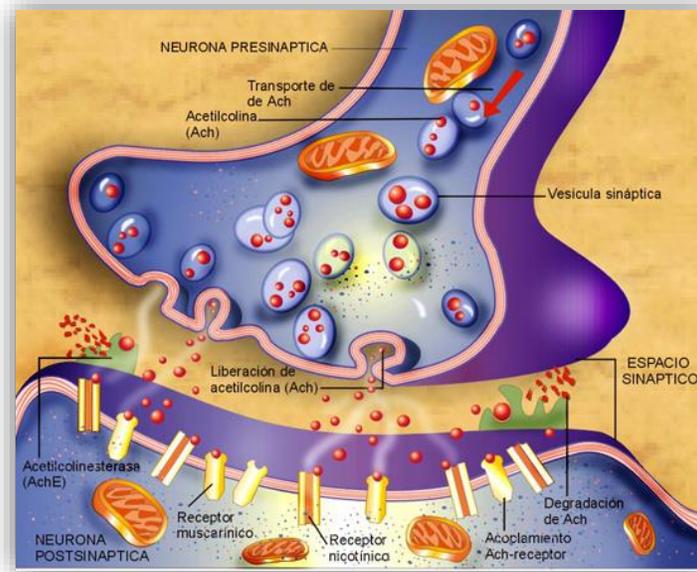


Fig. 22 Mecanismo de contracción

## 5. MECANISMOS PROPIOCEPTIVOS MUSCULARES

Los mecanismos neuromusculares periféricos o sensoriales están representados por todos aquellos circuitos nerviosos que en su conjunto comprenden los diferentes receptores nerviosos estomatognáticos. Una parte importante de la información sensitiva o aferente que procesa el encéfalo proveniente de los diferentes sistemas músculo-esqueléticos del organismo, se usa para controlar las fuerzas contráctiles de sus músculos esqueléticos. En éstos y en sus tendones, existen dos tipos de propioceptores musculares; los husos humorales y los órganos tendinosos de Golgi, que transmiten información de la longitud y tensión muscular, respectivamente. Como el estímulo adecuado de los propioceptores nombrados es el estiramiento, también son denominados receptores de estiramiento (Fig. 23). 15



## 5.1 Huso neuromuscular

El huso neuromuscular es una estructura nerviosa receptora compleja y especializada de forma alargada, con un centro un poco más grueso y extremos más finos, lo que proporciona una forma fusiforme característica. Está rodeada por una cápsula de tejido conectivo, que envuelve las fibras musculares intrafusales y las terminaciones nerviosas que lo componen. Se encuentra en la porción carnosa del músculo, de tal forma que la mayor parte del huso descansa dentro del espacio existente entre las fibras musculares extrafusales. Sus extremos distales se fusionan con el tejido conectivo del músculo. El huso humoral presenta tres componentes principales en cuanto a sus respuestas fisiológicas (Cuadro 5).<sup>1,15</sup>

<b>Fibras intrafusales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grupo especializado de fibras musculares finas y alargadas.</li><li>• Sus regiones centrales no son contráctiles, pero si sus extremos que corresponden a las regiones polares.</li></ul>
<b>Inervación sensitiva</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terminaciones nerviosas sensitivas mielínicas de gran tamaño que se originan de las regiones centrales de las fibras intrafusales</li><li>• Son las encargadas de transmitir información acerca del cambio de longitud del huso.</li></ul>
<b>Inervación motora</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terminaciones nerviosas motoras mielínicas de pequeño tamaño que inervan las regiones polares contráctiles de las fibras intrafusales</li><li>• Están involucradas con la regulación nerviosa de la sensibilidad del huso al estiramiento.</li></ul>

Cuadro 5. Respuestas fisiológicas del huso humoral

## 5.2 Órganos tendinosos del aparato de Golgi

Los órganos tendinosos de Golgi son más numerosos que los husos musculares en cualquier músculo esquelético, sin embargo existen limitadas evidencias acerca de la existencia de órganos tendinosos de Golgi en la musculatura mandibular, se han descrito en planos profundos de músculos masetero y temporal, en su zona de inserción con la mandíbula.



Representan el segundo tipo de propioceptor muscular. Se caracterizan por ser encapsulados y delgados, de aproximadamente 1 mm de longitud y 0.1 mm de diámetro. Su localización está alrededor de un paquete de fascículos tendinosos delgados, en donde se insertan los extremos de un paquete o grupo de fibras musculares esqueléticas (extrafusales); inmediatamente adyacentes a la unión músculo-tendinosa. Por consiguiente y contrariamente a los husos musculares, los órganos tendinosos están dispuestos en serie con respecto a las células extrafusales. Son estimulados fisiológicamente por los cambios de tensión del músculo durante una contracción isométrica que tensa y estira su unión músculo-tendinosa. <sup>1,15</sup>

Cada uno de los dos tipos de propioceptores analizados proporciona una diferente información referente a la mecánica muscular, debido a su distinta organización y disposición anatómica (Cuadro 6). <sup>1,15</sup>

Huso humoral	Órganos tendinosos del aparato de Golgi
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicados en paralelo respecto a las fibras extrafusales</li><li>• Cuando el músculo se estira, las terminaciones sensitivas aumentan rápidamente su tasa de descarga</li><li>• En contracción isométrica, la tasa de descarga disminuye</li><li>• Sistema de control de la longitud muscular</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicados en serie respecto a las fibras extrafusales</li><li>• Solo muestran un pequeño e inconsistente aumento durante el estiramiento.</li><li>• En contracción isométrica, la tasa de descarga aumenta.</li><li>• Sistema sensorial de control de la tensión muscular</li></ul>

Cuadro 6 Diferencias entre el huso humoral y los órganos tendinosos del aparato del Golgi

La armonización de la actividad muscular mandibular, principalmente de los elevadores, depende en forma importante de las informaciones sensoriales transmitidas por ambos propioceptores musculares y que son susceptibles de modular dos variables, la velocidad y fuerza de la contracción, ya sea por vía refleja o por sus acciones a nivel de estructuras nerviosas que tienen a su cargo el comando motor. <sup>17</sup>

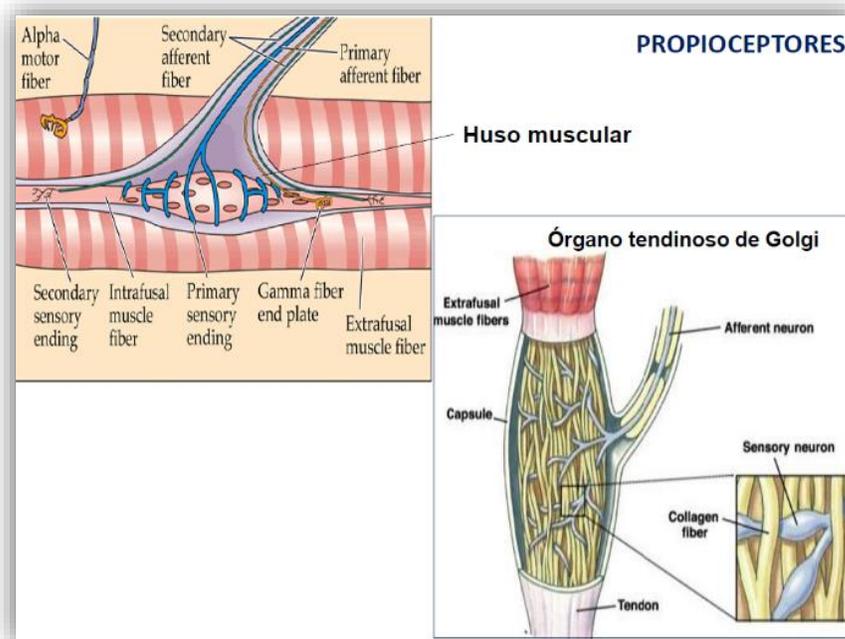


Fig. 23 Huso muscular y órgano tendinoso de Golgi

### 5.3 Corpúsculos de Pacini

Los corpúsculos de Pacini son órganos ovalados grandes que están formados por láminas concéntricas de tejido conjuntivo. Estos órganos tienen una amplia distribución y tienen una función de percepción del movimiento y de la presión intensa (no del tacto leve). En el centro de cada corpúsculo hay un núcleo que contiene la terminación de una fibra nerviosa. Estos corpúsculos se encuentran en los tendones, las articulaciones, el periostio, las inserciones tendinosas, las aponeurosis y el tejido subcutáneo. La presión que se aplica en estos tejidos deforma el órgano y estimula la fibra nerviosa. <sup>17</sup>

## 5.4 Nociceptores

Los nociceptores son receptores sensitivos que son estimulados cuando se sufre una lesión y transmiten esta información al SNC por las fibras nerviosas aferentes; están situados en la mayoría de los tejidos del sistema masticatorio. Existen varios tipos generales: algunos de ellos responden exclusivamente a estímulos mecánicos y térmicos nocivos; otros responden a una amplia gama de estímulos, desde sensaciones táctiles hasta procesos lesivos; hay otros que son receptores de umbral bajo, específicos para tacto leve y presión. A este último tipo se le denomina mecanorreceptor. La función principal de los nociceptores es la vigilancia del estado, posición y movimiento de los tejidos del sistema masticatorio. Cuando se producen situaciones peligrosas o que causan una lesión real a los tejidos los nociceptores transmiten esta información al SNC en forma de sensaciones de molestia o dolor (Fig. 24).<sup>17</sup>

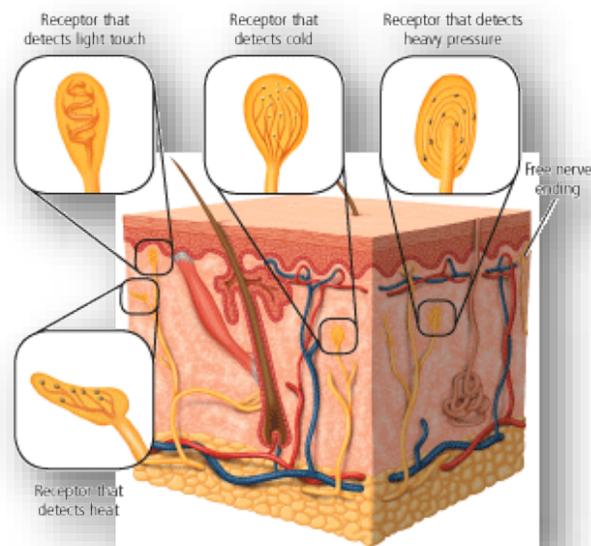


Fig. 24 Receptores sensitivos

## 5.5 Funciones musculares

La unidad motora tan sólo puede efectuar una acción: la contracción o el acortamiento. Sin embargo, el músculo en su conjunto tiene tres posibles

funciones. Con estas tres funciones, los músculos de la cabeza y el cuello mantienen constantemente una posición adecuada de la cabeza.

- 1) Cuando se estimula un gran número de unidades motoras del músculo se produce una contracción o un acortamiento general del mismo (Fig.25). Este tipo de acortamiento bajo una carga constante se denomina contracción isotónica. Se produce en el masetero cuando la mandíbula está elevada y fuerza el paso de los dientes mediante un bolo de alimento.

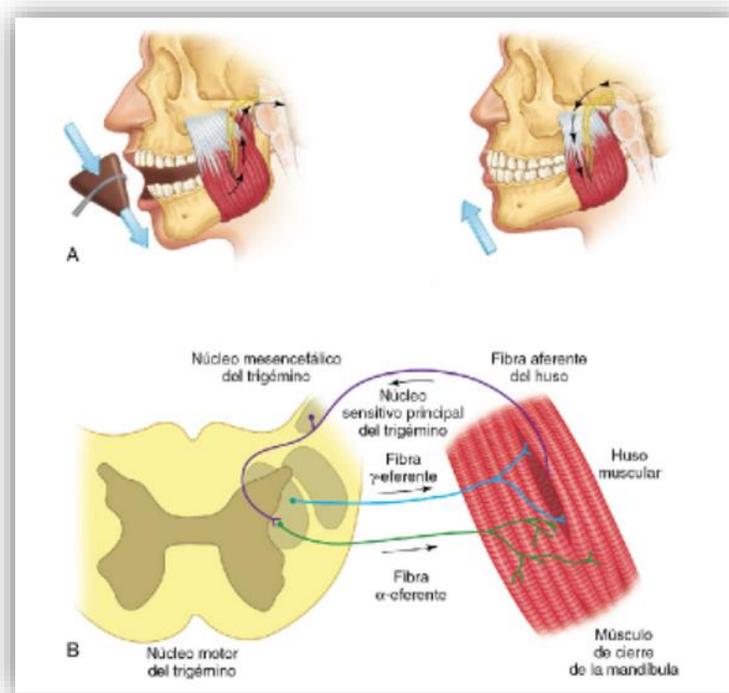


Fig. 25 Estimulación de unidades motoras

- 2) Cuando un número apropiado de unidades motoras se contraen en oposición a una fuerza dada, la función muscular que resulta consiste en sostener o estabilizar la mandíbula (Fig.25). Esta contracción sin acortamiento se denomina contracción isométrica y



se produce en el masetero cuando se sostiene un objeto entre los dientes.

- 3) Un músculo también puede funcionar por medio de una relajación controlada. Cuando se interrumpe la estimulación de la unidad motora, sus fibras se relajan y se restablece la longitud normal (Fig.25). Mediante un control de esta reducción de la estimulación de la unidad motora, puede producirse un alargamiento preciso del músculo que permita la realización de un movimiento suave y deliberado. Este tipo de relajación controlada se observa en el masetero cuando la boca se abre para aceptar un nuevo bolo de alimento durante la masticación.<sup>17</sup>

## 6. MÚSCULOS DE LA MASTICACIÓN

### 6.1 Músculo temporal

Músculo en forma de abanico que ocupa la mayor parte de la fosa temporal (Fig. 26).

#### **Origen e inserción:**

Se origina en la línea temporal inferior, fosa temporal y superficie profunda de la fascia temporal. Las fibras más anteriores poseen una orientación vertical y las más posteriores, horizontal.

Las fibras convergen inferiormente en un tendón que pasa entre el arco cigomático y la cresta infratemporal del ala mayor del esfenoides para insertarse en la apófisis coronoides de la mandíbula y en el borde anterior de la rama de la mandíbula.



### **Inervación y vascularización:**

El músculo temporal recibe su inervación de los nervios temporales profundos, que se originan del nervio mandibular V<sub>1</sub> en la fosa infratemporal, y después pasan a la fosa temporal

La irrigación del músculo temporal depende de las arterias temporales profundas, que viajan junto a los nervios, y de la arteria temporal media, que se introduce en la fascia temporal por el extremo posterior del arco cigomático.

19

### **Acción:**

La acción primaria del temporal es descrita tradicionalmente como la elevación de la mandíbula cuando actúa bilateralmente. Es un músculo de posicionamiento, además de actuar como un músculo de cierre<sup>1</sup>.

Si solo se contraen algunas porciones, la mandíbula se eleva siguiendo la dirección de las fibras que se activan. Cuando se contrae la porción anterior, la mandíbula se eleva verticalmente. La contracción de la porción media eleva, y en menor medida retruye la mandíbula. Las fibras más superiores de la porción posterior ejercen una función fundamentalmente retrusiva de la misma.

3

Cuando el músculo temporal se contrae, se eleva la mandíbula y los dientes entran en contacto. Dado que la angulación de sus fibras musculares es variable, el músculo temporal es capaz de coordinar los movimientos de cierre.

15,17

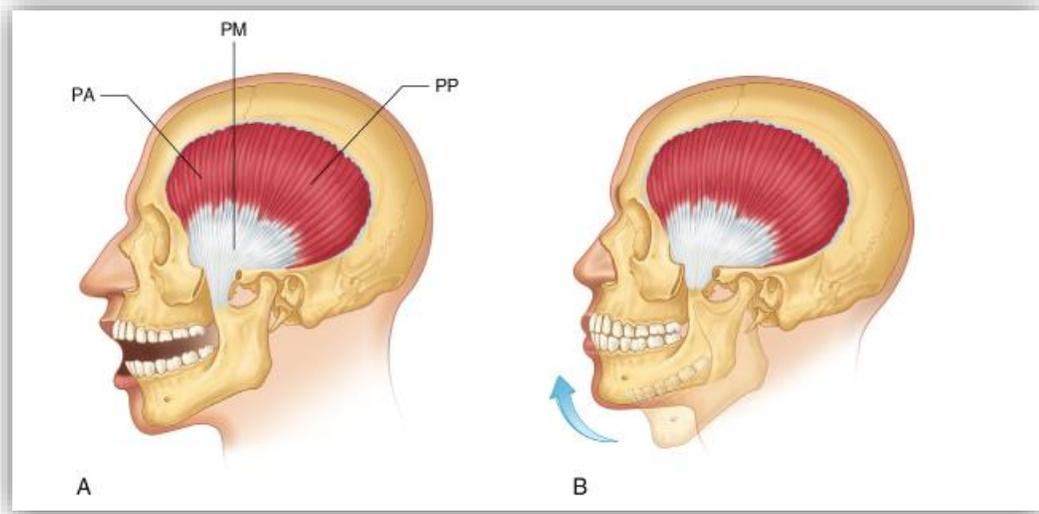


Fig. 26 A, Músculo temporal; PA, porción anterior; PM porción media; PP porción posterior. B  
Función: elevación de la mandíbula

## 6.2 Músculo masetero

El músculo masetero posee una forma cuadrangular, está formado por dos fascículos, uno superficial y otro profundo, se dirige oblicuamente desde el arco cigomático al ángulo mandibular y al margen inferior externo de la rama mandibular (Fig. 27).<sup>1, 19</sup>

### **Origen e inserción:**

El fascículo superficial se origina en la apófisis maxilar del hueso cigomático y en los dos tercios anteriores de la apófisis cigomática del hueso maxilar. Se inserta en el ángulo de la mandíbula y en la porción posteroinferior de la superficie lateral de la rama mandibular.

