



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

IMPORTANCIA DE LA FISIOLOGÍA Y FUNCIÓN DEL
COMPLEJO NEUROMUSCULAR, EN EL SISTEMA
MASTICATORIO.

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:

WENDY GARCÍA GARCÍA

TUTORA: Mtra. MARÍA LUISA CERVANTES ESPINOSA

ASESORA: M. en C. KATIA JARQUÍN YÁÑEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*Agradezco al Departamento de Histología de la
Facultad de Medicina por el apoyo técnico.*

*Agradezco al Biólogo Salvador Ortega Guerrero
del Departamento de Anatomía de la Escuela
Médico-Militar por el apoyo técnico.*

A Dios

Por regalarme una vida tan maravillosa, por darme fuerza para seguir adelante a pesar de los obstáculos y por brindarme la mejor familia que puede existir.

A mi mamita hermosa

*Gracias por ser mi ejemplo a seguir, por ser una mujer admirable, por siempre luchar para darnos lo mejor, por apoyarme en todo momento a pesar de mis errores, por darme tu amor, cariño, comprensión, consejos...
Te amo enormemente, gracias por ser mi mamá.*

A mi papá

Gracias por haberme impulsado a llegar hasta aquí, por enseñarme que el estudio es lo más importante y que brinda una gran satisfacción el tener una carrera. Te amo papí.

A mi hermanita

Gracias por compartir hermosos momentos conmigo. Te amo muchísimo mi niña hermosa.

A Gustavo

Gracias mi amor por estar conmigo durante todo este tiempo, han sido años maravillosos a tu lado, gracias por tu amor, comprensión, apoyo y por estar conmigo durante los momentos felices pero también en los más difíciles. Gracias por compartir tu vida conmigo. Te amo infinitamente mi vida.

A mis amigas

Nayeli, Ana, Sharon gracias por estar siempre presentes en mi vida. Por brindarme muchos momentos de felicidad y locuras, por esta linda amistad de años, por compartir conmigo cosas inolvidables, por escuchar mis problemas y aconsejarme. Pero sobre todo gracias por ser mi segunda familia. Las adoro nenas.

A mi familia

Cuca, Jesús, Dani, Aurora, Toño, Carlos, Luis, Néstor gracias por ser incondicionales para mí. Los quiero. Y muy en especial gracias a mi mamita linda que sé que desde el cielo me ayuda a seguir adelante día a día.

A las doctoras

Mtra. María Luisa Cervantes Espinosa y Mtra. Katia Jarquín Yáñez gracias por apoyarme en este proyecto, por brindarme sus consejos, conocimientos y su tiempo.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Odontología que me brindaron esta valiosa oportunidad y por darme los conocimientos necesarios para comenzar mi vida profesional. Porque es un gran orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios UNAM.

“Cuando pones a Dios en primer lugar en tu vida, los miedos desaparecen y los sueños se hacen realidad.”



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO	8
CAPÍTULO 1. EL SISTEMA MASTICATORIO.....	9
1.1 Componentes	9
1.1.1 Huesos	9
1.1.2 Articulación temporomandibular	13
1.1.3 Músculos de la masticación.....	15
1.1.4 Ligamentos.....	21
1.1.5 Dientes	23
CAPÍTULO 2. COMPLEJO NEUROMUSCULAR	30
2.1 Células del sistema nervioso	30
2.1.1 Neuronas.....	30
2.1.2 Células de la neuroglia	33
2.2 Organización del sistema nervioso	38
2.2.1 Sistema nervioso central	41
2.2.2 Sistema nervioso periférico	46
2.2.2.1 Sistema nervioso somático	54
2.2.2.2 Sistema nervioso autónomo.....	54
2.3 Tejido muscular	57
2.3.1 Estructura	57
2.3.2 Función muscular	60
2.3.3 Clasificación	62
2.4 Receptores sensitivos.....	65
2.4.1 Exteroceptores	66
2.4.2 Interoceptores	66
2.4.3 Propioceptores	67
2.4.4 Nociceptores	70



CAPÍTULO 3. FUNCIÓN NEUROMUSCULAR	72
CAPÍTULO 4. FUNCIONES DEL SISTEMA MASTICATORIO	77
4.1 Masticación.....	77
4.2 Deglución.....	81
4.3 Fonación.....	83
4.4 Postura	84
CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88



INTRODUCCIÓN

El sistema masticatorio es la unidad morfofuncional integrada y coordinada por estructuras esqueléticas, musculares, angiológicas, nerviosas, glandulares y dentales; funcionando armónicamente. Lo que origina que el sistema esté en permanente equilibrio.

La masticación, deglución, fonación y postura, son funciones esenciales del sistema masticatorio, coordinadas en íntima relación con el complejo neuromuscular, responsables del control e integración de cada una de las estructuras involucradas en las funciones antes mencionadas.

La conservación de las mejores condiciones de salud buco-dental en la población es un logro que, como prestadores de servicio en ésta área, nos corresponde asumir. Para ello, es necesario que el profesional odontológico este documentado/a sobre odontología neuromuscular. De esta forma y rescatando la importancia de la fisiología y función del complejo neuromuscular en el sistema masticatorio, la presente tesina realiza una revisión de literatura al respecto.



OBJETIVO

Determinar la importancia que tiene el funcionamiento del complejo neuromuscular sobre el sistema masticatorio.



CAPÍTULO 1. EL SISTEMA MASTICATORIO

El sistema masticatorio o estomatognático está formado por huesos, articulaciones, ligamentos, músculos y dientes. También se integran a él, las glándulas salivales que son responsables de la producción de la saliva, los nervios, los cuales se encargan de transmitir impulsos, y los suministros vasculares, como la arteria maxilar que irriga sus estructuras, las que serán coordinadas por el sistema neuromuscular.

Todo este sistema debe actuar en armonía para llevar a cabo su funcionamiento. Tiene un papel de suma importancia en el organismo, debido a sus funciones fisiológicas que son: la masticación y deglución, además permite la comunicación a través de la fonación. Cuando uno de sus componentes es alterado, dichas funciones no se llevan a cabo adecuadamente.^{1,2,3}

1.1 Componentes

1.1.1 Huesos

El hueso es tejido conjuntivo calcificado y sus funciones son: brindar soporte al cuerpo, proteger órganos vitales, realizar movimientos con ayuda de la acción muscular, homeostasis mineral (consiste en la liberación de minerales a la circulación para mantener equilibrio en los componentes de la sangre), producción de células sanguíneas en la médula ósea y almacenamiento de triglicéridos.

El hueso se divide en compacto y esponjoso. El hueso compacto es denso y se encuentra por debajo del periostio de todos los huesos, su estructura fundamental es la osteona, formada por el conducto de havers y osteocitos dispuestos en láminas concéntricas alrededor de él, de tal manera que ofrece una resistencia a la tensión causada por peso y movimiento. El hueso



esponjoso formado por trabéculas (espacios en su estructura), está protegido por hueso compacto, brinda protección y sostén a la médula ósea.

El proceso de formación del tejido óseo se lleva a cabo por osificación intramembranosa y endocondral. La osificación intramembranosa es un tipo de osificación, en la que los huesos se forman directamente del mesénquima (tejido conectivo embrionario). En la osificación endocondral se reemplaza un molde de cartílago hialino que se destruye y se transforma en tejido óseo.