El fascículo profundo se origina en la zona medial del arco cigomático y en la porción posterior de su borde inferior, y se inserta en las regiones central y superior de la rama de la mandíbula, alcanzando la apófisis coronoides.

### **Inervación y vascularización:**

El músculo masetero recibe su inervación del nervio maseterino, rama del nervio mandibular V<sub>1</sub>; y su irrigación de la arteria maseterina, rama de la arteria maxilar y temporal superficial, rama terminal de la carótida externa.<sup>19</sup>

### **Acción:**

La acción primaria del músculo masetero es la elevación de la mandíbula. Sin embargo, así como el masetero superficial ejerce una cierta acción protusora mandibular, el masetero profundo puede facilitar la retrusión de la mandíbula<sup>15</sup>. Cuando las fibras del masetero se contraen, la mandíbula se eleva y los dientes entran en contacto. El masetero es un músculo potente que proporciona la fuerza necesaria para una masticación eficiente. Su porción superficial también puede facilitar la protrusión de la mandíbula. Cuando ésta se halla protruida y se aplica una fuerza de masticación, las fibras de la porción profunda estabilizan el cóndilo frente a la eminencia articular.<sup>17</sup>

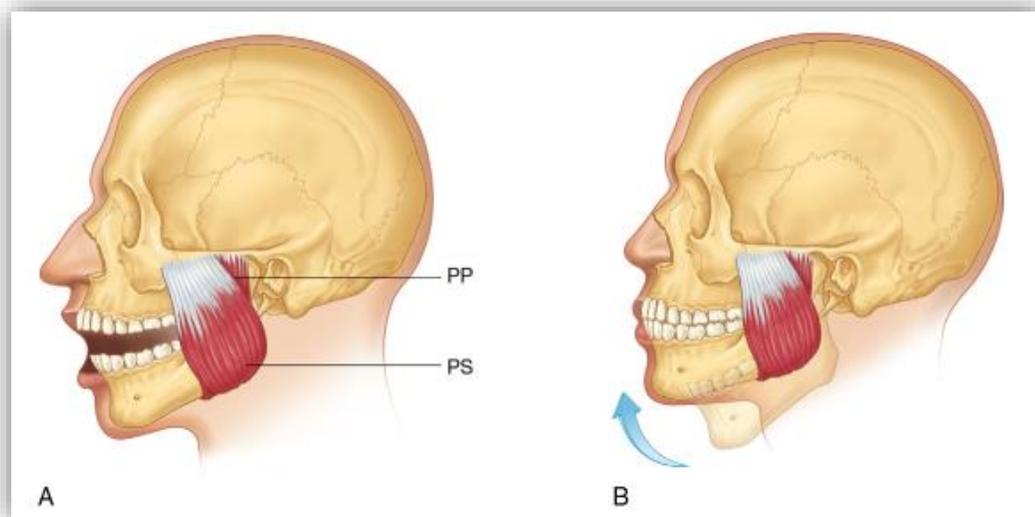


Fig. 27 A Músculo masetero; PP porción profunda, PS, porción superficial. B Función, elevación de la mandíbula



### 6.3 Músculo pterigoideo lateral

Músculo triangular robusto que al igual que su homólogo medial, posee dos cabezas (Fig. 28).

#### **Origen e inserción:**

La cabeza superior se origina en el techo de la fosa infratemporal, superficie mayor del ala del esfenoides y cresta temporal, lateral a los agujeros oval y espinoso.

La cabeza inferior, mayor que la cabeza superior se origina en la superficie lateral de la lámina lateral de la apófisis pterigoidea. Su porción inferior se introduce entre las inserciones craneales de las dos cabezas del músculo pterigoideo medial. Ambas cabezas del músculo pterigoideo lateral convergen antes de insertarse en la fosita pterigoidea del cuello de la mandíbula y en la cápsula de la articulación temporomandibular, en la región donde la cápsula se encuentra unida internamente al disco articular. <sup>19</sup>

#### **Inervación y vascularización:**

El músculo pterigoideo lateral está inervado por el nervio del músculo pterigoideo lateral, rama del nervio mandibular V<sub>1</sub>. Su irrigación está dada por la rama maxilar de la carótida externa. <sup>19</sup>

#### **Acción:**

Las funciones del pterigoideo lateral, son de apertura durante el ciclo de apertura de la mandíbula y como músculo de cierre y agonista durante el ciclo de cierre de la mandíbula. El pterigoideo lateral puede funcionar como músculo de soporte para sostener el cóndilo contra la inclinación de la eminencia durante el cierre de la boca. <sup>1</sup>

A diferencia del músculo pterigoideo medial, cuyas fibras tienden a orientarse verticalmente, las de éste músculo se orientan casi horizontalmente, como resultado, la contracción del músculo pterigoideo lateral desplaza el disco

articular y el cóndilo mandibular, en dirección anterior, hacia el tubérculo articular, por lo que es el principal músculo propulsor de la mandíbula. <sup>19</sup>

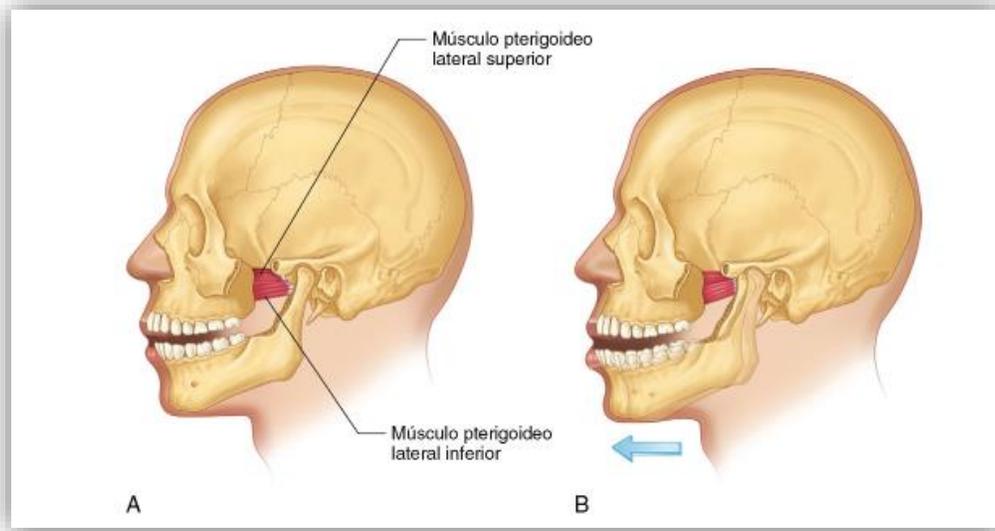


Fig. 28 A Pterigoideo lateral superior e inferior; B función: elevación de la mandíbula

#### 6.4 Músculo pterigoideo medial.

Músculo cuadrangular que posee una cabeza superficial y una profunda (Fig. 29).

##### **Origen e inserción:**

La cabeza superficial se origina de la tuberosidad del maxilar y en la apófisis piramidal del hueso palatino adyacente. Se une con la cabeza profunda para insertarse en la tuberosidad pterigoidea de la mandíbula.

La cabeza profunda se origina por encima de la superficie medial de la lámina lateral de la apófisis pterigoidea y en la apófisis piramidal del hueso palatino. Desciende oblicuamente, medial al ligamento esfenomandibular para insertarse en las rugosidades de la cara interna de la rama de la mandíbula, próxima al ángulo de la mandíbula.

### **Inervación y vascularización:**

El músculo pterigoideo medial recibe su inervación del nervio del músculo pterigoideo medial, rama del nervio mandibular V<sub>1</sub>.

Su inervación está dada por las arterias alveolares y bucales de la maxilar, rama terminal de la carótida externa y facial colateral de la misma. <sup>19</sup>

### **Acción:**

La acción del pterigoideo medial es básicamente elevar la mandíbula. También se activa bilateralmente en la protrusión mandibular. Su contracción contralateral facilita el movimiento de lateroprotrusión de la misma. Cuando sus fibras se contraen, se eleva la mandíbula y los dientes entran en contacto. La contracción unilateral producirá un movimiento de mediotrusión mandibular.

15,17

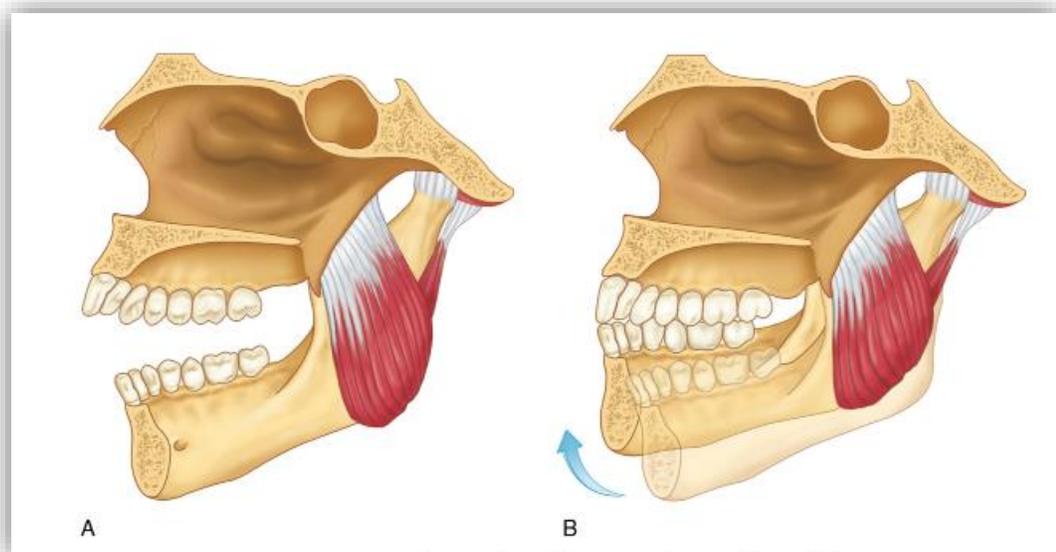


Fig. 29 A Músculo pterigoideo medial; B función, elevador de la mandíbula

Los músculos de la masticación pertenecen al grupo de musculatura especializada ya que deben realizar movimientos coordinados y de tipo reflejo muchos de ellos, por lo que se consideran capaces de realizar motricidad fina

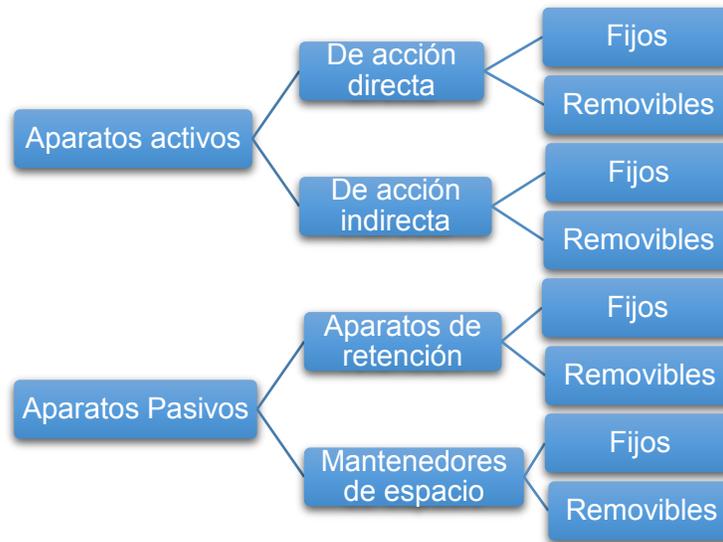


20. El número de fibras musculares inervadas por una motoneurona varía en gran medida según la función de la unidad motora de que se trate. Cuantas menos fibras musculares hay por motoneurona, más preciso es el movimiento. Existe una variación en el número de fibras musculares por motoneurona en los músculos de la masticación. El músculo pterigoideo lateral inferior tiene una proporción de fibras musculares y motoneuronas relativamente baja y, por tanto, puede realizar los ajustes finos de la longitud que le son necesarios para adaptarse a los cambios horizontales de la posición de la mandíbula. En cambio, el masetero tiene un número más elevado de fibras motoras por motoneurona, que corresponde con sus funciones más toscas de proporcionar la fuerza necesaria durante la masticación.<sup>17</sup>

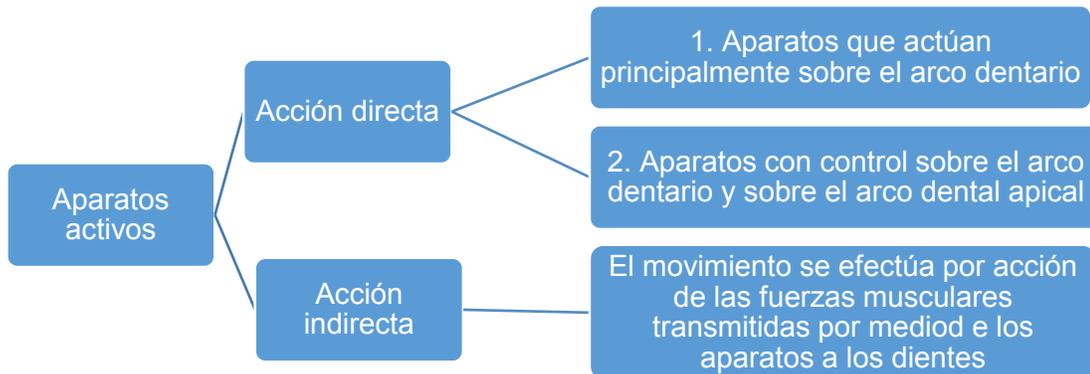
## **7. CLASIFICACIÓN DE LOS APARATOS ORTOPÉDICOS**

La Ortodoncia es la ciencia que se encarga del estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de las anomalías de forma, posición, relación y función de las estructuras dentomaxilofaciales; siendo su ejercicio el arte de prevenir, diagnosticar y corregir sus posibles alteraciones y mantenerlas dentro de un estado óptimo de salud y armonía, mediante el uso y control de diferentes tipos de fuerzas. La Ortopedia Craneofacial es la rama de la Odontología que se ocupa del estudio de las dignacias y su tratamiento. Corrige los trastornos que son capaces de provocar, mediante una modificación funcional del complejo dento-maxilo-facial más adaptado a la forma y a la estética.

José Mayoral realiza una clasificación basada en las clasificaciones de Lundström y Helgren; señala que los aparatos ortopédicos pueden clasificarse en aparatos pasivos y activos. (Cuadro 7). Los aparatos activos se clasifican en aparatos de acción directa y de acción indirecta (Cuadro 8).<sup>11</sup>



Cuadro 7. Clasificación de los aparatos ortopédicos según Lundström y Helgren



Cuadro 8. Clasificación de los aparatos activos según Jose Mayoral.

Graber en su libro, *Aparatología Ortodóntica Removible*, propone dividir los aparatos ortopédicos en miotónicos y miodinámicos. Siendo los aparatos miotónicos los que se fundamentan en la masa muscular y en la presión de reposo, estimulando el periostio y la musculatura. A diferencia de los miodinámicos, que emplean la actividad muscular o el movimiento, estimulando los factores internos de la boca, de adentro hacia afuera. <sup>21</sup>



Entre los objetivos de un aparato funcional está lograr un equilibrio favorable de las fuerzas musculares que rodean las arcadas dentarias, eliminando los trastornos funcionales además de reprogramar el componente neuromuscular, realizando una rehabilitación del sistema estomatognático. <sup>11</sup>

## **8. ACTIVADOR ABIERTO ELÁSTICO (AAE) KLAMMT**

### **8.1 Características**

El activador abierto elástico (AAE) Klammt es un aparato ortopédico miofuncional que induce el posicionamiento anterior de la mandíbula y estimula la actividad de los músculos faciales y masticadores, además de promover la expansión de las arcadas dentarias mejorado la forma del arco y el alineamiento de los dientes anteriores, así mismo, proporciona una estimulación en la lengua al mejorar su posicionamiento.<sup>6</sup> El AAE obtiene su retención por medio de las caras palatinas y linguales de los caninos superiores e inferiores, según la necesidad y elacrílico interoclusal, su movilidad vertical en la boca no encuentra obstáculos. Todos los activadores se sitúan con relativa holgura en la cavidad oral, pero ninguno tanto como el AAE. Después de un breve tiempo de ajuste el uso del aparato no debe impedir la fonación, pero su movilidad parece involucrar a la lengua en forma permanente. Debido a esto, la lengua tiene estrecha interacción con él. <sup>7</sup>

### **8.2 Funciones**

El aparato se encuentra suelto en la boca, evitándose cualquier tensión. No actúan las fuerzas activas de tornillos o resortes, siendo el único elemento la lengua del paciente. Es gracias a la mordida constructiva que se modifica la posición de la mandíbula y con ello la postura de la lengua, la cual adopta una nueva postura funcional y debe de enfrentarse con el aparato constantemente.

La musculatura oral y la articulación temporomandibular se mantienen en la nueva posición. Por ello el activador abierto elástico debe llevarse todo el día



y la noche. Sin la presencia de fuerzas activas, tan sólo la posición modificada de la mandíbula y de la actividad de la lengua dan lugar a los cambios fisiológicos, como la reposición de la línea media esquelética, traslape dental adecuado, la rotación de los dientes apiñados, ensanchamiento de las arcadas, reprogramación de la musculatura oral y la ATM. <sup>7</sup>

### 8.3 Tipos

Según Graber en su libro, Aparatología Ortodóntica Removible, existen dos tipos de activador abierto elástico; el tipo I, carece de proyecciones acrílicas para los espacios interproximales y tiene una superficie plana en contacto con la cara lingual de los dientes posteriores; el tipo II que contiene proyecciones de acrílico contiguas a todas las caras linguales de los dientes en los segmentos posteriores. En ambos tipos el acrílico se extiende sobre una pequeña parte de la encía adyacente. La movilidad sagital es mucho mayor en el primer tipo. <sup>21</sup>

### 8.4 Componentes

#### **Partes bilaterales de acrílico:**

Se extienden desde el canino hacia atrás, hasta el punto inmediatamente posterior al primero o segundo molar permanente. El acrílico debe ser delgado para dejar el mayor espacio posible para la lengua (Fig. 30). La estabilización de acrílico se logra por contacto con las caras palatinas y linguales de los caninos superiores e inferiores respectivamente <sup>21</sup>. Las diferentes partes de acrílico tienen las funciones siguientes:

- Fijar los alambres
- Mantener la mandíbula en la nueva posición
- Influir sobre las funciones de los labios y la lengua conjuntamente con los sistemas de alambres.
- Guiar el recambio <sup>7</sup>.



### **Arcos vestibulares superior e inferior:**

Emergen del acrílico entre el canino y el primer premolar (Fig. 30). Deben de construirse de tal forma que no estorben la expansión lateral, el crecimiento vertical o la erupción dental. Los alambres se dirigen distalmente hasta el segundo premolar formando un doblez redondeado y vuelven a la porción anterior <sup>21</sup>. La parte vestibular toca los incisivos y sigue hasta el otro lado. Los arcos vestibulares tienen los siguientes objetivos:

- Conformar los arcos frontales
- Guiar el tono labial y ajustar los labios alrededor del redondeamiento del arco dentario
- Conducir el canino o el premolar en dirección labial <sup>7</sup>.

### **Resorte Palatino Tipo Coffin.**

Tiene como función unir ambas partes acrílicas del aparato. Se origina en el acrílico a la altura del primer premolar superior, se debe realizar con un alambre de calibre 0.40 mm (Fig. 30). Se alza empinadamente y de pronto se dobla el ángulo recto y forma un óvulo con su parte más posterior sobre una línea que une las caras distales de los primeros molares permanentes. <sup>21</sup>

El resorte palatino no debe de estorbar a la lengua, situándose en las intermediaciones de la mucosa del paladar, pero sin tocarlo, para estimular su acomodamiento a tal situación. <sup>7</sup>

### **Alambres guía para los incisivos superiores e inferiores o resortes guardianes.**

Se colocan muy cerca de las caras palatinas y linguales de los incisivos superiores e inferiores, respectivamente. Tienen la función de ser antagonistas de los incisivos (Fig. 30).<sup>7, 21</sup>

Pueden modificarse para convertirse en escudos linguales, utilizándose en las zonas aledañas a las superficies linguales y palatinas de los incisivos inferiores impidiendo que la lengua se procline hacia adelante y siga causando una interferencia en los dientes. <sup>7</sup>

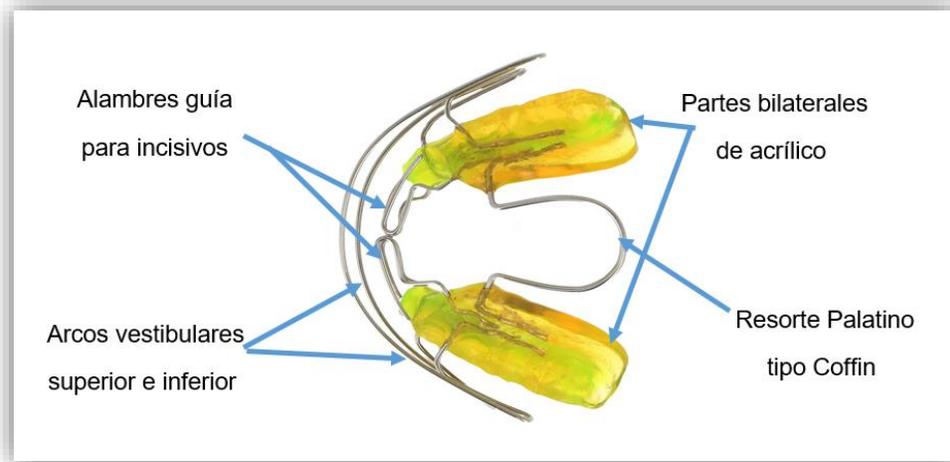


Fig. 30 Componentes del AAE Klammt estándar

## 8.5 Mordida constructiva

Graber propone distintas técnicas para la construcción de mordida constructiva: <sup>21</sup>

### **Técnica para la mordida constructiva baja con marcado posicionamiento hacia delante de la mandíbula:**

La mandíbula se posiciona hacia adelante para lograr una relación borde a borde paralela al plano oclusal funcional. La mordida debería de estar por lo menos 3 mm por detrás del posicionamiento más retrusivo posible. La mandíbula debe quedar dentro de los límites del espacio libre interoclusal y no debe exceder de la posición de reposo de la mandíbula para el registro vertical.

### **Técnica para una mordida constructiva alta con ligero posicionamiento mandibular anterior**

La mandíbula se coloca menos hacia delante que la técnica anterior, solamente de 3 a 5 mm por delante de la posición oclusal habitual. Según la magnitud del espacio interoclusal la dimensión vertical se abre de 4 a 6 mm,



con un máximo de 4 mm más allá del registro de la dimensión vertical en reposo postural.

### **Técnica para una mordida constructiva sin posicionamiento anterior de la mandíbula**

El posicionamiento hacia delante de la mandíbula no está indicado en la construcción de un activador cuando no hay necesidad de corrección sagital. Estos aparatos se usan principalmente en problemas de dimensión vertical (entrecruzamiento profundo y mordida abierta) y en casos seleccionados de apiñamiento.

### **Técnica para una mordida constructiva con apertura y posicionamiento posterior de la mandíbula, en maloclusiones de clase III**

En las maloclusiones clase III, el objetivo es el posicionamiento posterior de la mandíbula. La mordida constructiva se toma retruyendo la misma. El grado de la apertura vertical depende de la cantidad de retrusión que es posible. Se busca una relación de mordida borde a borde, con los dientes posteriores fuera de contacto. La apertura de la dimensión vertical para la mordida constructiva depende de la posibilidad de lograr una relación incisal borde a borde.

## 8.6 Modificaciones

Graber propone las siguientes modificaciones: <sup>21</sup>

### **Modificación para el tratamiento de la maloclusión de clase II, división 1**

Se usa el acrílico de superficie plana; los alambres superiores pueden ser usados como trampa lingual o usarse temporalmente cuando hay apiñamiento de los incisivos. Si no se desea la inclinación vestibular de los incisivos

inferiores, la porción mandibular del acrílico se extiende hasta la superficie anterior. El acrílico debe estar en contacto mínimo con los incisivos y solamente cerca del margen gingival (Fig. 31)<sup>2</sup>. El tratamiento puede emprenderse en la exfoliación de los dientes primarios, cuando no se usan placas activas. El aparato tiene éxito especialmente cuando el estado tratado se ha agravado con un hábito de succión o labial que retruye los incisivos inferiores.<sup>21</sup>



Fig. 31 Klammt tipo II en su vista frontal, lateral y superior sin modelo maxilar.

Fuente: Esp. Gabriel Alvarado Rossano

### **Modificación para el tratamiento de la maloclusión II, división 2**

Ya que generalmente se requiere la inclinación vestibular de los incisivos superiores o posiblemente de todos los incisivos en esta maloclusión. Debe suministrarse anclaje para evitar que el aparato sea dislocado posteriormente. Se puede colocar en el acrílico plano un alambre en el surco. En presencia de los premolares permanentes el acrílico será contiguo y debe añadirse un trozo corto de alambre colocado inmediatamente por mesial del primer molar, para mejorar la estabilidad del aparato. El alambre vestibular maxilar se divide para tomar los incisivos laterales, el alambre vestibular inferior lleva almohadillas labiales situadas lo más profundamente posible en el surco (Fig. 32).<sup>21</sup>



Fig. 32 Klammt tipo II con almohadillas labiales

### **Modificación para el tratamiento de maloclusiones de clase III y mordida cruzada anterior.**

El diseño del aparato para tratar maloclusiones de clase III y mordida cruzada anterior lleva el acrílico contiguo a los dientes del sector posterior. El arco palatino está abierto por distal, los alambres guías linguales inferiores se mantienen a poca distancia de los incisivos y se conforman sin dobleces

### **Modificación para el tratamiento de mordida cruzada unilateral**

El acrílico sigue de cerca los dientes excepto en la parte mandibular que se aproxima a los dientes en mordida cruzada.

### **Modificación para el tratamiento de la mordida abierta**

El aparato se fabrica con el acrílico contiguo a los dientes. La mordida constructiva se toma con los sectores posteriores de contacto. Si existe distoclusión se podrá corregir simultáneamente con el movimiento de la mandíbula ligeramente hacia adelante. Los alambres se originan en la parte superior del acrílico y son bilaterales para no disminuir la elasticidad del aparato. Mantienen la lengua alejada de los incisivos y de la abertura de mordida.



---

## 9. ELECTROMIOGRAFÍA

La electromiografía (EMG) es una técnica que permite el estudio de los potenciales de acción del músculo. Aporta información sobre el estado en que se encuentran los diferentes componentes de la unidad motora (UM). Ya que registra por medio de electrodos, los potenciales eléctricos captados en forma de potenciales de acción muscular de las unidades motoras activas; consiste en el registro de las variaciones de voltaje producido en las fibras musculares como expresión de la despolarización de sus membranas celulares. La electromiografía es un método de electrodiagnóstico para el estudio de la función y actividad electromotora de los músculos esqueléticos, lo cual permite conocer el estado fisiológico de éstos.<sup>1, 22, 23, 24,</sup>

La EMG es una herramienta importante para la investigación en odontología. La evaluación electromiográfica ha venido siendo utilizada por diferentes autores en las últimas décadas no sólo para el conocimiento de la dinámica mandibular, como estudios centrados en la actividad de reposo, actividad en el esfuerzo máximo, balance muscular y simetría muscular; sino también para el conocimiento de las alteraciones que producen numerosos síndromes cráneo mandibular de origen muscular: como la hiper o hipoactividad muscular, actividad muscular refleja o actividad parafuncional. La clínica odontológica habitualmente enfoca el uso de la EMG para estudiar la actividad general de aquellos músculos y grupos musculares influenciados por la oclusión traumática.<sup>25</sup>

En Odontología la electromiografía se utiliza para:

- Evaluar pacientes con disfunción témporomandibular
- Dolor y disfunción de los músculos mandibulares
- Cefaleas por tensión
- Sobrecarga de los músculos temporales y del cuello



- En rehabilitación oral parcial o total
- Registrar los cambios electromiográficos durante tratamiento de ortopedia y ortodoncia. <sup>25</sup>

Entre sus utilidades encontramos; identificar la acción individual de cada músculo durante diferentes posiciones y movimientos mandibulares, analizar los patrones de actividad muscular, estudiar trastornos temporomandibulares, y como electrodiagnóstico en ortodoncia y ortopedia.<sup>22,23</sup>

### 9.1 Técnicas

La EMG permite el análisis de las propiedades eléctricas en los músculos mediante la medición con electrodos de los potenciales de acción de las fibras musculares. En 1949 Robert Moyers introdujo la electromiografía en la investigación odontológica, estudiando los músculos mandibulares. García Ríos menciona la realización de diversos estudios, dando énfasis la investigación de Greene en 1995, expresando que desde hace más de 50 años se han reportado registros electromiográficos de la musculatura masticatoria mediante el uso de electrodos de superficie y aguja <sup>26</sup>. Existen dos tipos de técnicas dentro de la electromiografía para realizar los registros.

#### **Técnica con electrodo de superficie**

El registro superficial es técnica no invasiva que se utiliza principalmente para el análisis del funcionamiento de aquellos músculos ubicados en planos superficiales, (temporal y masetero), por medio de electrodos superficiales, adosados a la piel que recubre la zona muscular que se va a registrar. Como no se introduce aguja, se permite la libre ejecución de movimiento. Sin embargo, capta la señal eléctrica contaminada de interferencias de músculos agonistas cercanos, como del buccinador, pterigoideo medial y pterigoideo lateral. <sup>1</sup>

- Posición del paciente

Durante el registro de EMG en músculos masticadores, el paciente debe de estar cómodamente sentado en posición de reposo (Fig.). Una de las razones principales por las que el paciente debe de adquirir esta posición, es debido al registro que se lleva a cabo en oclusión céntrica o máxima intercuspidadación, que nunca debe de ser tomada cuando el paciente esta acostado. La segunda de ellas, es que con la máxima comodidad del paciente, puede cooperar de mejor forma y evitar alteraciones durante los registros (Fig. 33).



Fig. 33 Posición del paciente para el registro EMG

Saccuci nos menciona que el paciente puede estar sentado en un sillón dental convencional, pidiéndole que asuma una PNC “posición natural de la cabeza”, evitando inclinaciones indeseadas de la misma, explica que ésta es una estandarización para el estudio de la morfología facial. Además señala que los pacientes deben de estar cómodos, relajados, con los brazos a cada lado, mirando hacia al frente y manteniéndose lo más quietos durante la prueba.<sup>27</sup>

De Rossi realizó su estudio con los pacientes sentados en una posición erguida y cómoda, en una silla de oficina, y con la cabeza paralela al piso, con



los brazos descansando sobre sus muslos y con los pies en el suelo. Similar a lo señalado anteriormente, Moctezuma describe al paciente sentado con el plano de Frankfort paralelo al piso y con su cabeza soportada por un cabezal.

24

- Localización de los electrodos

Previo a la colocación de los electrodos, se ha de limpiar la zona donde se colocarán con alcohol etílico. Los electrodos deben colocarse paralelos a las fibras musculares para maximizar la actividad de la señal, en los puntos anatómicos específicos de los músculos <sup>1</sup>. Esto se logra identificar mediante la palpación del músculo y pidiéndole al paciente que muerda para que se provoque tensión muscular. En el caso del músculo masetero se colocan en su inserción, el arco cigomático, y en el borde de la mandíbula. Para el estudio del temporal anterior se fijan los electrodos verticalmente a lo largo e inmediatamente por detrás del borde anterior muscular situado en frente de la sutura frontoparietal.

Además de los electrodos que se situarán en la superficie del músculo a estudiar, se debe colocar un electrodo de referencia o tierra (Fig. 34 y 35) Éste debe ser localizado en un sitio eléctricamente neutro o por lo menos donde se registre una mínima actividad bioeléctrica del músculo de interés, en el caso del músculo masetero se coloca sobre la zona de la apófisis mastoides, ya que cualquier ruido presente en el sitio de contacto se considera común y por lo tanto se elimina. <sup>1,26</sup>



Fig. 34 El paciente está cómodamente sentado. Fig. 35 se colocan los electrodos en el arco cigomático, borde inferior de la mandíbula y a la altura del proceso mastoideo.

### **Técnica con electrodos de aguja**

La segunda de ellas, es el registro intramuscular, que se utiliza para músculos ubicados en planos más profundos (pteroideo medial, pterigoideo lateral, y digástrico), usando electrodos de aguja <sup>1,22</sup>. El procedimiento se realiza de forma similar al superficial; se emplean electrodos de aguja en los mismos puntos anatómicos extraorales.