El proceso maxilar forma parte del primer arco faríngeo que dará origen al hueso premaxilar, maxilar, hueso cigomático y parte del hueso temporal, por osificación intramembranosa.⁴

Los huesos maxilares se fusionan en la sutura palatina media, que es la línea que se encuentra en la bóveda palatina formando así un solo hueso maxilar durante el desarrollo del cráneo y su fusión generalmente está completa antes del nacimiento. El hueso maxilar forma el suelo de la cavidad nasal y de las órbitas (Figura 1). Y en su parte inferior da forma al paladar y crestas alveolares.⁵

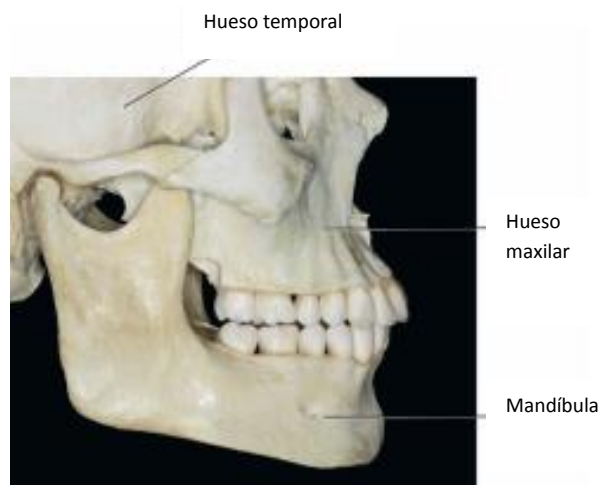


Figura 1 Componentes esqueléticos del sistema masticatorio: hueso temporal, hueso maxilar y mandíbula.



El paladar duro es el techo óseo de la boca, que separa la cavidad nasal de la cavidad oral y está formado por las apófisis palatinas que son una proyección horizontal del maxilar que forma la parte anterior del paladar. Las crestas alveolares se componen de dos láminas óseas compactas, una interna y otra externa, que tiene en su interior tejido óseo trabecular esponjoso.

En cada maxilar se encuentra el seno maxilar, que drena en la cavidad nasal. Las apófisis alveolares del maxilar forman un arco en forma de cresta que contiene alvéolos donde se insertan los dientes. El hueso maxilar es un componente del sistema masticatorio, al que se le denomina estacionario, por ser un hueso fijo. Está formado por hueso esponjoso en su mayoría.⁶

La porción del primer arco faríngeo llamada proceso mandibular, contiene el cartílago de Meckel que alrededor tiene tejido mesenquimático, que cuando se osifica de manera endocondral da origen a la mandíbula, este cartílago es remplazado por una extensión de osificación del hueso membranoso y participa como guía morfológica para la formación de la mandíbula embriológica. Más adelante se desarrollan centros de cartílago secundario no derivados del cartílago mandibular, se encuentran en la región condilar, proceso coronoideo, ángulo de la mandíbula y sínfisis mandibular.⁷

La mandíbula, está formada por un cuerpo y dos ramas mandibulares, apófisis coronoides (que es la porción donde se inserta el músculo temporal) y el cóndilo mandibular que se articula con la fosa mandibular ubicada en el hueso temporal (Figura 2). Presenta abundante tejido óseo compacto. Su función es la articulación con el cráneo y es lo que permitirá que tenga movimiento, es un hueso móvil que se encarga de sostener a los dientes inferiores y forma parte importante de la articulación temporomandibular.

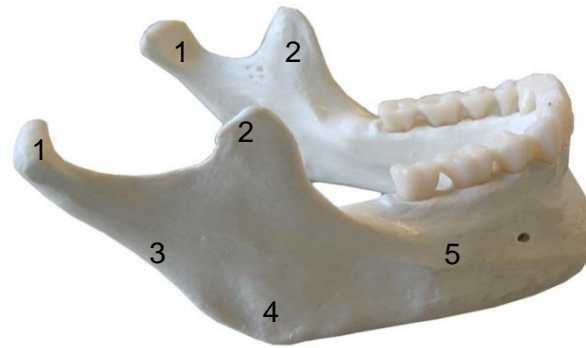


Figura 2 Componentes de la mandíbula: 1) Cóndilo mandibular. 2) Apófisis coronoides. 3) Rama mandibular. 4) Ángulo de la mandíbula. 5) Cuerpo de la mandíbula.⁵

Los huesos temporales tienen su origen del primer y segundo arcos faríngeos. Se encuentran en la parte lateral del cráneo, uno a cada lado, por debajo del hueso parietal y por detrás del ala mayor del esfenoides. Tienen tres porciones, que son: porción escamosa, mastoidea y petrosa. La porción escamosa se ubica en la parte anterior y superior de éste hueso, la porción mastoidea está por debajo y atrás del conducto auditivo externo y la porción petrosa se localiza en la base del cráneo entre el hueso esfenoides y occipital (Figura 3). La articulación de la mandíbula con el cráneo, se lleva a cabo en la base de la porción escamosa del hueso temporal.⁶

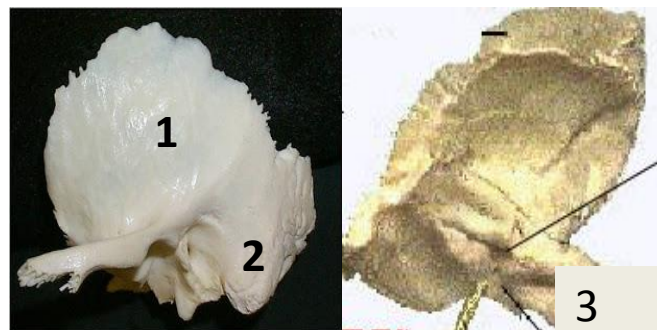


Figura 3 Hueso temporal formado por tres porciones: 1) Porción escamosa. 2) Porción mastoidea. 3) Porción petrosa.^{8,9}



1.1.2 Articulación temporomandibular

La articulación temporomandibular (ATM) es una estructura compleja del cuerpo humano y forma la unión cráneomandibular. Está formada por el cóndilo mandibular y la fosa glenoidea, es una articulación de tipo sinovial y sus superficies están cubiertas por fibrocartilago.

La ATM se origina a partir de los arcos faríngeos que están compuestos por tejido mesenquimático y aparecen en la cuarta y quinta semana del desarrollo. Contribuyen a la formación de la cara y el cuello.

De la sexta a octava semana de gestación se desarrolla el primer esbozo de lo que será la mandíbula. Se da por la diferenciación del primer arco faríngeo, que se divide en dos zonas cartilaginosas que se ubican en el margen superior e inferior (cartílago de Meckel participa como guía para el desarrollo embriológico de la mandíbula) y originan la mandíbula primitiva.

Los extremos posteriores de dichos cartílagos, se unen y forman una articulación que se conecta con el cráneo suspendiendo a la mandíbula. La ATM se origina de dos blastemas, que son condilar y glenoideo. Entre los dos blastemas aparece una capa de tejido mesodérmico, lo que formará el disco articular. La articulación se forma por completo a las 21 semanas de gestación.

El cóndilo mandibular es la estructura que se articula con el cráneo y es alrededor de la cual se produce el movimiento, que será siempre recíproco con el cóndilo del lado opuesto. La eminencia articular y la fosa mandibular, las cuales pertenecen al hueso temporal, formarán parte primordial del movimiento del cóndilo, en el cual conjuntamente interviene el disco articular (Figura 4).