### **9.2 Elementos para la realización de una electromiografía**

Los equipos de EMG para el registro y análisis de los potenciales de acción del músculo y nervio están compuestos por electrodos de superficie o aguja que captan la señal, y una vez amplificados y filtrados, son convertidos en señal digital. Además de la señal digital visual, los aparatos de EMG tienen altavoces para la captación acústica de la señal analógica. Toda esta información, una vez registrada y almacenada, puede ser visualizada en la pantalla, y posteriormente impresa en papel o guardada en la memoria. <sup>28</sup>

El electromiógrafo es un amplificador de alta frecuencia (amplifica entre 200 y 5000 veces la señal del músculo) con la selectividad para frecuencias de un

rango de 1-2 kHz. Es así como la señal electromiográfica se define como el registro la suma temporal de las señales eléctricas de fibras musculares que disparan a diferentes frecuencias. Como menciona Caballero, todo sistema de adquisición de señales bioeléctricas posee un esquema general que se encuentra dividido en cinco etapas; sujeto, interfase-electrodo-electrolito-piel, etapa analógica, conversor Analógico Digital (A/D), y la etapa digital. <sup>22</sup>

### Electrodos

Recogen la actividad eléctrica del músculo. Existen dos tipos; los electrodos internos, que se introducen dentro de la piel mediante agujas (Fig.36); y los electrodos de superficie, los cuales se colocan sobre la piel que recubre al músculo (Fig. 37).<sup>1,22, 26</sup>



Fig. 36 Electrodo de aguja. Fig. 37 Electrodo de superficie

### Amplificadores

La máxima amplitud de la señal electromiográfica es cercana a los 50 milivoltios, señal demasiado pequeña que puede ser alterada por la interferencia intrínseca de los componentes electrónicos de los equipos y es por eso que debe ser amplificada<sup>1</sup>. Su finalidad es la de amplificar los diminutos potenciales recogidos en el músculo de tal forma que puedan ser visualizados en la pantalla de un osciloscopio o monitor convencional. Así mismo, elimina frecuencias que no proceden del músculo, se filtran las señales con un paso alto de 5-20 Hz para desestimar artefactos de baja frecuencia producidos por los tejidos, por el propio amplificador, por el movimiento, etc.



Para eliminar las altas frecuencias se utiliza un filtro de paso por debajo de 500-1000 Hz. <sup>1</sup>

### **Sistemas de registro**

Se puede utilizar el registro gráfico en la pantalla de un tubo de rayos catódicos (osciloscopio) o por algún medio de registro permanente. Muy corrientemente los dos tipos de registro pueden ser usados simultáneamente. También pueden realizarse registros permanentes por medios fotográficos, sobre soportes magnéticos, en tubos de rayos catódicos de memoria (digital o de persistencia) y recientemente, el sistema de registro con impresora, del tipo de las empleadas en la computadora. <sup>1, 22</sup>

### **Altavoz.**

Constituye un elemento indispensable, tan útil para el registro como la pantalla o la fotografía. A veces el oído proporciona una discriminación más fina que la visión de potenciales rápidos por el osciloscopio. Actualmente los electromiógrafos con procesador digital contiene un amplificador, un generador de onda triangular y un acoplador que le permite ser conectado a la entrada de la tarjeta de audio de una computadora. <sup>1,22</sup>

### **9.3 Raíz Cuadrática Media (RMS)**

La señal obtenida durante un registro EMG-s es por sí misma, inespecífica, es por eso que se necesita de métodos de análisis de la señal EMG. Los cuales son diversos y toman diferentes tipos de variables, de acuerdo con el fabricante, se implementa al equipo EMG un software para el estudio y análisis de la señal EMG que más se adapte a las necesidades del campo de investigación que se esté llevando a cabo.

Las variables de frecuencia hacen que se pueda estudiar el espectro de la señal EMG y diferentes parámetros de la frecuencia, como la media, la mediana, el número de veces que la señal cruza cero y el número de veces en

la señal cambia de dirección tras una diferencia de amplitud más de 100 mv. (Fig. 38).<sup>1</sup>

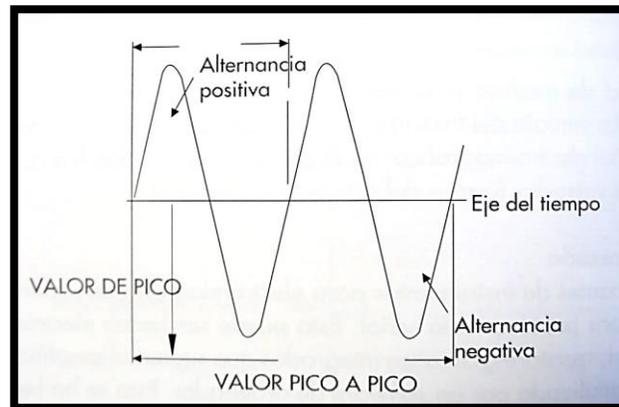


Fig. 38 Desde que la señal EMG oscila de positivo a negativo, no es posible sumar todos los voltajes y determinar una cantidad. Esto es porque todos los valores positivos cancelarían todos los valores negativos y la resultante sería cero.

Las variables de amplitud permiten cuantificar el esfuerzo muscular mediante el cálculo del área bajo la señal, primero se procede a la rectificación de los datos que consiste en la positivización de los valores negativos de la señal para evitar que ondas positivas y negativas se anulen entre sí.

La raíz cuadrática media o Root Mean Square (RMS), es una medida estadística de la magnitud de una cantidad variable. El nombre deriva del hecho de que la raíz cuadrática la media aritmética de los cuadrados de los valores. El RMS es uno de los análisis de señal de EMG que trata de un valor indicativo de la magnitud de la señal que se utiliza para estudiar la fatiga muscular (Fig. 39). No necesita una rectificación previa de la señal y se obtiene en intervalos de tiempo. El RMS es un método para cuantificar la señal EMG en el cual cada valor es calculado en área, sumado y dado un valor medio y finalmente se obtiene la raíz cuadrada del producto. El valor EMG por medio de RMS se mide en microvoltios o milivoltios ( $\mu\text{V}$ ) para estimar el valor de la magnitud (Fig.40). Ésta misma, provee una descripción global del potencial eléctrico observado en el sitio de registro (área superficial de la piel).<sup>1</sup>

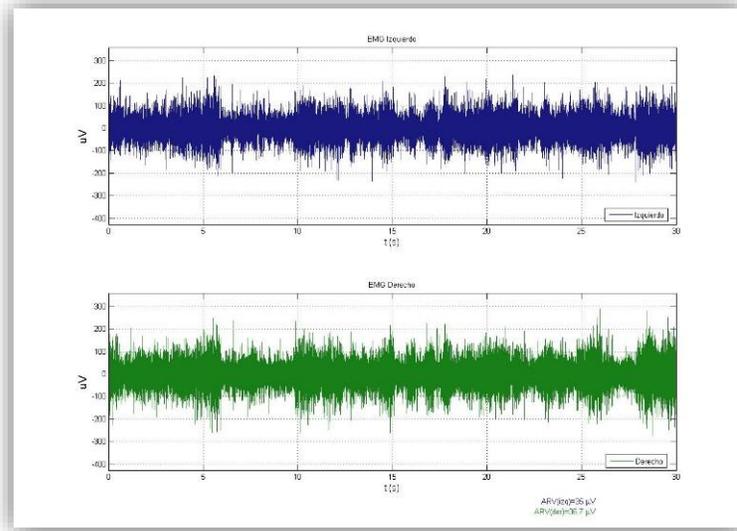


Fig. 39 Primera evaluación electromiográfica del paciente de 9 años de edad, sin ser cuantificada. Obsérvese los valores positivos y negativos

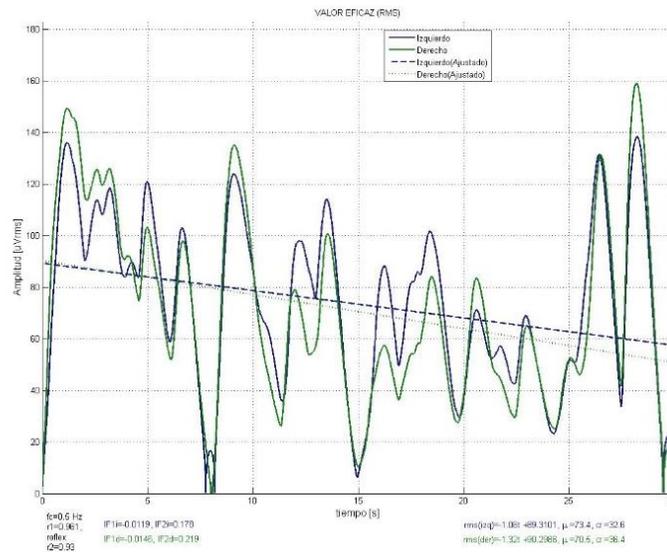


Fig. 40 La imagen corresponde a un análisis por medio de RMS inicial del paciente de 9 años de edad. Las gráficas muestran una actividad masetérica ligeramente mayor del músculo masetero de lado izquierdo (línea azul) con  $73.4 \mu\text{V}$  a diferencia de lado derecho (línea azul), con  $70.5 \mu\text{V}$ , se observa un decrecimiento en la actividad muscular. Obsérvese la eliminación de los valores negativos.



---

## **10 . ANTECEDENTES DEL USO DE LA ELECTROMIOGRAFÍA EN APARATOS ORTOPÉDICOS MIOFUNCIONALES**

Basándose en la literatura mencionada a continuación, podríamos esperar que haya cambios representativos en los registros electromiográficos (EMG) de los músculos maseteros durante el tratamiento ortopédico con aparato Klammt tipo II.

En la EMG la posición fisiológica en una condición clínica de reposo, la actividad EMG debe de ser mínima o estar completamente ausente. La posición de la mandíbula en reposo es mantenida por la propiedad electroviscosa, proveniente del tejido conectivo, de los músculos y tendones que contrapesa la fuerza y la gravedad, en ella se registra actividad tónica de los músculos elevadores para contrarrestar la ya mencionada fuerza gravitacional. A medida que aumenta la separación entre los dientes disminuye la actividad electromiográfica. El mínimo nivel de estrés sobre los músculos masticatorios durante el reposo es controlado por los receptores sensoriales y el sistema nervioso central, cualquier alteración en el equilibrio facial causa cambios en la tensión muscular <sup>24</sup>.

La electromiografía se ha utilizado para evaluar los músculos masticatorios antes, durante y después del tratamiento con aparatos ortopédicos para estudiar el dolor muscular y su eficacia <sup>29</sup>. Aunque nuestro proyecto no incluirá la finalización del tratamiento, existe la posibilidad de registrar modificaciones en la actividad neuromuscular tras la colocación inmediata del aparato del de nuestro caso clínico. Por otra parte, los valores promedio de los registros EMG, durante un tratamiento ortopédico con aparatología Bimler en maloclusiones clases II, pueden llegar a mostrar un decremento. En dicho estudio, se registró la actividad EMG en los músculos maseteros, derecho e izquierdo, en 30 pacientes de 4 a 12 años, divididos en tres grupos de acuerdo al tipo de oclusión, en condiciones de contracción voluntaria máxima mantenida durante



veinte segundos, antes e inmediatamente después de colocar el aparato, así como a los 30, 60, 90 y 120 días de uso.<sup>30</sup>

Las respuestas electromiográficas de los músculos masticatorios dependen y pueden llegar a ser modificadas por las posiciones de la cabeza. La extensión dorsal aumenta la actividad de los temporales, y la flexión ventral aumenta la de los maseteros y digástrico.<sup>4</sup> Existen factores que podrían llegar a alterar los resultados, como son la posición del paciente, edad, la composición y forma de la cara, la cantidad de tejido conectivo y grasa, especialmente cuando se utilizan electrodos de superficial. Así mismo, la señal electromiográfica se puede ver afectada por las propiedades fisiológicas y anatómicas del músculo, por un esquema de control del sistema nervioso y por las características de la instrumentación que se usan para detectarla y analizarla<sup>31</sup>. Se ha demostrado que la electromiografía de los músculos masticatorios es útil para estudiar la relación entre diferentes condiciones clínicas estomatológicas con los niveles de actividad muscular<sup>32</sup>.

La medición de la fuerza máxima de mordedura es un intento de cuantificar la fuerza total de los músculos que intervienen en el cierre mandibular. Las variables de la electromiografía de superficie medidas durante la contracción isométrica de los músculos mandibulares elevadores y el registro de la fuerza de mordedura tienen una buena reproducibilidad en el uso clínico<sup>27</sup>. Ya que la musculatura facial está íntima y directamente relacionada con el desarrollo de las maloclusiones, su correcto funcionamiento es fundamental para obtener un equilibrio del sistema estomatognático y para la planeación del tratamiento. La electromiografía es un método simple para detectar y registrar la actividad eléctrica de las fibras musculares y tiene una buena reproductibilidad. El análisis EMG de los músculos de la masticación provee datos útiles relativos a la repercusión funcional de las discrepancias en la morfología y permite una evaluación apropiada del tratamiento oclusal, esto es de gran ayuda para



nuestro caso clínico, ya que podremos valorar el daño generado por el hábito labial, del paciente con respecto a su tratamiento ortopédico. <sup>24</sup>

Acerca de los músculos maseteros y temporales, Moara De Rossi, señala que al final de un tratamiento ortopédico y pese haber corregido la relación maxilomandibular, la actividad muscular incrementa después de la disyunción maxilar y la eliminación del aparato, la causa posible de esto, menciona dicho autor, sería la necesidad de adaptación y reprogramación de la musculatura a la nueva condición oclusal. Nosotros no podremos registrar los cambios al final del tratamiento, sin embargo, esperaremos un incremento de la actividad muscular durante el tratamiento para luego obtener una estabilización y simetría en la actividad EMG del masetero izquierdo y derecho. En su estudio, hubo un aumento significativo de la actividad EMG de los músculos masticatorios, en la posición de reposo, tras retirar el aparato ortopédico, atribuyéndolo a un estiramiento muscular de los cambios esqueléticos y contactos prematuros que estimulan la actividad de las fibras 1 A en los músculos masticatorios. Así mismo, durante el apretamiento dental, y de igual manera al quitar el aparato, los músculos maseteros y temporales, tuvieron aumentos significativos en su actividad EMG, lo cual se lo atribuye a la alteración en las superficies de contacto dentales, alteraciones en la relación maxilomandibular y el malestar que se crea al existir una nueva condición oclusal. Finalmente, enfatizan que la terapia funcional es efectiva básicamente durante el periodo de crecimiento. El tiempo óptimo para la misma es durante el crecimiento rápido de la sutura (durante la etapa preadolescente del desarrollo; tercera infancia) <sup>24</sup>

Varios factores influyen la función masticatoria tales como el área de contacto oclusal, el número de unidades dentales funcionales, el volumen muscular, la fuerza de mordida e incluso la talla corporal. Así mismo la masticación está compuesta por una serie de eventos fisiológicos como son



las respuestas controladas por el sistema cerebral y la retroalimentación periférica.<sup>22,31</sup>

## 11 . HÁBITOS PARAFUNCIONALES

Los hábitos parafuncionales son patrones de contracción muscular anormales de naturaleza compleja que se aprenden y terminan por hacerse inconscientes e involuntarios y se ejecutan en forma mecánica.<sup>11</sup> Es una acción repetida que se realiza de forma automática, son patrones aprendidos de contracción muscular de naturaleza muy compleja. Dentro de la cavidad oral podemos encontrar la presencia de malos hábitos orales, quienes son de gran importancia en el desarrollo de las maloclusiones. Entre los más comunes se encuentran los hábitos de succión, respiradores bucales, alteraciones de la deglución e interposición de objetos. La afectación del crecimiento de las estructuras orofaciales, dependerá de la frecuencia, duración, intensidad y de la dirección de la fuerza aplicada al realizar esta contracción muscular de manera reiterada.<sup>33</sup>

### 11.1 Hábito de succión:

Aunque los hábitos de succión son normales en los lactantes y niños pequeños, si éstos se prolongan en el tiempo pueden tener consecuencias en las estructuras orofaciales y en el desarrollo de la oclusión. La malformación maxilofacial que se desarrolla con la succión del pulgar es en la mayoría de los casos más significativa que aquella producida por succión de chupete.<sup>33</sup>

#### **Succión digital:**

Entre ellos se encuentra la succión del pulgar o de otros dedos; durante la primera infancia puede considerarse normal, sin embargo, terminando esta etapa debe eliminarse ya puede generar retrognatismo y protrusión, ya que los dientes que no llegan al plano de oclusión.<sup>11</sup> Si el niño presenta un patrón de crecimiento mandibular vertical, tendera a la mordida abierta, lógicamente cualquier hábito agravara dicha tendencia. Con frecuencia se desarrolla una

compresión maxilar dando por resultado, una mordida cruzada uni o bilateral. Entre la variedad de forma que existe de succión digital, la más común es la succión del dedo pulgar sosteniéndolo en posición vertical, con la uña dirigida hacia los dientes inferiores (Fig. 41) <sup>34</sup>. La presión del dedo pulgar sobre la premaxila por un lado, además del apoyo de la base de ese dedo sobre la mandíbula, para realizar la succión, da como resultado la proyección del proceso maxilar hacia adelante y un empuje de la mandíbula hacia atrás, determinado así una protrusión incisiva superior y una proyección de la arcada inferior hacia atrás, provocando así un menor crecimiento mandibular. La actividad muscular para realizar la succión, se compone de una obturación de los músculos orbiculares de los labios alrededor del dedo y de los músculos buccinadores que se contraen, presionando las zonas laterales del maxilar superior, generando un impedimento para el desarrollo transversal del hueso maxilar. <sup>33</sup>



Fig. 41 Posición del dedo pulgar sosteniéndolo en posición vertical, con la uña dirigida hacia los incisivos inferiores.