Figura 4 Articulación temporomandibular.
Se puede observar el disco articular, cóndilo mandibular y tejidos retordiscales.⁵

El disco articular es una estructura formada por tejido conjuntivo fibroso y denso, el cual carece de vasos sanguíneos y fibras nerviosas. Éste será flexible durante los movimientos y sirve para separar a la fosa mandibular del hueso temporal, del cóndilo mandibular. En la región anterior superior e inferior el disco, tiene inserciones con el ligamento capsular, y por delante de ellas, se une al músculo pterigoideo lateral (Figura 5).

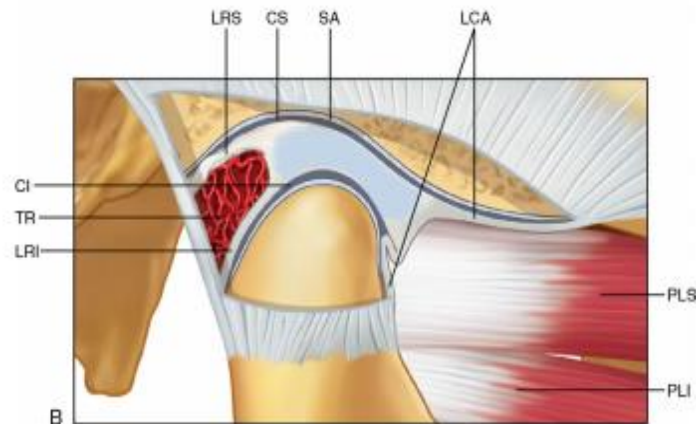


Figura 5 Articulación temporomandibular: Lámina retrodiscal superior e inferior (LRS y LRI). Cavidad articular superior e inferior (CS y CI). Superficie articular (SA). Ligamento capsular anterior (LCA). Tejidos retrodiscales (TR). Músculos pterigoideos laterales superior e inferior (PLS y PLI).⁵



La cápsula articular es una membrana que rodea a la articulación y protege a los segmentos óseos para que no se desplacen en exceso. El líquido sinovial es el lubricante de la articulación y mantiene al mínimo la fricción de los huesos durante el movimiento.

El nervio trigémino inerva a la ATM a través de las ramas del nervio auriculotemporal y nervio mandibular, además de los nervios masetero y temporal. Su vascularización es dada por la arteria superficial temporal, arteria meníngea media y arteria maxilar interna. El cóndilo se nutre a través de la arteria alveolar inferior.

La función de la ATM es permitir los movimientos de apertura y cierre de la boca, así como los movimientos de lateralidad. Su porción inferior permite los movimientos tipo bisagra, de depresión y elevación mandibular. La porción superior permite que el cóndilo de la mandíbula se proyecte hacia delante (protrusión) o hacia atrás (retrusión) en la fosa mandibular del hueso temporal. Se le considera una articulación gínglimoartrodial, cuando realiza movimientos de bisagra es gínglimoide y cuando realiza movimientos de lateralidad es artrodial.^{6,10,11}

1.1.3 Músculos de la masticación

Los músculos que participan en la masticación, por su función se pueden dividir en depresores y elevadores. Los músculos elevadores o de cierre mandibular son: músculo masetero, temporal, pterigoideo lateral y pterigoideo interno. Se encargan de contrarrestar la resistencia que opone la fuerza de gravedad y elevar el peso de la mandíbula y estructuras asociadas. Los músculos depresores o de apertura mandibular son: músculos suprahioides e infrahioides y son ayudados por la fuerza de gravedad y por el peso de las estructuras para llevar a cabo su función.¹²

Músculos elevadores

Músculo masetero: Tiene su origen en el arco cigomático y su inserción terminal en el borde inferior de la rama de la mandíbula. Es un músculo de forma rectangular, formado por dos porciones, una superficial y una profunda (Figura 6). Proporciona la fuerza para llevar a cabo la masticación. Cuando sus fibras se contraen, eleva la mandíbula. Actúa en conjunto con el músculo pterigoideo interno y el músculo temporal. Es el más grande y potente de los músculos elevadores. Está inervado por el nervio masetero, el cual deriva de la rama mandibular del quinto par craneal. Su irrigación está dada por la arteria maseterina que es una rama de la arteria maxilar.

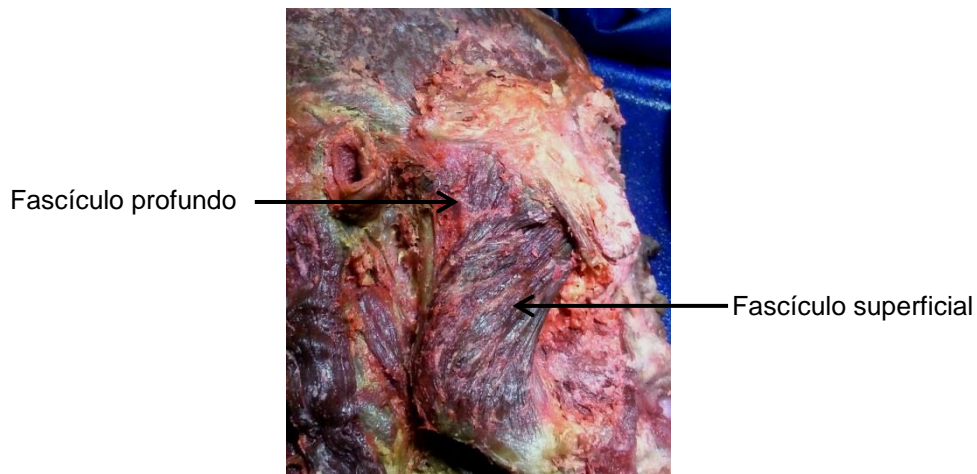


Figura 6 Músculo masetero formado por un fascículo superficial y un fascículo profundo.¹³

Músculo temporal: Su origen es en la fosa temporal (ocupa un espacio estrecho en forma de abanico sobre la superficie lateral del cráneo) y fascia temporal (aponeurosis robusta en forma de abanico que recubre al músculo temporal). Sus fibras se van a unir en el arco cigomático y se va a insertar en la apófisis coronoides y borde anterior de la rama ascendente. Es un

músculo en forma de abanico que se divide en tres porciones y cuando sus fibras se contraen la mandíbula se eleva (Figura 7). El fascículo anterior y el fascículo medio ayudan a posicionar la mandíbula cuando se hace un esfuerzo, y el fascículo posterior actúa también en la retrusión mandibular. Este músculo recibe inervación de los nervios temporales profundos, originados en el nervio mandibular. Su irrigación depende de las arterias temporales profundas.