### **Succión de chupón:**

Se ha asociado de manera significativa el uso de chupete y la mordida cruzada posterior, especialmente cuando el hábito se prolongó más allá de los 36 meses. Se considera que tal relación se debe a que la posición bucal del chupete conlleva un desplazamiento de la lengua sobre la mandíbula y una elongación de los músculos orbiculares y buccinador (Fig. 42). Estos cambios

provocan un aumento de la distancia transversal mandibular y a una disminución de la distancia transversal maxilar. Además, el uso prolongado de biberones y chupones puede producir prognatismo, retrognatismo, hipoclusión y vestibuloversión de los incisivos, además de una proquelia superior e hipotonicidad del orbicular de los labios, también puede existir mordida cruzada posterior, la presencia de mordidas abiertas, resalte aumentado, además de relación canina y molar de Clase II. <sup>33</sup>

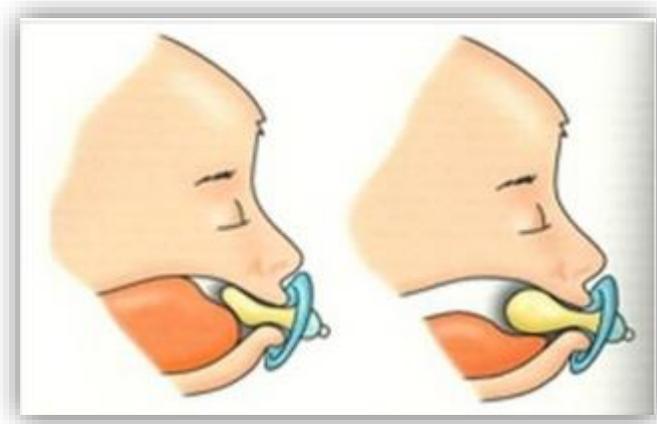


Fig. 42 Desplazamiento de la lengua sobre la mandíbula durante la succión de un chupón

## 11.2 Interposición labial.

En los casos de pacientes con interposición o succión del labio inferior, el niño apoya el labio inferior sobre los incisivos inferiores, dejando los incisivos superiores entre los labios. El labio superior es hipotónico, lo que, sumado a la fuerza muscular del labio inferior hipertónico interpuesto entre dientes superiores e inferiores, produce una proyección anterior de los incisivos superiores. En el labio inferior se produce una contracción intensa de los músculos cuadrado del labio. Esta alteración anatómica produce a nivel dentoalveolar, un efecto similar al de la succión digital, es decir un retrognatismo y linguoversión mandibular (Fig. 43). Es común que estos

pacientes con interposición del labio inferior presenten ciertas características faciales comunes como un surco mentolabial marcado, un cierre labial forzado, músculos orbiculares de los labios hipertróficos y un crecimiento mandibular horizontal, a nivel intraoral se observan incisivos superiores protruidos e incisivos inferiores retruidos, y un overjet (resalte incisivo antero posterior) aumentado. El hábito de morder el labio inferior puede producir protrusión y retrognatismo debido a la posición del labio inferior entre los dientes anteriores de los dos arcos dentarios <sup>11</sup>.



Fig. 43 Paciente de nuestro caso clínico; presenta interposición labial, produciendo una proyección anterior de los incisivos superiores y retrusión de incisivos inferiores

### 11.3 Deglución anormal e interposición lingual.

Tras la erupción de los molares primarios durante el segundo año de vida, se inicia la función masticatoria como actividad neuromuscular en la que interviene todo el aparato estomatognático. Se establece un nuevo tipo de deglución que se caracteriza por cese de la actividad labial, los labios se encuentran relajados, la lengua se interioriza, quedando la punta de esta contra los procesos alveolares, por detrás de los incisivos superiores, y dientes posteriores ocluidos durante la deglución. La nueva actividad neuromuscular se establece para lograr la masticación (sustituyendo a la succión), tanto los receptores periodontales como de las mucosas orales participan e inician un



circuito neural en que la posición dentaria y la movilidad mandibular estarán integradas con los huesos, músculos masticatorios y la articulación temporomandibular. La interposición lingual se define como la ubicación de la lengua entre las piezas dentarias en la zona de incisivos o molares, observada en reposo o en alguna función como la deglución o fonarticulación (Fig. 44). La hiperactividad de los músculos depresores de la lengua posiciona a esta sobre el piso de boca, en vez de estar apoyada sobre el paladar en su estado de reposo. Esta posición de la lengua en el piso de boca, estimula el crecimiento mandibular en el sentido anteroposterior y transversal, siendo el responsable muchas veces de la presencia de mordidas cruzadas e incluso a veces de progenies. Al estar la lengua en esta posición baja, no se produce la estimulación lingual sobre el desarrollo transversal de maxilar, generando una compresión del maxilar superior. En la deglución infantil, la lengua se apoya entre los incisivos, en vez de detrás de ellos, lo cual produce a nivel dentoalveolar una mordida abierta anterior, que se retroalimenta con la actividad neuromuscular <sup>33</sup>. La deglución anormal por la interposición de la lengua entre los arcos dentarios puede producir hipoclusión, vestibuloversión, además de desgaste de los bordes incisales de los incisivos, en este hábito es muy importante reeducar al niño en la deglución normal, para eliminar la presión de la lengua; de esta manera se evitarán las recidivas <sup>11</sup>.



Fig. 44 Interposición lingual observada en reposo

## 11.4 Respiración bucal.

Normalmente la respiración debe seguir la vía nasal para llegar a los pulmones, siendo necesario que esta vía esté libre de obstrucciones para cumplir su función en forma óptima. Cuando este patrón de respiración se encuentra alterado se generan una serie de modificaciones en el crecimiento y desarrollo de las estructuras orofaciales, como alteraciones en postura de cabeza, cuello y del hueso hioides, además de alteraciones intraorales como maxilares estrechos, paladar ojival, una posición retrasada del maxilar inferior, el labio superior es corto, incisivos superiores protruidos, boca entre abierta, además de presentar un ángulo goniaco más obtuso, lo que favorece un patrón de crecimiento vertical (Fig. 45)<sup>33</sup>.



Fig. 45 Paladar ojival originado por respiración bucal

## 12 . ETAPAS DEL CRECIMIENTO

El Dr. José Mayoral menciona que suceden una serie de fenómenos fisicoquímicos que hacen que la célula fecundada llegue a tener las características del individuo adulto.

También nos recuerda la importancia que debe tener el conocimiento preciso del crecimiento y desarrollo para realizar un correcto diagnóstico y tratamiento de cada caso en particular. La clasificación cronológica descrita a continuación es realizada por dicho autor (Fig. 46).<sup>11</sup>



El crecimiento general del ser dura aproximadamente 22 años. El crecimiento evoluciona en tres etapas principales: la infancia, la adolescencia y juventud.

## 12.1 Infancia

Se encuentra dividida en tres periodos.

- a) Primera infancia. Comprende del periodo del nacimiento hasta los dos años y medio. Corresponde a la época en la cual comienza la erupción de los dientes deciduos y se completa la dentición temporal.
- b) La segunda infancia. Su periodo es de los dos años y medio hasta los 6 años, coincide con la época de dentición temporal hasta la aparición de los primeros molares permanentes, el crecimiento en talla y peso menor que en la primera.
- c) Tercera infancia. Comprende desde los 7 años de edad hasta 11 años en la mujer, y a los 12 o 13 años en los varones, en esta se produce el cambio de dentición temporal por la permanente, estando presente la dentición mixta.

## 12.2 Adolescencia

De igual manera, se encuentra comprendida por tres periodos: el periodo prepúber, púbertad y pospúber.

1. El periodo prepúber. Dura dos años, en las niñas comienza entre los 11 años, en los hombres 12 y 13; el mayor crecimiento se hace en las extremidades inferiores, acentuándose la desproporción entre los brazos y piernas, que pudieran parecer más largos en relación con el tronco.
2. La púbertad se caracteriza por la aparición de las primeras manifestaciones sexuales y los caracteres sexuales secundarios, inicia a los 13 y 15 años en la mujer y en el hombre a los 14 y 16 años.

3. En el periodo pospúber se produce un periodo de descanso dentario, ya que está establecida la dentición permanente; corresponde también a un cambio de importancia en el crecimiento de los maxilares, estos cambios promueven que los tratamientos ortodónticos se realicen en esta época y se completen los iniciados en dentición mixta, aparece de los 15 hasta los 18 años en mujeres y de los 16 hasta los 20 años en el hombre.

### 12.3 Juventud.

Es el periodo que dura hasta los 25 años, aunque es relativo y cada individuo alcanza la estatura y proporciones definitivas. El único cambio dentario puede ser la erupción de los terceros molares. La edad adulta es donde se crea un equilibrio funcional, el crecimiento está terminado.<sup>11</sup>

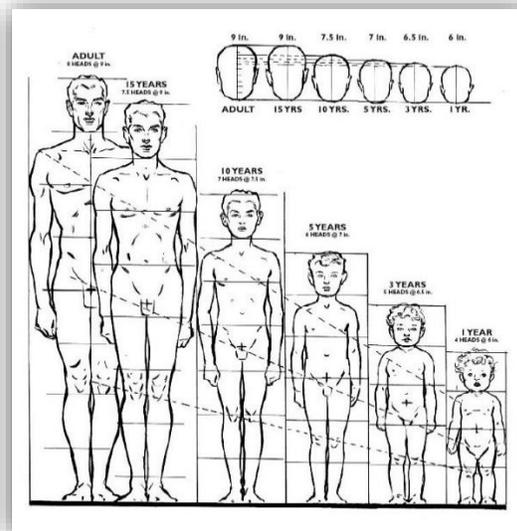


Fig. 46 Cambios Físicos durante el crecimiento

## PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO

Paciente masculino aparentemente sano de 9 años de edad que acude a la Clínica Periférica Azcapotzalco, turno vespertino, por “tener salidos los dientes y porque se chupa el labio” (sic). Se le remite a Odontopediatría previo al tratamiento ortopédico, para posteriormente ser atendido en el área de ortodoncia bajo instrucciones del Esp. Gabriel Alvarado Rossano. Se realiza la historia clínica de ortodoncia con los siguientes resultados. A la exploración extraoral presenta un somatotipo endomorfo, biotipo craneal braquicefálico y un biotipo facial euriprosopo; se puede observar perfil convexo, incompetencia labial y proquelia superior, aunado a un hábito labial, claramente observado (Fig. 47 y 48).



Fig. 47 Fotos extraorales de paciente. Se observa incompetencia y hábito labial, apreciamos el perfil convexo, previo a la colocación del aparato Klammt tipo II.



Fig. 48 Foto de perfil de paciente, se observa proquelia superior.

El paciente tiene una postura buena. Sin embargo, en la vista frontal se observa una asimetría en la línea acromioclavicular. (Fig. 49).



Fig. 49 Paciente se observa con una postura buena, se puede observar hombro derecho caído. Previo al tratamiento ortopédico

En la revisión intraoral observamos que es un paciente libre de caries, clase II molar bilateral, clase canina no registrable, con sobremordida vertical de 5 mm y horizontal de 7 mm (Fig. 50 y 51).



Fig. 50 Fotos intraorales del paciente, donde se aprecia la clase II molar, la clase canina no registrable y la sobremordida vertical y horizontal.

Fig. 51 Fotos intraorales se observa la sobremordida vertical y horizontal.



En el análisis de modelos, utilizando el análisis de Pont se observan las siguientes discrepancias en sentido sagital (Cuadro 9 y 10) (Fig. 52):

	MAXILAR			MANDÍBULA			
	ES	DEBE	DIF	ES	DEBE	DIF	
LO	36	40	4	LU	26	27	1

Cuadro 9

Cuadro 10

En el análisis de modelos, utilizando el análisis de Pont se observan las siguientes discrepancias en sentido transversal (Cuadro 11 y 12):

MAXILAR				MANDÍBULA			
	ES	DEBE	DIF		ES	DEBE	DIF
<b>4:4</b>	37	42.5	-5.5	<b>4:4</b>	34	40.5	-6.5
<b>6:6</b>	52	55.5	-3.5	<b>6:6</b>	46	53.50	-7.5

Cuadro 11



Cuadro 12



Fig. 52. Modelos de estudio

En la exploración radiográfica se identifica una protrusión y un retrognatismo, proinclinación dental superior, proquelia superior e incompetencia labial. (Cuadro 13) (Fig. 53).

MEDIDAS	NORMA	PACIENTE
<b>ÁNGULO SILLA</b> N-S-Ar	123° +/- 5°	135°
<b>ÁNGULO ARTICULAR</b> S-Ar-Go	143° +/- 6°	134°
<b>ÁNGULO GONIAL</b> Ar-Go-Gn	130° +/- 7°	130°
<b>SUMATORIA</b>	396°	399°



<b>Longitud base craneal anterior</b>	71 mm +/- 3 mm	72 mm
<b>Longitud base craneal posterior</b>	32 mm +/- 3 mm	33 mm
<b>Ángulo Gonial Ar-Go-Gn</b>	52°-55°	60°
<b>Ángulo Gonial N-Go-Gn</b>	70-75°	70°
<b>Altura de la Rama Ar-Go</b>	44 mm +/-5 mm	43 mm
<b>Longitud del cuerpo mandibular</b>	71 mm +/-5 mm	72 mm
<b>Relación de cuerpo mandibular y base craneal</b>	1:1	1:1
<b>SNA</b>	80° +/-5°	85°
<b>SNB</b>	78° +/- 1°	75°
<b>ANB</b>	2°	6°
<b>Altura facial posterior S-Go</b>	88.2 mm +/-5.9 mm	74 mm
<b>Altura facial anterior N- plano mandibular</b>	136.8 mm	110 mm
<b>Ángulo interincisal 1-1</b>	135.4 +/-5.76	87°
<b>Incisivo inferior a Go- Gn</b>	90° +/- 3°	108°
<b>Incisivo superior a SN</b>	102° +/- 2°	109°
<b>Línea estética a labio superior</b>	-1 a - 4	5 mm
<b>Línea estética a labio inferior</b>	0 a 2	-1 mm

Cuadro. 13 Análisis de Jaraback

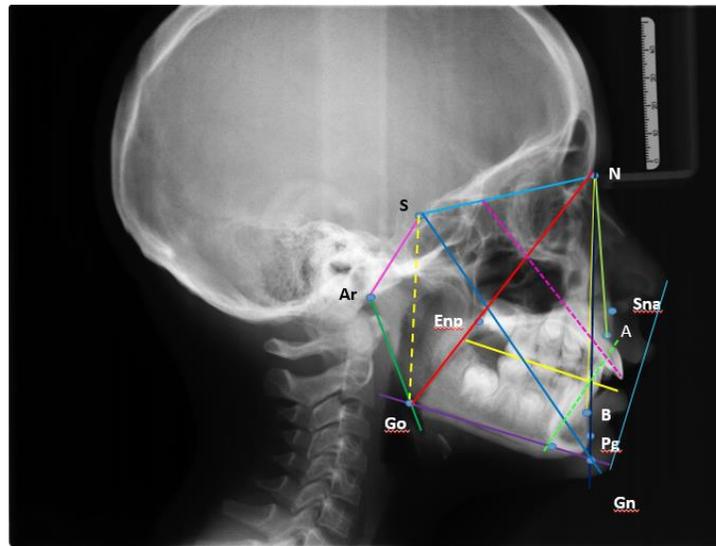


Fig. 53 Cefalometría de paciente

Después de realizar los métodos de diagnóstico se observan los siguientes problemas (Cuadro 14).

Lista de problemas	Objetivo	Tratamiento
<b>Sagital:</b>		
Protrusivo- Retrognata	Contención maxilar y avance mandibular.	Activador Abierto Elástico Klammt tipo II
Sobremordida horizontal de 8 mm	Sobremordida horizontal de 2 mm	
<b>Vertical</b>		
Crecimiento vertical del maxilar	Contención del crecimiento vertical maxilar	
Sobremordida vertical	Abrir mordida	
<b>Transversal</b>		
Compresión máxilo-mandibular	Expansión máxilo-mandibular	

Cuadro 14 Lista de problemas del paciente

En base al diagnóstico se elige como tratamiento el aparato Activador Abierto Elástico Klammt tipo II, que es un aparato miofuncional que actúa tridimensionalmente, creando una adecuada relación máxilo-mandibular. Después de la colocación del aparato, se puede observar una mejor relación maxilo mandibular, dando como resultado un mejoramiento del perfil, overbite y overjet adecuados (Fig. 54 y 55). Adicionalmente se observa una mejor postura, y una mejor posición de la línea acromioclavicular (Fig. 56).

Antes



Después



Fig. 54 Fotos extraorales del paciente con el aparato Klammt tipo II colocado. Se observa mejor perfil y competencia labial.



Fig. 55 Fotos intraorales del paciente con aparato colocado. Se observa mejor una mejor overjet y overbite adecuado.



Fig. 56 Postura del paciente con aparato colocado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el caso clínico se estudió la actividad electromiográfica de los músculos maseteros, derecho e izquierdo, de un paciente de nueve años de edad, antes y después de haber colocado el activador abierto elástico Klammt tipo II; presenta maloclusión clase II división 1 además de hábito labial. No se le había colocado ningún tipo de aparatología ortopédica ni realizado estudios EMG previos. El paciente es atendido en la Clínica Periférica Azcapotzalco de la



---

Facultad de Odontología, UNAM, turno vespertino, bajo instrucción del titular de la materia de Ortodoncia II, Esp. Gabriel Alvarado Rossano,

La evaluación electromiográfica se realizó en el músculo masetero primeramente por ser un músculo masticatorio que se encuentra en una zona superficial; permitiendo el uso de los electrodos de superficie de una manera eficiente y con resultados confiables, teniendo como principal ventaja, a diferencia de un electrodo de aguja, no producir dolor. En un paciente pediátrico esto es de gran importancia, ya que el dolor, podría ser un factor principal para no participar en un estudio llevado a cabo en varias sesiones. El masetero es un músculo potente, proporciona la fuerza necesaria para una masticación eficiente, gracias a esto, cualquier cambio que ocurra en el sistema masticatorio, puede ser reflejado en él. Debido a esto, diversos artículos han sido desarrollados estudiando dicho músculo, especialmente en niños.

Los registros electromiográficos fueron efectuados en el Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo autorización del Dr. Fernando Ángeles Medina.

En cada sesión se realizaron tres registros EMG diferentes; en condiciones de oclusión céntrica, sin contacto posterior y con el aparato colocado. La razón por la cual se realizó la primera prueba fue para evaluar la actividad muscular en máxima intercuspidad y tener la comparativa con el aparato colocado; sin embargo, dada la posibilidad de tener interferencias dentales dentro de la misma, se añade otra prueba sin contacto posterior, colocando un abatelenguas en la zona interdental del área de molares. Así mismo, realizamos la prueba con el aparato en boca para conocer los cambios EMG que se observan con el cambio de postura mandibular que éste crea. Estos tres registros fueron elaborados a los 0, 7, 15, 30 y 45 días de haber sido colocado el AAE tipo II. Al realizar un registro EMG antes de iniciar el



tratamiento ortopédico, se pudo evaluar y analizar los efectos electromiográficos que se presentan en el tiempo inmediato del mismo. Éste intervalo de sesiones fue desarrollado así para analizar los cambios inmediatos que se presentan a nivel EMG al colocar el Klammt tipo II, además de nuestra limitante en el tiempo, que nos impidió realizar más registros.

Cabe mencionar que no existe un protocolo en cuanto al intervalo de tiempo en un registro EMG y otro, es decir, los registros pueden llevar a cabo conforme a las necesidades de cada estudio; en estudios ortodónticos, por ejemplo, es común llevar a cabo un registro EMG en cada activación.

Las características del electromiógrafo digital donde se llevaron a cabo los registros son las siguientes:

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

Impedancia de entrada: 1012  $\Omega$  6.6.2 *Software del EMG*

En la implementación de la interfaz gráfica de usuario se utiliza el programa MATLAB® versión 2011 para sistemas de 32 bits de la compañía MathWorks. Y para la implementación de la base de datos se utiliza el programa Access 2007 de Microsoft Office para sistemas de 64 bits. Aunque se implementa con dos programas diferentes, el usuario lo percibe como único. El electromiógrafo contiene un amplificador, un generador de onda triangular y un acoplador que le permite ser conectado a la entrada de la tarjeta de audio de una computadora.

Previo a la colocación del aparato, se realizó una prueba EMG para poder comprobar nuestros resultados. Acudimos al Laboratorio de Fisiología de la división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se le indicó al paciente tomar asiento en un sillón dental convencional, cómodamente sentado en posición de reposo. A continuación, limpiaron la piel de la zona a estudiar, con alcohol etílico, después de esto, se colocaron los electrodos, la localización de los 3 electrodos fue: a la altura del arco cigomático (inserción del músculo masetero superficial), en el borde de la mandíbula y el electrodo de referencia se situó a la altura de la apófisis mastoides (Fig. 57). Tras la colocación de los electrodos, se conectan con el electromiógrafo a través de cables especiales (Fig. 58).



Fig. 57 y 58. Colocación de los electrodos a la altura de arco cigomático, borde inferior de la mandíbula y el electrodo de referencia a la altura de la apófisis mastoides.

Después de esto, y con la toma de datos generales previos del paciente, se inicia con el registro electromiografico en máxima intercuspidad u oclusión céntrica durante 30 segundos, pidiéndole que muerda lo más fuerte posible; acabando el tiempo indicado, se da instrucciones de que se relaje y deje de

morder (Fig. 59). Un nuevo registro EMG se realiza mediante la interposición de un abatelenguas convencional de madera entre los dientes posteroinferiores con los posterosuperiores (Fig. 60). De igual manera, se le pide que muerda el aditamento durante 30 segundos y después, se relaje. Finalmente se realiza la última prueba durante 30 segundos con el aparato en boca.



Fig. 59 Paciente en el registro de oclusión céntrica



Fig. 60 Paciente durante el registro sin contacto posterior, con abatelenguas colocado.

A partir de ese día, se les da la instrucción a los padres y al paciente de usar el aparato de forma diurna y nocturna, con la indicación de quitárselo únicamente para comer.

Las otras tres sesiones, a los 7, 15 y 30 días después, se realizaron bajo las mismas condiciones; oclusión céntrica, sin contacto posterior con el aditamento previamente descrito, y con el aparato colocado.

## RESULTADOS

Las gráficas colocadas a continuación corresponden a la Raíz Cuadrática Media de las pruebas EMG realizadas.

Durante la primera sesión, antes de colocar el aparato, la RMS en relación céntrica, puede observarse una simetría dentro de la actividad muscular de ambos músculos, derecho e izquierdo, correspondiendo  $73.4 \mu\text{V}$  del lado izquierdo y  $70.05 \mu\text{V}$  del lado derecho, lo que nos habla de una actividad ligeramente mayor del lado izquierdo. Así mismo se observa un ligero decremento de la actividad muscular (Fig. 61).

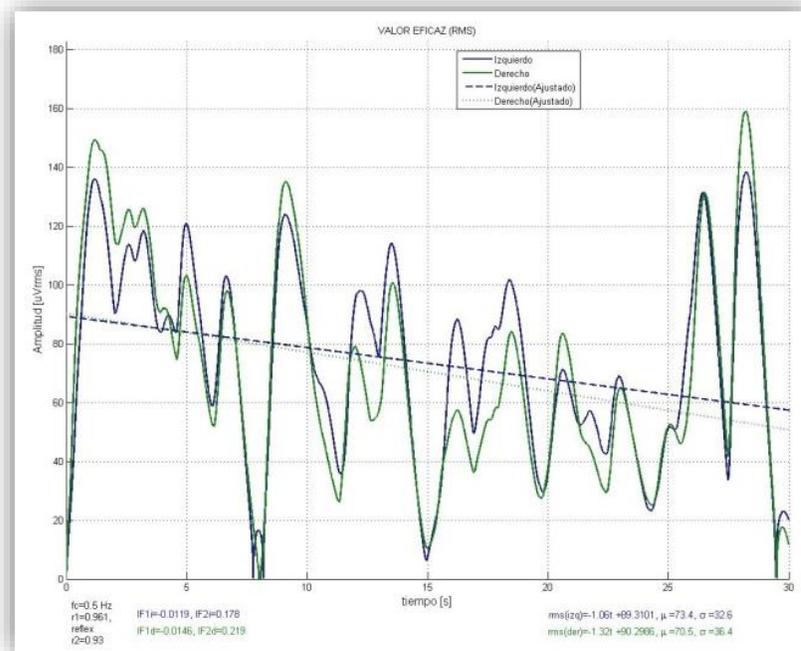


Fig. 61 RMC en relación céntrica durante la primera sesión, se observa simetría muscular con un decremento de la actividad muscular

Igualmente, en la primera sesión y aún antes de colocar el aparato se hizo el registro sin contacto posterior, que dio como resultado  $44.5 \mu\text{V}$  del lado izquierdo y  $46.9 \mu\text{V}$  para el lado derecho, al no existir interferencias, se observa mejor simetría y una constante en de la actividad muscular (Fig. 62)

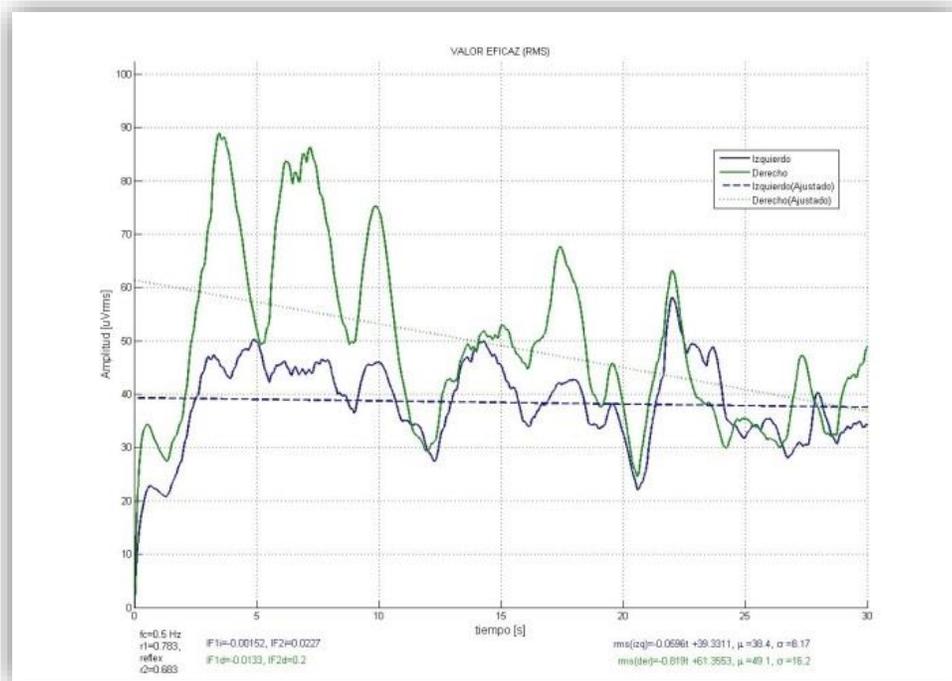


Fig. 62 RMS sin contacto posterior, durante la primera sesión. Se observa una actividad muscular constante y una mejor simetría muscular

El último registro de la primera sesión se realizó con el aparato Klammt en boca por primera vez, se observa un ligero aumento en la actividad muscular y se empieza a observar una asimetría en tonicidad muscular, teniendo  $38.4 \mu\text{V}$  el músculo izquierdo y el derecho  $49.1 \mu\text{V}$ , habiendo ya una diferencia mayor entre ambos (Fig. 63).

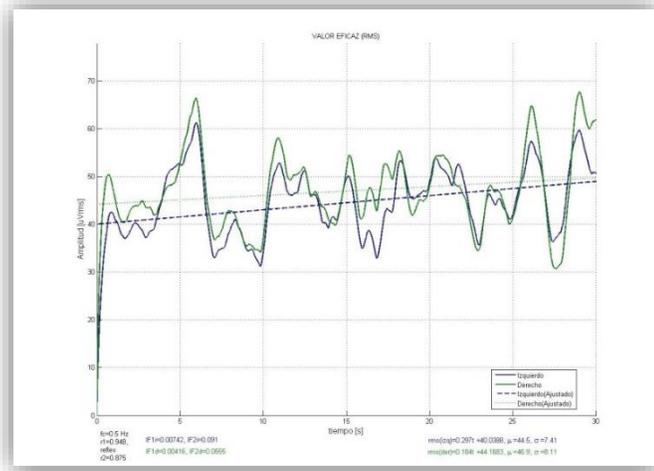


Fig. 63 RMS con el aparato Klammt colocado por primera vez.

7 días posteriores a la primera sesión se realizó otra serie de registros de la misma manera, la RMS del lado izquierdo presentó 69.5  $\mu\text{V}$  y del lado derecho se obtuvo 66.3  $\mu\text{V}$ , en oclusión céntrica (Fig. 64)

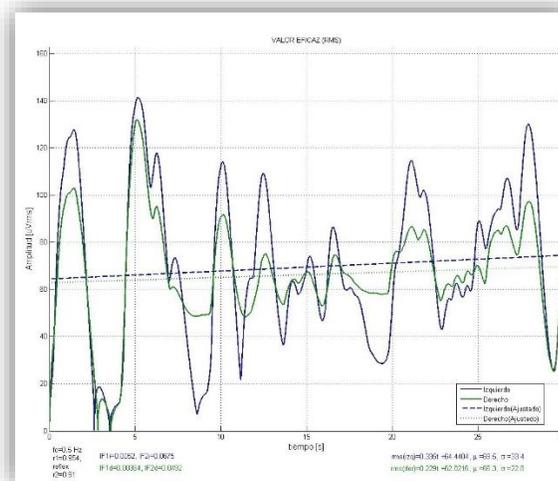


Fig. 64 RMS en oclusión céntrica, se observa una actividad mayor en el masetero izquierdo que del derecho.

La RMS sin contacto posterior muestra un decremento en la actividad muscular, donde los resultados son  $55.2 \mu\text{V}$  para el lado izquierdo y  $59.9 \mu\text{V}$  para el lado derecho (Fig. 65).

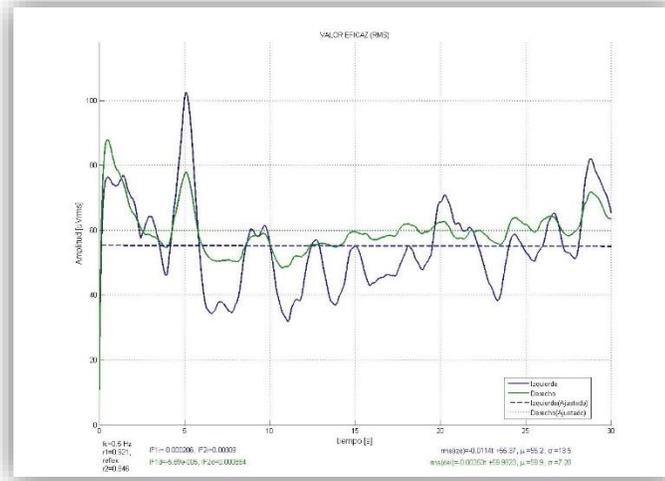


Fig. 65 RMS sin contacto posterior a los 7 días

La RMS con el aparato en boca presentó  $41.4 \mu\text{V}$  del lado izquierdo contra  $48.1 \mu\text{V}$  del lado derecho manteniéndose a actividad muscular constante (Fig. 66).

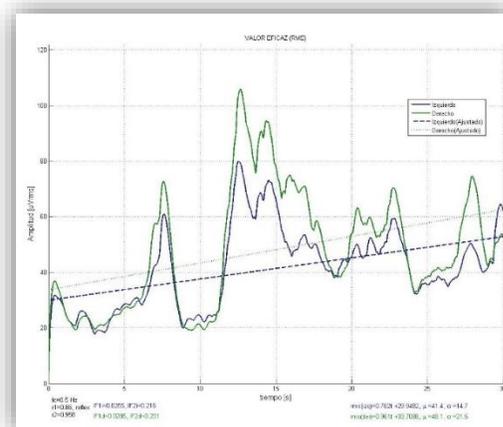


Fig. 66 RMS con aparato en boca. Se observa un ligero aumento de la actividad muscular

A los 15 días después de haber sido iniciado el tratamiento se realizó la tercer serie de registros, en oclusión céntrica se observa un mayor aumento de la actividad, siendo 105  $\mu$ V masetero izquierdo y 118  $\mu$ V en el masetero derecho (Fig. 67).