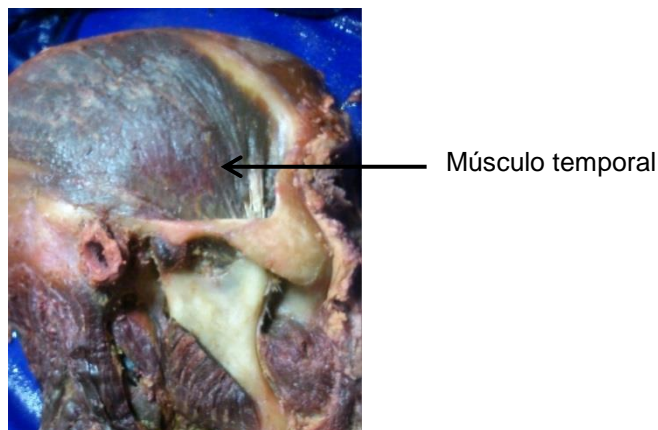


Figura 7 Músculo temporal, se origina en la fosa temporal y se inserta en la apófisis coronoides.¹³

Músculo pterigoideo medial (interno): Músculo formado por una cabeza superficial que se origina en la tuberosidad del maxilar y se inserta en la mandíbula. También tiene una cabeza profunda, la cual se origina en la superficie medial de la apófisis pterigoides y se inserta en las rugosidades de la cara interna de la mandíbula. Es un músculo cuadrangular, cuando sus fibras se contraen la mandíbula se eleva, también es activo en la protrusión de la mandíbula. Está inervado por la rama mandibular y es irrigado por las ramas pterigoideas provenientes de la arteria facial.

Músculo pterigoideo lateral: Este músculo triangular tiene dos vientres. El pterigoideo lateral superior es de mayor tamaño, se origina en la superficie infratemporal del ala mayor del esfenoides y se inserta en la cápsula

articular. El músculo pterigoideo lateral inferior tiene su origen en la superficie externa de la lámina pterigoidea lateral y se inserta en el cuello del cóndilo. El vientre superior es resistente a la fatiga lo que le permite sostener al cóndilo durante períodos prolongados. Participa en movimientos de cierre, retrusión y estabilización del cóndilo y el disco, traccionando éste último hacia delante y hacia adentro. El vientre inferior actúa en movimientos de apertura, protrusión y movimientos contralaterales mandibulares, lo que quiere decir que si sólo se contrae uno de estos músculos, ya sea izquierdo o derecho, la mandíbula hace un movimiento lateral hacia el lado contrario. Este músculo está inervado por el nervio del músculo pterigoideo lateral, rama del nervio mandibular y es irrigado por las arterias pterigoideas.^{10,11}(Figura 8)

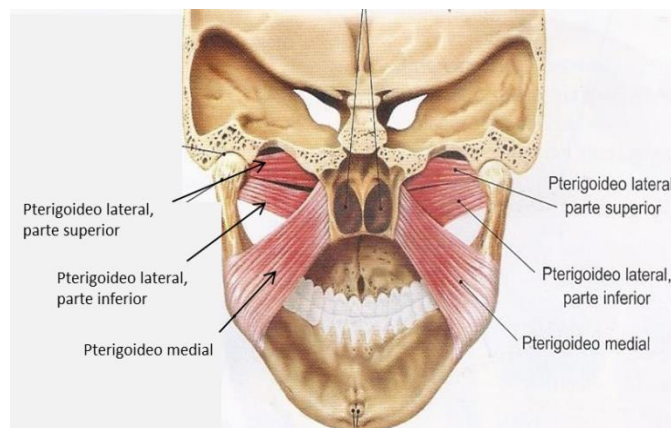


Figura 8 Músculo pterigoideo lateral superior e inferior. Músculo pterigoideo lateral.⁶

Músculos depresores o de apertura bucal

Músculo digástrico: El músculo digástrico está formado por un vientre anterior y un vientre posterior, los cuales están unidos por un tendón. El vientre anterior se origina del borde inferior de la mandíbula por la parte interna y está inervado por la rama mandibular del nervio trigémino; el vientre posterior originado en la escotadura mastoidea del hueso temporal, es



inervado por el nervio facial. Ambos vientres se insertan en el cuerpo del hueso hioides. Es el encargado de elevar al hueso hioides, cuando la mandíbula está fija, y a la laringe durante la deglución y el habla. Cuando el cuerpo del hueso hioides está fijo y en sinergia con el músculo pterigoideo lateral actúa deprimiendo la mandíbula

Músculo estilohioideo: Se origina en la apófisis estiloides del hueso temporal y se inserta en el cuerpo del hueso hioides. Está innervado por el nervio facial. Su acción es elevar el hueso hioides y llevarlo hacia atrás durante la deglución.

Músculo Milohioideo: Se origina en la superficie interna de la mandíbula y se inserta en el cuerpo del hueso hioides. Este músculo es el encargado de elevar el hueso hioides y ayuda a comprimir la lengua contra el paladar para llevar el alimento de la boca hacia la garganta. Está innervado por la rama mandibular del nervio trigémino.

El hueso hioides es el lugar de inserción de los músculos antes mencionados y contribuye en el movimiento mandibular.¹⁰ (Figura 9)

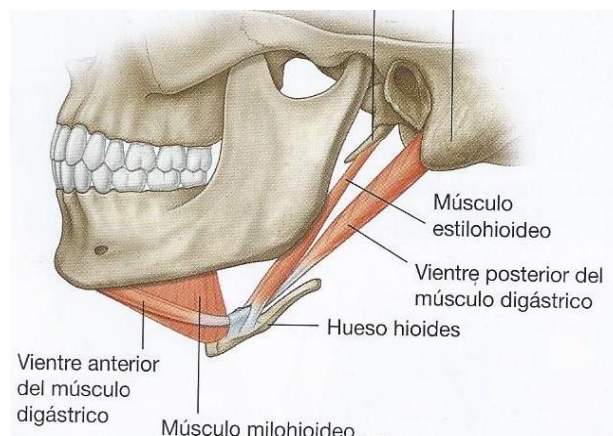


Figura 9 Músculo digástrico formado por un vientre anterior y uno posterior. Músculo milohioideo y músculo estilohioideo insertados en el hueso hioides.¹⁴

Músculo geniioideo: Se origina en la superficie interna de la mandíbula y se inserta en el cuerpo del hueso hioides (Figura 10). Su acción es elevar y llevar hacia adelante el hueso hioides y también ayuda a ensanchar las fauces, para recibir el alimento que se va a deglutir y es un depresor de la mandíbula. Lo inerva el primer nervio espinal cervical.

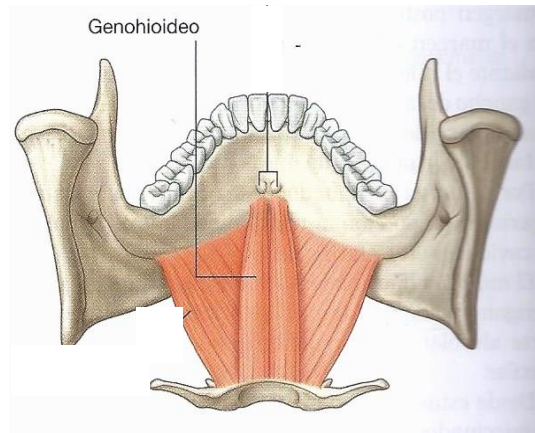


Figura 10 Músculo geniioideo.¹⁴

Músculo Omohioideo: Se origina en el borde posterior del omóplato y ligamento transversal superior y se inserta en el cuerpo del hueso hioides. Deprime el hueso hioides y está inervado por los nervios espinales C1-C3.

Músculo esternohioideo: Se origina en el extremo medial de la clavícula y el manubrio del esternón y se inserta en el cuerpo del hueso hioides. Se encarga de deprimir al hueso hioides y lo inervan los nervios espinales C1-C3.

Músculo Esternotiroideo: Se origina en el manubrio del esternón y se inserta en el cartílago tiroideo de la laringe. Es el encargado de deprimir el cartílago tiroideo de la laringe y está inervado por las ramas de los nervios espinales C1-C3.



Músculo Tirohioideo: Se origina en el cartílago tiroides y se inserta en el asta mayor del hueso hioides. Se encarga de deprimir al hueso hioides, eleva al cartílago tiroides. Lo inervan los ramos de los nervios espinales C1-C2 y nervio hipogloso descendente.¹⁰

1.1.4 Ligamentos

Los ligamentos actúan como protección de las estructuras, están compuestos por fibras de tejido conjuntivo colágeno. Tienen una longitud concreta y no son distensibles, pero se pueden estirar si se les aplica fuerza, ya sea bruscamente o por un período de tiempo prolongado. Los ligamentos no intervienen en la función articular, sólo limitan pasivamente y restringen el movimiento.⁵

Ligamentos colaterales: Llamados ligamentos discales y son dos, estos limitan el movimiento de alejamiento del disco respecto al cóndilo, lo que quiere decir, que el disco se va a mover pasivamente junto con el cóndilo. El ligamento discal medial fija el borde medial del disco al polo medial del cóndilo. Y el ligamento discal lateral fija el borde lateral del disco al polo lateral del cóndilo (Figura 11). Permiten una rotación del disco articular en un sentido anteroposterior y son responsables del movimiento de bisagra.

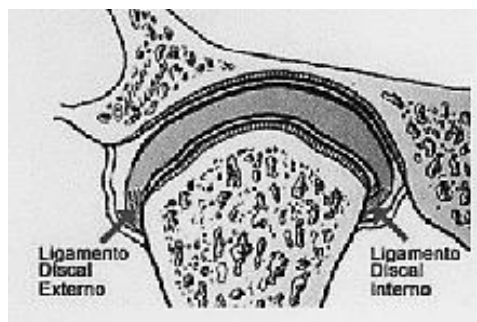


Figura 11 Ligamentos colaterales: ligamento discal interno y ligamento discal externo.¹⁵

Ligamento capsular: Este ligamento rodea toda la articulación temporomandibular y sus fibras se insertan en la parte superior en el hueso temporal y en la parte inferior se unen al cuello del cóndilo (Figura 12). Retiene líquido sinovial (lubricante de la articulación) y opone resistencia cuando se presenta una fuerza que intenta luxar (pérdida de contacto de las superficies articulares) la articulación.⁵

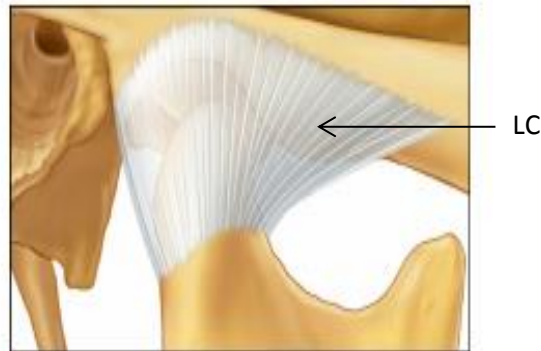


Figura 12 Ligamento capsular (LC) envuelve toda la articulación temporomandibular.

Ligamento temporomandibular: Tiene una porción oblicua externa, la cual limita la amplitud de apertura de la boca. La porción horizontal interna limita al movimiento hacia atrás; tanto del cóndilo como del disco, se mantiene en un estado intermedio entre tenso y relajado, por lo que no restringe el movimiento pero le da estabilidad a la articulación (Figura 13).⁵

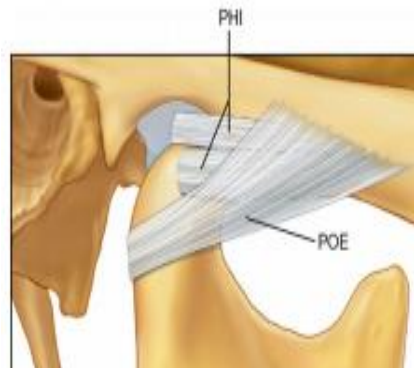


Figura 13 Ligamento temporomandibular formado por dos porciones: Porción oblicua externa (POE). Porción horizontal interna (PHI).

Ligamento estilomandibular: Es un ligamento accesorio, se origina en la apófisis estiloides, se extiende hasta el ángulo y borde posterior de la rama mandibular (Figura 14). Limita los movimientos de protrusión excesiva.^{8,12}

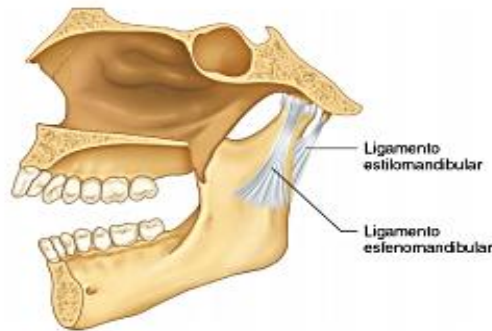


Figura 14 Ligamento estilomandibular limita los movimientos de protrusión.⁵

1.1.5 Dientes

Alrededor de la sexta semana de desarrollo embrionario, la capa basal origina la lámina dental a lo largo de los maxilares superior e inferior, ésta da origen a los esbozos de los dientes temporales, lo que se conoce como etapa de yema, después en la siguiente etapa llamada de casquete quedan diferenciadas estructuras como el órgano dental epitelial, la papila dental y el saco dental, responsables de la formación de todos los tejidos del diente y del tejido periodontal. La superficie profunda de los brotes se invagina y se llega al período de caperuza del desarrollo dentario, la cual consiste en una capa de epitelio dental externo y una capa de epitelio dental interno.

Cuando la caperuza dental crece, adopta el aspecto de campana, en éste período las células mesenquimáticas se diferencian en odontoblastos, los que más adelante producen la dentina. Las células restantes de la papila dental forman la pulpa del diente originadas del mesénquima de la cresta neural.

Las células del epitelio dental externo se diferencian en ameloblastos que formaran el esmalte. La capa de contacto entre las capas de esmalte y dentina se denomina unión amelodentinaria. La formación de la raíz se da cuando las células epiteliales penetran en el mesénquima y forman la vaina radicular epitelial. Las células de la papila dental depositan capas de dentina, a medida que esto ocurre la cámara pulpar se estrecha y forma el conducto por el que pasan los nervios y vasos sanguíneos del diente.