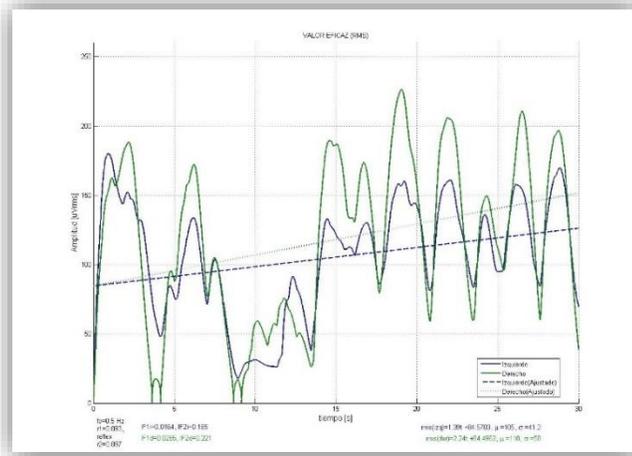


Fig. 67 Se muestra la RMS de la tercera sesión, en oclusión céntrica, mostrando mayor actividad el masetero derecho, así como un aumento de la actividad muscular

Se observa una completa asimetría muscular ya con el aparato colocado, siendo significativamente menor la actividad muscular del lado izquierdo con 48.3  $\mu$  y el masetero izquierdo presentó 70.4  $\mu$  (Fig. 68)

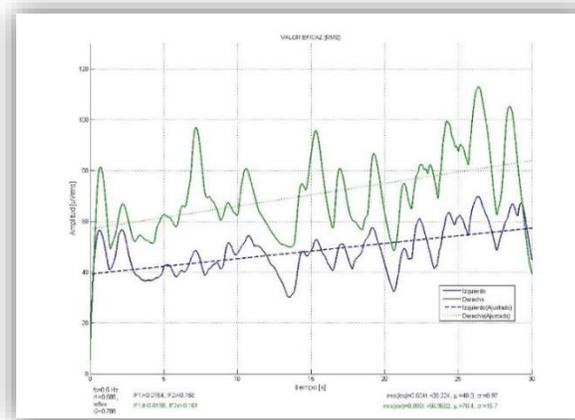


Fig. 68 RMS con aparato colocado, obsérvese la asimetría muscular, siendo mayor la actividad del lado izquierdo

Al mes de iniciarse el tratamiento, se realizó otra serie de registros EMG, siendo muy marcada la diferencia electromiográfica de ambos músculos. Con oclusión céntrica se registra 54.3  $\mu\text{V}$  del lado izquierdo contra 247  $\mu\text{V}$  lado derecho, revélandose un aumento mucho mayor de la actividad dentro el masetero derecho (Fig. 69).

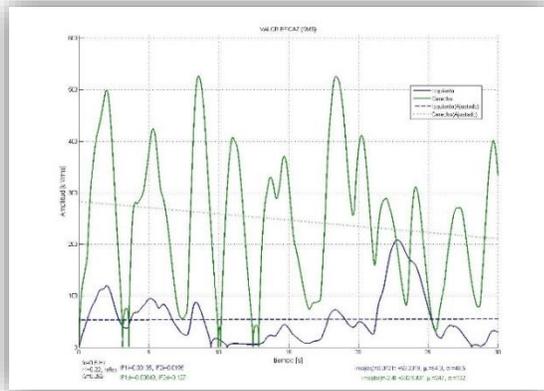


Fig. 69 RMS en oclusión céntrica 30 días después de haber iniciado el tratamiento ortopédico, se observa una total asimetría de la actividad muscular

Sin contacto posterior, se observa una alteración muscular, de igual manera se observa una asimetría pero totalmente diferente ya que el masetero izquierdo presenta una mayor actividad con 232  $\mu\text{V}$  y 166  $\mu\text{V}$  para el lado derecho. Cabe mencionar que la actividad muscular esta mucho mas elevada que la primera vez que en la primera sesión (Fig. 70)

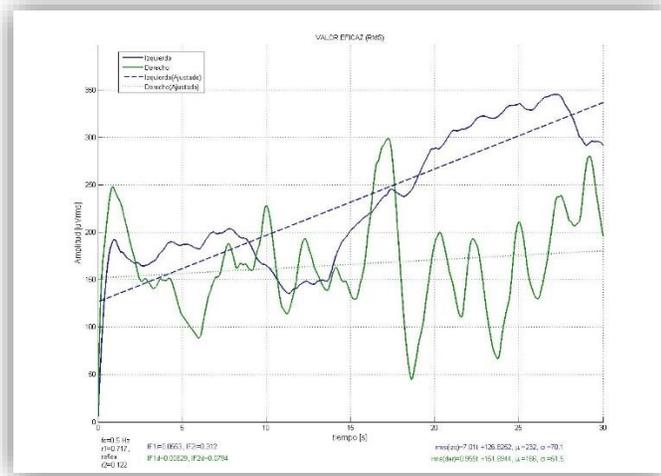


Fig. 70 RMS sin contacto posterior a los 30 días después de la colocación del aparato. Se observa asimetría de la actividad muscular siendo el masetero izquierdo el que presenta la mayor actividad.

Al realizar el registro RMS con el aparato colocado, el resultado fue totalmente inesperado, ya que en el masetero izquierdo solo se registro una mínima actividad de 6.37  $\mu\text{V}$  en masetero izquierdo, contra 172  $\mu\text{V}$  del masetero derecho (Fig. 71).

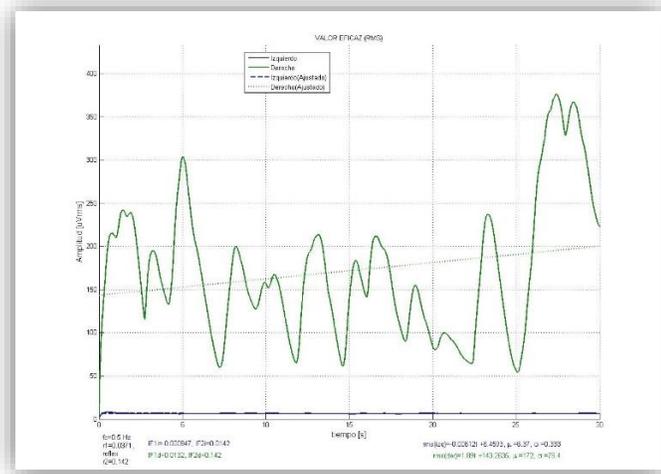


Fig. 71 RMS con aparato en boca hecha 30 días después la colocación del mismo. Se muestra mínimamente la actividad del masetero izquierdo.



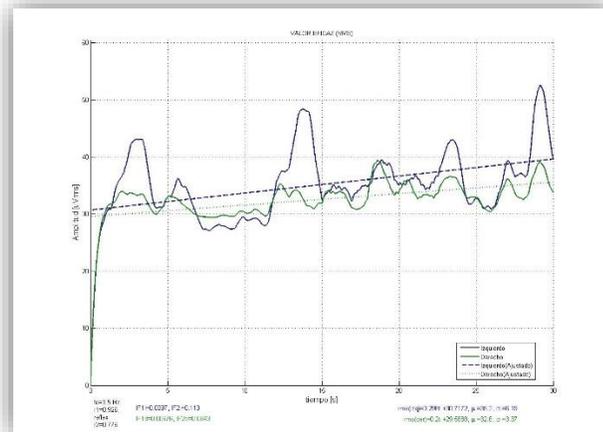


Fig. 73 RMS sin el contacto de dientes posteriores, se observa una simetría en la actividad, donde ambos músculos presentan un incremento de la misma.

Se realiza el último registro con el aparato en boca, se observa un cambio significativo de resultados en comparación a la última prueba; se recupera la simetría de la actividad muscular, observándose una diferencia mínima entre el músculo masetero izquierdo, con 43.4  $\mu$ VV y en el músculo derecho con 40.2  $\mu$ VV. (Fig. 74)

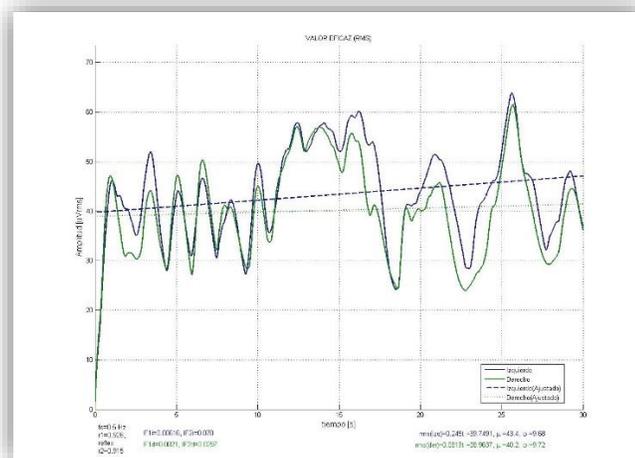
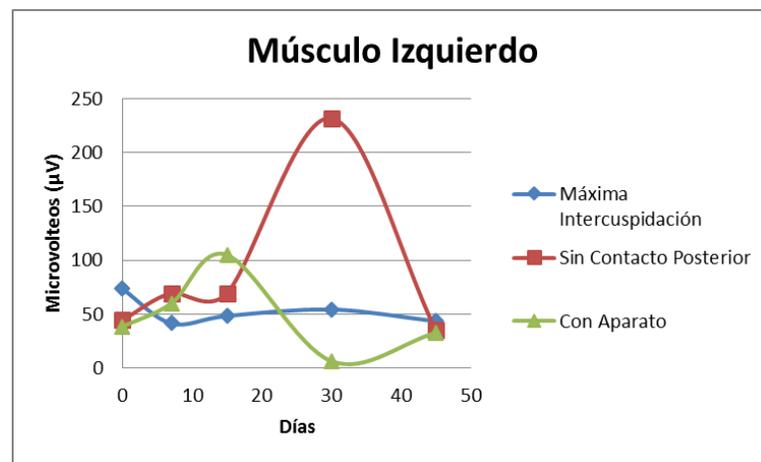


Fig. 74 RMS a los 45 días de haber sido colocado el aparato Klammt tipo II, se observa una evidente simetría muscular con ligero incremento de la actividad muscular, principalmente del lado izquierdo.

Finalmente, se muestran a continuación gráficas de ambos músculos, donde se puede observar los cambios electromiográficos que presentaron durante los tres tipos de pruebas. Se observa que el músculo izquierdo presentó a los 30 días, un aumento de la actividad EMG durante la toma del registro sin contacto posterior, contrario a la prueba con el aparato, donde se observó una disminución significativa. Podemos observar que en la prueba EMG de máxima intercuspidad, la actividad EMG se mantiene estable, observándose ligeros cambios (Gráfica 1).

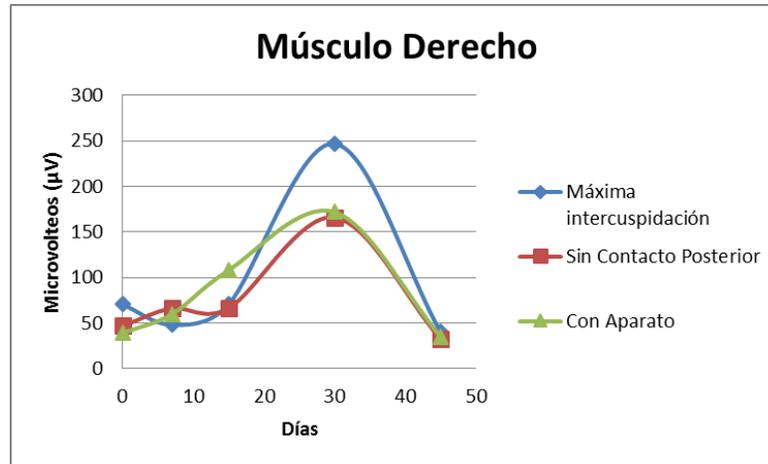


Gráfica 1. Actividad EMG del músculo izquierdo durante los 45 días del tratamiento

El músculo derecho, a su vez, presenta claramente un aumento de la actividad EMG a lo largo del primer mes de uso del aparato, en todas las pruebas. A los cuarenta y cinco días los tres registros presentan una disminución en sus resultados (Gráfica 2).

Ambos músculos presentaron resultados similares antes del tratamiento; en máxima intercuspidad el músculo derecho y el músculo izquierdo presentan una mayor actividad EMG a comparación de los otros dos registros, mostrando una simetría en la actividad muscular. Durante los primeros 7 días, de igual forma, los registros son semejantes entre ambos. Sin embargo, a los 15 y 30 días ya se observa una asimetría en la actividad electromiografía. Cabe mencionar, que a los cuarenta y cinco días del tratamiento, la actividad de los

dos músculos disminuye drásticamente para colocarse por debajo de los resultados registrados antes de colocar el Klammt tipo II.



Gráfica 2. Actividad EMG del músculo derecho durante los 45 días del tratamiento

## DISCUSIÓN

Como menciona Nuño Licon, cualquier dispositivo funcional provoca cambios en la actividad de los músculos relacionados con la articulación-temporomandibular, por el efecto mecánico directo de estiramiento sobre los músculos y a través de las vías sensorio-motoras; durante su estudio se observa una disminución del promedio de la actividad EMG de los maseteros en los pacientes clase tipo II con aparato bimler, principalmente en la primera sesión y treinta días después, sin embargo no hubo diferencia significativa entre los valores correspondientes para cada una de las sesiones del registro posteriores cuando el aparato estaba en boca y en máxima intercuspidadación<sup>30</sup>. En nuestro caso clínico ocurrió algo similar, observando un aumento significativo en uno de los primeros 20 días, sin embargo los músculos presentaron una disminución de actividad a los 45 días en comparación al inicio del tratamiento. En un estudio de 100 pacientes con clase II div. 1, usando Activador Abierto Elástico realizado por la Dra. Laleska, se observó un incremento de la actividad muscular durante los registros EMG con el aparato en boca; atribuyéndolo al estiramiento que sufren los músculos tras la



colocación del aparato, lo cual daría lugar a contracciones reflejas que son proporcionales al grado de desplazamiento mandíbula; al crear un estiramiento en los músculos mayor de lo habitual para el paciente (objetivo del aparato miofuncional) se observan éste tipo de contracciones como medio de protección; a mayor estiramiento, mayor sería el incremento de la actividad EMG <sup>35</sup>. En nuestro caso clínico se observó un incremento de la actividad muscular aunque no de una manera significativa. Tancan Uysal menciona que el número de dientes que están en contacto oclusal influye la actividad muscular durante la intercuspidadación <sup>36</sup>. El modo de acción de los aparatos funcionales tiene una relación directa con la adaptación neuromuscular y esquelética, lo que altera la función de la región orofacial. Las modificaciones de la posición funcional de la mandíbula tienen como resultado una alteración inmediata de la actividad neuromuscular en los músculos (Cuadro 15).

Comparación de estudios electromiográficos en músculos maseteros con el uso de aparatos de aparatos miofuncionales

**Resultados en músculos maseteros      Resultados en nuestro caso clínico**

Bimler, en pacientes clase II Nuño- Licona 2004 <sup>30</sup>	Se mostró una tendencia al decremento antes e inmediatamente después de colocar el aparato. En las siguientes sesiones, se muestra una disminución de la actividad cuando el dispositivo no estaba colocado en máxima intercuspidadación. Sin embargo, cuando el dispositivo estaba en boca se observa una variación de valores promedio en cada una de las sesiones.	Se mostró un decremento al mes de colocar el aparato. Durante los primeros 7 días de uso y hasta los 15 días después se observó una variación en los resultados.
Klammt en pacientes con clase II div. 1	En máxima intercuspidadación se registró una diferencia entra la actividad del lado derecho e izquierdo, antes e inmediatamente después de haber	A los 30 días de uso, se observó un aumento de la actividad EMG en el músculo derecho en



Laleska Blanco, 1998 <sup>35</sup>	iniciado el tratamiento. No hubo diferencias significativas a los 30 días de haber colocado el aparato. Con el aparato en boca, se incrementaron los valores durante cada sesión.	máxima intercuspidadación. sin embargo el músculo izquierdo presento una actividad EMG constante durante todos los registros.
Trainer en pacientes clase II div I Tancan Uysal, 2011 <sup>36</sup>	Se realizaron registros EMG al inicio y al final del tratamiento, se observó un decremento de la actividad muscular durante máxima intercuspidadación.	A los 45 días se observó un decremento de la actividad EMG en todas las pruebas.
Bloques gemelos en pacientes clases II div. 1 Preeti Aggarwal, 2000 <sup>37</sup>	Durante la máxima intercuspidadación, los pacientes presentaron un aumento de la actividad de los maseteros, aunque no de manera significativa.	El músculo derecho presentó un aumento de la actividad EMG significativa a los 30 días de uso del aparato en todas las pruebas.