Las células mesenquimáticas que se encuentran fuera del diente y en contacto con la dentina de la raíz, se diferencian en cementoblastos, que producen cemento y por fuera de esta capa se origina el ligamento periodontal, que mantiene a los dientes en su posición (Figura 15). Los esbozos de los dientes permanentes están situados en la cara lingual de los dientes temporales y se forman durante el tercer mes de vida intrauterina.⁴

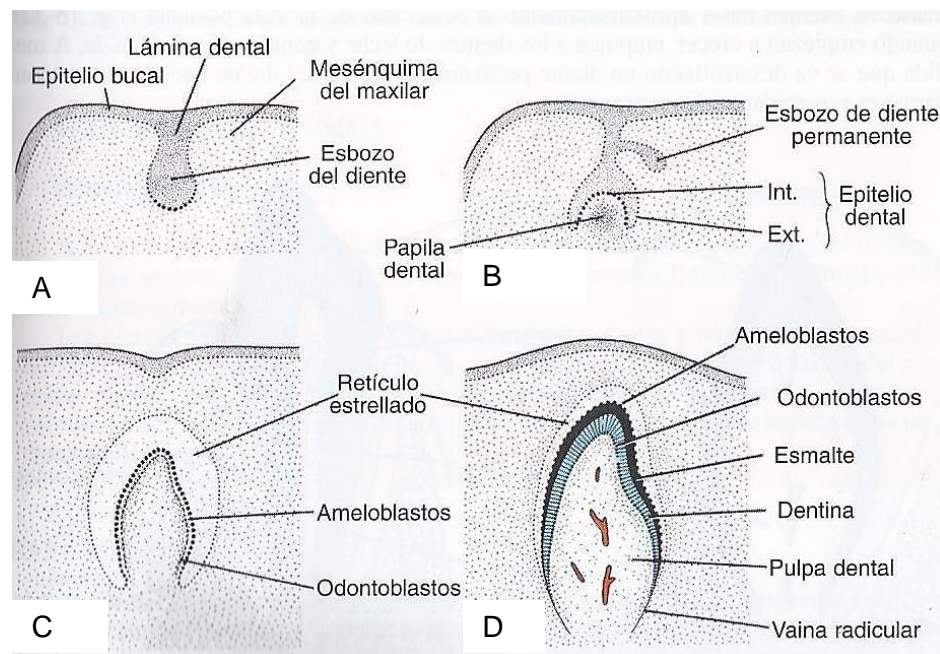


Figura 15 Formación del diente en etapas sucesivas de desarrollo.
A) Formación de la lámina dental. B) Epitelio dental interno y externo.
C) Período de campana. D) Formación de esmalte, dentina y pulpa.



Se denomina dentición al desarrollo de los dientes y su disposición en la boca. Los dientes son un componente del sistema masticatorio. Están insertados en el proceso maxilar y mandibular. El ligamento periodontal es una membrana de constitución fibrosa, que contiene propioceptores, su función es insertar el diente en el alvéolo, darle cierta capacidad de movimiento y distribuir la fuerza de la masticación.

La dentadura de un adulto está formada por 32 dientes, los cuales se dividen según su función en: incisivos, caninos, premolares y molares. La dentadura temporal está formada por 20 dientes y carece de premolares.⁽¹⁰⁾

Incisivos: Son cuatro en el maxilar y cuatro en la mandíbula. Su corona es convexa en la cara vestibular y cóncava en la cara palatina/lingual. Su principal función es cortar o incidir.

Caninos: Son dos en el maxilar y dos en la mandíbula. Situados lateralmente a los incisivos. Su corona tiene una cúspide, lo que hace que su función sea desgarrar. Tiene una raíz única, voluminosa, que forma una protuberancia ósea.

Premolares: Son cuatro en el maxilar y cuatro en mandíbula. Su corona es gruesa, cuadrangular y tiene dos cúspides. Su función es triturar el alimento, antes de que pase a los molares.

Molares: Son seis en el maxilar y seis en la mandíbula. Tienen forma cuboide, con cuatro o cinco tubérculos, raíces múltiples. Su función es triturar por completo el alimento, para poder continuar con la deglución.¹⁶(Figura 16)

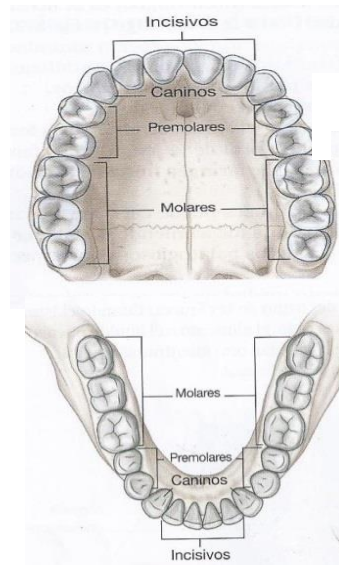


Figura 16 Dientes permanentes: incisivos, caninos, premolares y molares superiores e inferiores.¹⁴

Histológicamente encontramos cuatro estructuras diferentes que constituyen al diente: esmalte, dentina, cemento y pulpa.

Esmalte

Los dientes están compuestos por varias capas de tejidos especializados. El esmalte es el tejido con más dureza de todo el organismo, mineralizado y acelular, en su mayor parte está compuesto por material inorgánico, hidroxapatita cálcica 95%, sustancia inorgánica 1.8% y agua 3.2%. Su grosor varía, según la posición que ocupe en el diente. Aunque es un tejido inerte, es permeable. La corona se halla cubierta por esmalte. Existe la corona anatómica: que es la parte del diente cubierta por esmalte y termina en la unión cemento-esmalte. La corona clínica es la parte visible del diente. El cuello del diente, es la parte intermedia entre la corona y la raíz, donde se fija la encía. El cuello anatómico es donde están en relación el esmalte de la corona y el cemento de la raíz.^{10,12}(Figura 17)

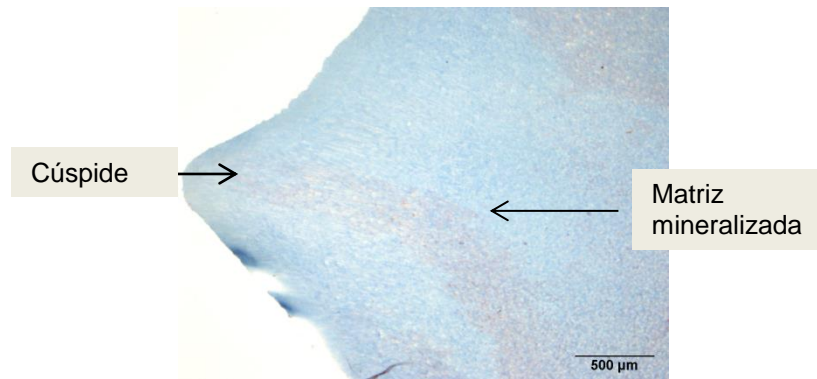


Figura 17 Esmalte en proceso de formación. Tinción tricrómico de Masson. FUENTE: DIRECTA

Dentina

La dentina es tejido conectivo especializado, la cual soporta al esmalte y compensa su fragilidad. Tiene una fase orgánica compuesta por colágeno tipo I y una fase inorgánica que forma en su mayoría a la dentina y está formada por hidroxapatita. El resto del tejido está compuesto por agua (10-12%). Histológicamente está formada por túbulos dentinarios y matriz intertubular.¹⁷(Figura 18)

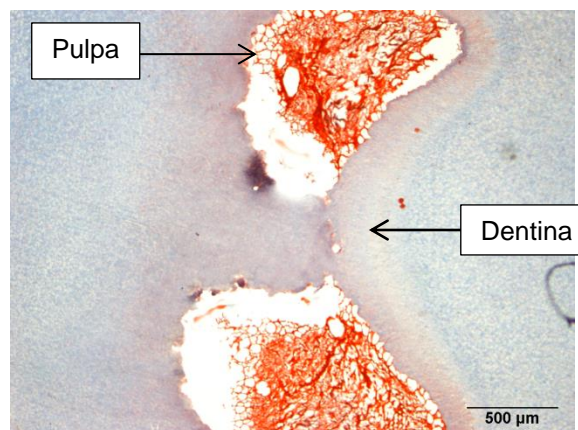


Figura 18 Dentina y pulpa en proceso de formación. Tinción tricrómico de Masson. FUENTE: DIRECTA



Cemento

Es sintetizado por los cementoblastos, el 65% de su composición son minerales. Es el lugar donde hay mayor actividad funcional, el diente recibe presiones más fuertes y por lo tanto se produce más cemento. Es menos permeable que la dentina y posee células en su porción apical, lo que sirve como vía nutricia adicional al diente. Existen dos tipos de cemento: acelular, el cual se deposita antes de que el diente erupcione y se encuentra en el tercio cervical radicular o puede cubrir toda la raíz, y el cemento celular, que se deposita cuando el diente entra en oclusión, se localiza en el tercio medio y apical, éste se sigue formando durante toda la vida del diente y compensa el desgaste oclusal.^{10,18,19}

Pulpa

Es un tejido conectivo laxo especializado rico en proteínas, en su mayor parte colágeno tipo I. Se compone de células, fibras, matriz fundamental amorfa, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos. Tiene un 75% de agua y un 25% de sustancia orgánica. Su principal función es formar y sustentar a la dentina. La cavidad pulpar reduce su tamaño con el paso del tiempo, debido a que hay una formación de dentina secundaria. La pulpa contiene fibras nociceptivas que salen por el agujero apical y ante estímulos irritantes pueden provocar una reacción dolorosa. Entre sus funciones se encuentra la nutrición, la inervación y la defensa inmunológica del órgano dentario, además de que participa en la dentinogénesis.^{12,20}

La raíz es la parte del diente, que está cubierta por cemento y alojada en el alvéolo. Tiene forma cónica, una base, cuerpo y vértice. Puede ser única o múltiple, y es de color amarillento con una superficie rugosa. En ella se encuentra alojada la pulpa radicular que en el ápice recibe el aporte sanguíneo.^{21,22}(Figura 19)

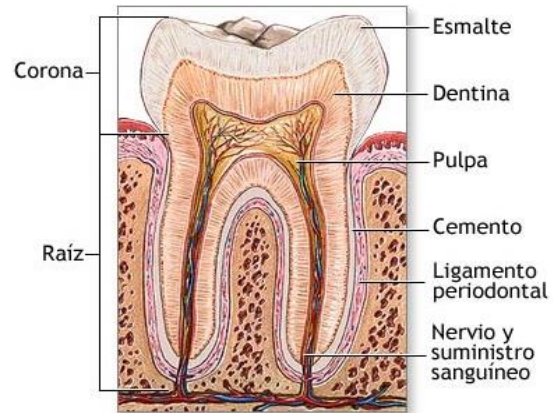


Figura 19 Estructura interna del diente.²³



CAPÍTULO 2. COMPLEJO NEUROMUSCULAR

El complejo neuromuscular está formado por la unión del sistema nervioso y el sistema muscular, formando uniones neuromusculares. Para conocer el funcionamiento de dicho complejo es necesario saber el funcionamiento de estos sistemas, lo cual se describe a continuación.

El sistema nervioso es un conjunto de órganos, que está formado por neuronas, las cuales se comunican entre sí y generan impulsos nerviosos. Posee diversas estructuras, como órganos sensoriales (ojos, oídos, etc.), centros nerviosos de asociación (como médula espinal, cerebro, etc.) y nervios. Se origina a partir del ectodermo del embrión.^{24,25}

Nuestro sistema nervioso regula las actividades del cuerpo, respondiendo ante los impulsos nerviosos con rapidez. También se encarga de las percepciones, conductas, recuerdos y de realizar los movimientos voluntarios.

Función sensitiva: Los receptores sensitivos detectan impulsos internos y externos y la información es llevada al encéfalo y a la médula espinal.

Función integradora: Se procesa la información obtenida y se envía la respuesta requerida, siendo la adecuada al estímulo.

Función motora: Se puede generar una respuesta motora por medio de la activación de efectores, los cuales estimulan algún músculo o glándula.

2.1 Células del sistema nervioso

2.1.1 Neuronas

Es la unidad estructural elemental del sistema nervioso. Está formada por un cuerpo neuronal y prolongaciones protoplasmáticas, llamadas dendritas y



axones. Los cuerpos neuronales que están en la médula espinal, forman la sustancia gris del sistema nervioso central y no están cubiertos por mielina (aislante eléctrico del axón), mientras que los axones mielinizados se encuentran en la sustancia blanca. Los cuerpos celulares que se encuentran fuera del sistema nervioso central, se agrupan en ganglios.

Las neuronas poseen excitabilidad eléctrica, lo que quiere decir, que responden ante un estímulo y lo convierten en un potencial de acción, el cual es una señal eléctrica que va a viajar a lo largo del axón, que es la prolongación del cuerpo neuronal.

El cuerpo celular (pericarion o soma) de la neurona contiene al núcleo, a los cuerpos de Nissl que son ribosomas libres y retículo endoplasmático rugoso. La función del soma es reemplazar los componentes celulares envejecidos o atrofiados que se utilizan durante el crecimiento de las neuronas y participan en la reparación de axones dañados. Las neurofibrillas son filamentos intermedios que dan soporte a la célula. (Figura 20)

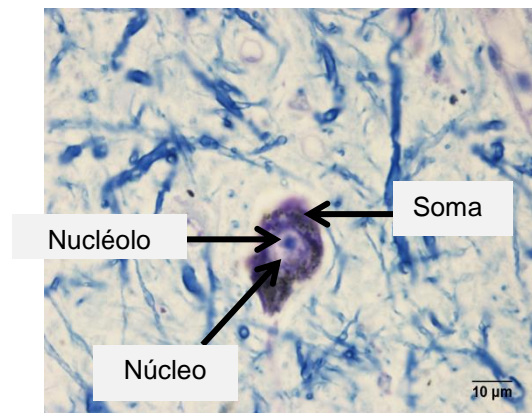


Figura 20 Estructura de una neurona localizada en mesencéfalo. Tinción de Nissl. FUENTE DIRECTA

La fibra nerviosa es una prolongación que sale del cuerpo de la neurona y puede ser de dos tipos: dendritas y axón. Las dendritas son la parte receptora de la neurona, aparece con ramificaciones cortas y se extienden desde el cuerpo celular. El axón, es una extensión larga del citoplasma unida al cuerpo celular, forma la parte conductora de la neurona.

Las neuronas se pueden clasificar según su estructura en:

Neuronas multipolares: Tienen muchas dendritas y un axón. Frecuentemente son las que se encuentran en encéfalo y médula espinal, son ejemplo de ellas, las neuronas motoras.

Neuronas bipolares: Está constituida por una dendrita principal y un axón, se encuentran en la retina, oído interno y área olfatoria del encéfalo.