Cuadro 15.

## CONCLUSIONES

La electromiografía es un método de electrodiagnóstico que nos permite conocer la actividad neuromuscular antes de cualquier tratamiento ortopédico y ortodóncico, además de informar los cambios neuromusculares que se están llevando a cabo inmediatamente de la colocación de un aparato miofuncional en un paciente y durante un tiempo determinado.

En nuestro caso clínico se observaron cambios en la actividad electromiográfica como reflejo de una adaptación de los músculos maseteros al cambio de posición mandibular, los cuales fueron comparados con los registros realizados antes de iniciar el tratamiento.



Al reposicionar la mandíbula se crea una mejor relación maxilo-mandibular, esto repercute directamente en los músculos, los cuales presentan un estiramiento. Dicho estiramiento se ve reflejado en un aumento de la actividad electromiográfica. Esta modificación de la postura mandibular genera al mismo tiempo un estímulo natural interno que se refleja en la variación de la tensión de los músculos responsables de esta nueva posición. Sin embargo la inestabilidad observada en los resultados dentro de los primeros días es causa de la reprogramación neuromuscular que se llevó a cabo por el aparato.

El aparato Klammt tipo II, gracias a su acción tridimensional, es de gran utilidad para generar una reprogramación neuromuscular en pacientes clases II y con hábito labial, al llevar a cabo una estimulación muscular y una relación maxilo-mandibular adecuada. A nivel electromiográfico, estas acciones pudieron ser observadas dentro de nuestro caso clínico desde los primeros días de uso y a los 45 se observó una estabilidad en la actividad EMG de ambos músculos de las tres pruebas diferentes que se realizaron; se vio reflejada en la disminución de la actividad electromiográfica y en una simetría EMG de ambos músculos. A través de esta nueva dinámica neuromuscular, se establece un equilibrio en el crecimiento cráneo-facial.

Al encontrar una actividad menor en el tiempo ya mencionado, se cumplen los objetivos de un aparato miofuncional, ya que al estabilizar la oclusión y al mejorar la relación máxilo-mandibular, los músculos deben presentar una actividad estable y simétrica.

Una de las limitantes en nuestro caso clínico es no poder documentar los resultados a futuro, por lo que puede ser considerado un estudio piloto para que sea utilizada la EMG en tratamientos ortopédicos miofuncionales y ser monitotizados a largo plazo.



---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreno Cedillo F. Estudio electromiográfico digital mediante la raíz cuadrática media (RMS) en pacientes con trastornos temporomandibulares antes y después del uso de la férula oclusal fisiológica.” [Cirujano Dentista]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2015.
2. Wu C. El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal. Elementos. 2007; 65: 49-62.
3. Ibarra Lúzar J, Pérez Zorrilla E, Fernández García C. Electromiografía clínica. Rehabilitación. 2005; 39 (6): 265-276.
4. Reynolds J, Barragán L, Cuéllar F. Bioamplificadores. Rev Colomb Cardio. 2011; 18 (3): 131-143.
5. Benzón H, Rathmell J, Wu C, Turk D, Argoff C, Hurley R. Practical management of pain. 5ta ed. Philadelphia: Editorial Elsevier Health Sciences, 2013. Pp 163.
6. Guzmán Bravo E. Pierre Fauchard. Rev Mex Odon Clín. 2016; 1 (4):15.
7. Hernández Negrete D. Tratamiento ortopédico, mediante el uso de Klammt tipo III, con almohadillas tipo Frankel [Cirujana Dentista]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2007.
8. Castañer Peiro A. Ortodoncia interceptiva: Necesidad de diagnóstico y tratamiento temprano en las mordidas cruzadas transversales. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006; 11:E210-E214.
9. Deli R, Guercio E., Saccomanno S. Indicaciones y efectos terapéuticos del activador de andresen. Reporte de un caso. Acta Odontol. Venez. 2007; 45 (4): 1-7.



10. Farrel C. Breve Historia de la evolución de la especialidad, Los beneficios de la Ortopedia miofuncional. Dental Tribune Hispanic and Latin America 2012; 4 (8): 2-3.
11. Mayoral J, Mayoral G. Ortodoncia. Principios fundamentales y práctica. 4<sup>a</sup> ed. Barcelona: Editorial Labor, 1977. Pp 3-7, 433-435.
12. Wasserman I. Férula de retención o placa essix como alternativa en ortodoncia: revisión sistemática. Rev. Salud bosque 2014; 4 (1): 37-50.
13. García Gómez M, Puentes Leal P, Reyes Márquez M. Cambio en la inclinación del plano palatino con el uso de gomas cortas en el aparato funcional SN1 en pacientes con sobremordida vertical disminuida. Univ Odontol 2014; 33 (50): 95-106.
14. Bedoya A, Chacón Á. Tratamiento temprano de maloclusiones clase II tratado con Activador Abierto Elástico de Klammt (AAEK). Reporte de caso. Rev. Estomat 2009; 17 (2): 23-29.
15. Manns Freese A. Sistema estomatognático, bases biológicas y correlaciones clínicas. Madrid: Editorial Ripano, 2011.
16. Barrett K, Midrio M, Avoli M. Ganong Fisiología Médica. 23<sup>a</sup> ed. C.D. México: Editorial McGraw-Hill, 2010. Pp 79-147.
17. Okeson J. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. 7<sup>a</sup> ed. Barcelona: Editorial Elsevier Mosby; 2013.
18. Guyton A, Hall J. Tratado de fisiología médica. 12<sup>a</sup> ed. Madrid: Elsevier Espa. a, 2011.
19. Drake R, Vogl W, Mitchell A. Gray Anatomía para estudiantes. 2<sup>a</sup> ed. Barcelona: Elsevier; 2011. Pp 920-939.
20. González M, Finol H, Müller B. Hipertrofia maseterina –estudio ultraestructural. Acta odontológica Mexicana. 1998; 36 (1).



21. Graber TM, Newmann B. Aparatología Ortodóntica Removible. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 1984.
22. Caballero K, Duque ML, Ceballos S, Ramírez JC, Peláez A., Conceptos básicos para el análisis electromiográfico. CES Odontología 2002; 15 (1): 41-50.
23. Hernández Martínez H. E., Sánchez Flores B. L., Valoración electromiográfica de los músculos maseteros de pacientes con hábitos parafuncionales, tratados con diferentes guardas oclusales. Med Oral 2001; 3 (2): 58-64
24. De Rossi M, De Rossi A, Hallak J, Vitti M, Regalo S. Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009; 136 (3):355-360.
25. Costanzo A, Abecasis M, Kanevsky D, Elverdin J. La electromiografía en el diagnóstico y tratamiento odontológico. Revista de la Facultad de Odontología (UBA). 2010; 25 (58): 21-27.
26. García Ríos L. A. Electromiografía de superficie y de agujas en la musculatura masticatoria. Rev Mex Odontologia Clínica 2008; 2 (7): 12-17.
27. Saccucci M, Tecco S, Ierardoa G, Luzzi V, Festa F, Polimeni A. Effects of interceptive orthodontics on orbicular muscle activity: A surface electromyographic study in children. J Electromyogr Kinesiol. 2011; 21(4): 665-671.
28. Ibarra Lúzar J, Pérez Zorrilla E, Fernández García C. Electromiografía clínica. Rehabilitación 2005; 39 (6): 265-276.
29. Leung DK, Hagg U. An electromyographic investigation of the first six months of progressive mandibular advancement of de Herbst appliance in adolescents. Angle Orthod 2001; 71 (3): 177-84



30. Nuño LA, García MM, Ángeles MF, Alatorre ME. Efecto sobre la función de los músculos maseteros de pacientes tratados con equipo Bimler, valorado electromiográficamente. Bol Med Hosp Infant Mex 2004; 61 (5): 218-227.
31. Osorno EC, Alfaro MP, Romero EG, Sáez ML. Diferencias del reflejo inhibitorio masétero en niños y adultos jóvenes sanos. Oral 2012; 13 (40): 825-825.
32. Coelho-Ferraz, MJP, Berzin F, Amorim C. Evaluación electromiográfica de los músculos masticadores durante la fuerza máxima de mordedura. Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac. 2008; 30 (6): 420-427
33. Reni Muller K, Soledad Piñeiro S. Malos hábitos orales: Rehabilitación neuromuscular y Crecimiento facial. Rev Med Clin Condes 2014; 25 (2): 380-388.
34. Lugo C, Toyo I. Revista Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria 2011. Hallado en <http://www.ortodoncia.ws>. Consultada, .../.../...
35. Laleska C, Estudio electromiográfico en pacientes con síndrome maloclusivo clase II, división 1, tratados con el Activador Abierto Elástico Klammt. Rev Cubana Ortod 1999; 14 (2): 94-99.
36. Uysal T, Yagci A, Kara S, Okkesim S. Influence of Pre-Orthodontic Trainer treatment on the perioral and masticatory muscles in patients with Class II division 1 malocclusion. Eur J Orthod 2011; 34 (1): 96-101.
37. Aggarwal P, Kharbanda O, Mathur R, Duggal R, Parkash H. Muscle response to the Twin-block appliance: An electromyographic study of the masseter and anterior temporal muscles. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 116 (4): 405-414.



## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS DE IMÁGENES

**Fig. 1** <http://grandescientificosdelahistoria.webnode.es/inventos-o-descubrimientos/la-pila/>

**Fig. 2** De Micheli-Serra, About discovery of electricity and its relation to cardiology; Arch Cardiol Mex; 2012;82(3):252---259

**Fig. 3** <http://www.historiadelamedicina.org/einthoven.html>

**Fig. 4** Félix Moreno Cedillo “Estudio electromiográfico digital mediante la raíz cuadrática media (rms) en pacientes con trastornos temporomandibulares antes y después del uso de la férula oclusal fisiológica” (Tesis) dirigida por Fernando Ángeles Medina, Nicolás Pacheco Guerrero, Julio Morales González; Ciudad de México, 2015.

**Fig. 5** <http://camillesourget.com/rare-book-fauchard-dental-surgery/>

**Fig. 6** <http://www.ortoplus.es/ortodoncia/funcional/activador-andresen.php>

**Fig. 7** <http://www.ortoplus.es/ortodoncia/funcional/bimler.php>

**Fig. 8** <http://www.ortoplus.es/ortodoncia/funcional/kinetor.php>

**Fig. 9** <http://www.ortoplus.es/ortodoncia/funcional/activador-abierto-elastico-klammt.php>

**Fig. 10** <http://www.ortoplus.es/ortodoncia/funcional/bionator-estandar-clase2.php>

**Fig.11** <http://histologiaunam.mx/descargas/ensenanza>

**Fig.12** <http://fitpersonaltrainer.blogspot.es/1402870389/estructura-macroscopica-y-microscopica-del-musculo/>

**Fig.13** <http://es.slideshare.net/japuvi/trabajo-potencia-y-energa-10114089>

**Fig.14** <http://www.revespcardiol.org>



**Fig.15** <http://medicina.unmsm.edu.pe>

**Fig.16** <http://www.saludmed.com/FisioEj/MuscN.html>

**Fig.17** [http://www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_10.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_10.htm)

**Fig.18** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.19** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig. 20** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.21** <http://fisiocodex.blogspot.mx>

**Fig.22** <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18985454/Como-funcionan-tus-neuronas---Sinapis.html>

**Fig.23** <http://histologiaunam.mx/descargas/ensenanza>

**Fig. 24** <http://histologiadecesarfcruzycarloacadme.blogspot.mx>

**Fig. 25** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.26** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.



**Fig.27** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.28** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.29** Jeffrey P. Okeson, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares, 7a edición, Barcelona, Elsevier Health Science, 2013.

**Fig.30** <http://www.ortobennett.com/aparatos-funcionales/>

**Fig.31** Klammt tipo II Esp. Gabriel Alvarado Rossano

**Fig.32** <http://www.biarc.es/Funcional>

**Fig.33** Fuente directa

**Fig.34** Fuente directa

**Fig.35** Fuente directa

**Fig.36** <http://www.neuroline.es/ElectrodosagujaEMG.html>

**Fig.37** <http://www.palfarma.com.ec/covidien.html>

**Fig.38** Félix Moreno Cedillo “Estudio electromiográfico digital mediante la raíz cuadrática media (rms) en pacientes con trastornos temporomandibulares antes y después del uso de la férula oclusal fisiológica” (Tesis) dirigida por Fernando Ángeles Medina, Nicolás Pacheco Guerrero, Julio Morales González; Ciudad de México, 2015.

**Fig.39** Fuente directa

**Fig.40** Fuente directa



**Fig.41** <http://maloclusiones1.blogspot.mx/>

**Fig.42** <http://blog.logopedajessica.es>

**Fig.43** Fuente directa

**Fig.44** <http://www.dentalbeatrizlopez.com>

**Fig.45** <http://es.slideshare.net/diegovfong/cavidad-oral-40332618>

**Fig.46** [http://oakdollmakers.blogspot.mx/2012\\_12\\_01\\_archive.html](http://oakdollmakers.blogspot.mx/2012_12_01_archive.html)

**Fig.47** Fuente directa

**Fig.48** Fuente directa

**Fig.49** Fuente directa

**Fig.50** Fuente directa

**Fig.51** Fuente directa

**Fig.52** Fuente directa

**Fig.53** Fuente directa

**Fig.54** Fuente directa

**Fig.55** Fuente directa

**Fig.56** Fuente directa

**Fig.57** Fuente directa

**Fig.58** Fuente directa

**Fig.59** Fuente directa

**Fig.60** Fuente directa

**Fig.61** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México



---

**Fig.62** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.63** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.64** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.66** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.67** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.68** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.69** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.70** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.71** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.72** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.73** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México

**Fig.74** Laboratorio de Fisiología, división de Posgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México



---

## GLOSARIO

1. Aguja concéntrica: aguja formada por un electrodo activo rodeado por el electrodo de referencia en forma de cánula (disposición similar a una aguja de punción lumbar en la que el fiador fuera el electrodo activo) y separados por un aislante eléctrico.
2. Decremento miasténico: enfermedad de la unión neuromuscular donde se observa un decremento de la amplitud de los potenciales de acción.
3. Disgnacia: pérdida del equilibrio morfo-funcional y estético del órgano bucal por lo tanto se aplica no solo a las irregularidades de posición de las piezas dentarias y de la oclusión, sino también a las alteraciones de forma del macizo cráneo-facial, ATM y músculos.
4. Electrodo: extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.
5. Electromiografía: técnica que consiste en el registro de las variaciones de la actividad eléctrica de las células musculares tanto en voltaje como en frecuencia, que se producen como expresión de la despolarización de la membrana celular para que tenga lugar la contracción.
6. Electromiógrafo: aparato que detecta la diferencia de potencial eléctrico que activa las células musculares.
7. Endomisio: vaina fina de tejido fibroso que rodea de forma individual a cada fibrilla muscular.
8. Epimisio: vaina fibrosa formada por tejido conjuntivo que envuelve al conjunto de fascículos musculares de un músculo.
9. Estructura viscoelástica: estructura de tejido conectivo le confiere al músculo propiedades viscoelásticas que contribuyen a la respuesta mecánica muscular.
10. Fibras extrafusales: fibras propiamente del músculo esquelético que se encuentran fuera del huso neuromuscular.
11. Micovoltios ( $\mu\text{V}$ ): medida de tensión eléctrica que equivale a una millonésima de voltio.



- 
12. Mordida abierta: tipo de maloclusión que se caracteriza porque no hay contacto entre los dientes superiores e inferiores.
  13. Motoneurona: neurona del sistema nervioso central que proyecta su axón hacia un músculo o glándula.
  14. Overbite: distancia en que el margen incisal de los incisivos superiores sobrepasan el margen incisal de los dientes incisivos inferiores cuando estos son llevados a oclusión céntrica.
  15. Overjet: distancia entre el borde incisal de los incisivos superiores hasta la cara vestibular de los incisivos inferiores.
  16. Perimisiso: lámina de tejido conectivo fibroso que envuelve los haces de fibras musculares, y por la que llegan las terminaciones nerviosas hasta la placa muscular.
  17. "Pool" de motoneuronas: grupo de neuronas que inerva un músculo determinado.
  18. Root Mean Square (RMS): Raíz Cuadrática Media en español, es un número multiplicado por sí mismo para equivaler a un valor específico.
  19. Sarcómero: región de una miofibrilla situada entre dos discos Z consecutivos.
  20. Señal analógica: señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo.
  21. "Sic": adverbio latino (sic erat scriptum), que quiere decir "así fue escrito". Se utiliza en los textos escritos para indicar que la palabra o frase que lo precede es literal, aunque sea incorrecta la expresión.
  22. Unidad motora: grupo de fibras musculares inervado por una única motoneurona de la médula espinal o de un núcleo motor del tallo cerebral.
  23. Unión neuromuscular: unión entre el axón de una neurona y una fibra muscular.