Neuronas unipolares: Formada por dendritas y un axón que se fusionan y forman una prolongación continua (Figura 21).¹⁰

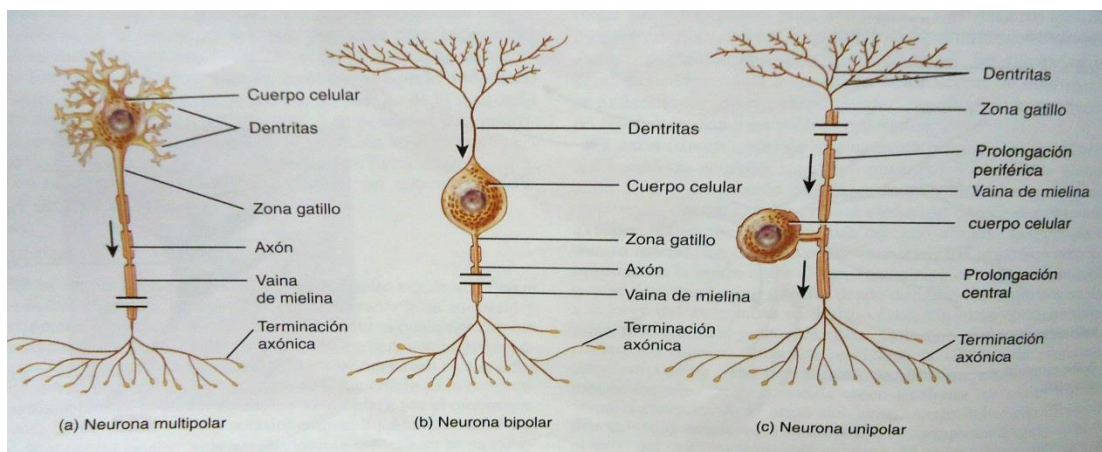


Figura 21 Clasificación de neuronas según su estructura: (a) Neurona multipolar. (b) Neurona bipolar. (c) Neurona unipolar.



Su clasificación funcional es:

Neurona sensitiva o aferente: Es la que va a conducir el impulso hacia el sistema nervioso.

Neurona motora o eferente: Es la que va a conducir el impulso periféricamente, es decir, fuera del sistema nervioso central y hacia efectores como músculos o glándulas. Estas neuronas van a transmitir impulsos nerviosos, para producir efectos musculares o secretorios.

Neurona primaria o de primer orden: Es la primera neurona sensitiva.

Interneuronas: Son las que se encuentran dentro del sistema nervioso central. También llamadas de segundo orden, que son todas aquellas que reciben impulsos de fibras aferentes primarias y hacen sinapsis con neuronas de tercer orden.¹⁰

2.1.2 Células de la neuroglia

Son células asistentes de las neuronas, es decir, que dependen de ellas para funcionar. Sus funciones son: proteger y nutrir al sistema nervioso, sostener al tejido nervioso y unirlo a otras estructuras, ayudar en la restauración de células, actúan como fagocitos para remover patógenos y regular la composición de líquidos localizados alrededor de las células.

Se encuentran en el sistema nervioso central (SNC) y en el sistema nervioso periférico (SNP). Se puede dividir en neuroglia central, que se desarrolla a partir del tubo neural, y neuroglia periférica que tiene su origen en las crestas neurales. A la neuroglia central pertenecen los astrocitos, oligodendrocitos y células microgliales. A la neuroglia periférica pertenecen las células endoteliales y células de Schwann. (Figura 22)

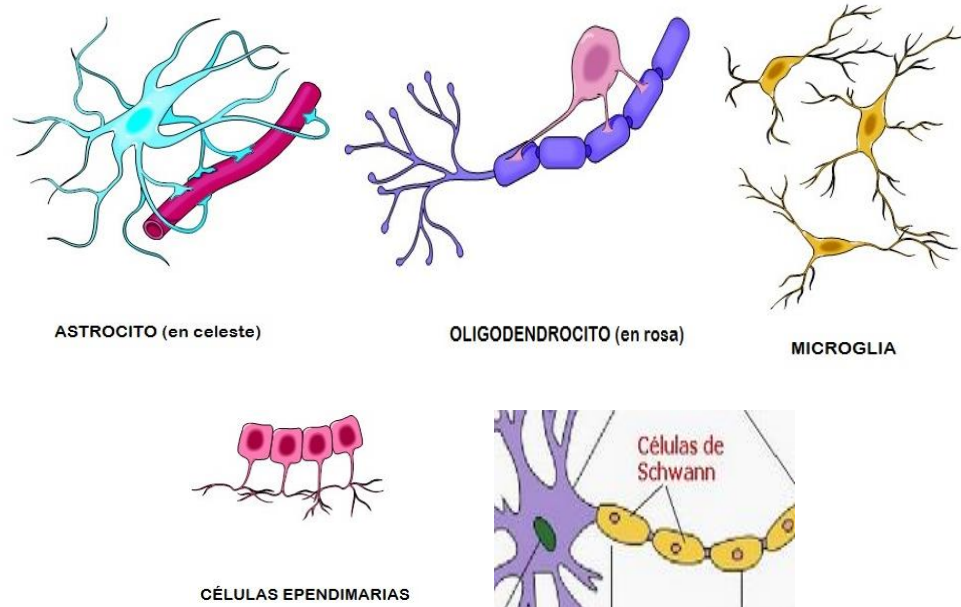


Figura 22 Células de la neuroglia.²⁶

Astroцитos: Son células de la neuroglia del sistema nervioso central, con forma estrellada, comunicadas por nexos y pueden ser: protoplasmáticos y fibrosos. Los protoplasmáticos están en la sustancia gris del sistema nervioso central. Los astrocitos fibrosos se encuentran en la sustancia blanca del sistema nervioso central (Figura 23). Ambos proporcionan sostén, son aislantes eléctricos, limitan la diseminación de neurotransmisores, almacenan glucógeno y tiene función fagocítica (mecanismo de defensa que evita la propagación de agentes infecciosos).

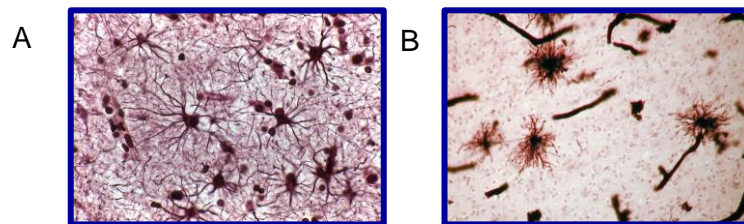


Figura 23 A) Astrocitos fibrosos con núcleo alargado y prolongaciones largas. B) Astrocitos protoplasmáticos con núcleo alargado y prolongaciones cortas pero abundantes.²⁷

Oligodendrocitos: Son más pequeños que los astrocitos y tienen menos ramificaciones, forman la mielina que recubre los axones neuronales, facilitan la rapidez de la propagación de los impulsos nerviosos. (Figura 24)

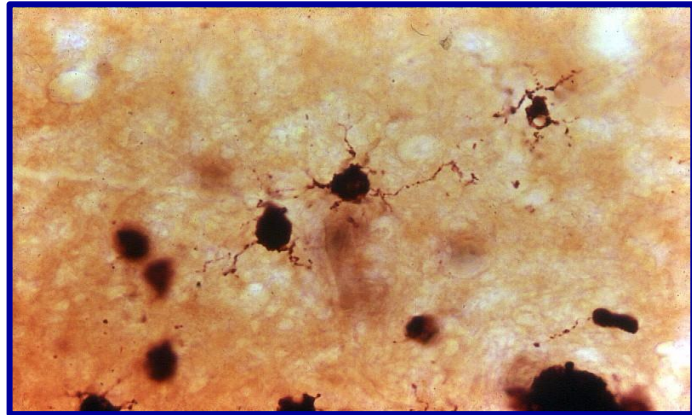


Figura 24 Oligodendrocitos con núcleo circular, prolongaciones cortas y en menor cantidad.²⁷

Células microgliales: Son células pequeñas, de forma variable, que se encuentran en todo el sistema nervioso central. Tiene capacidad de fagocitosis en presencia de lesiones encefálicas. (Figura 25)

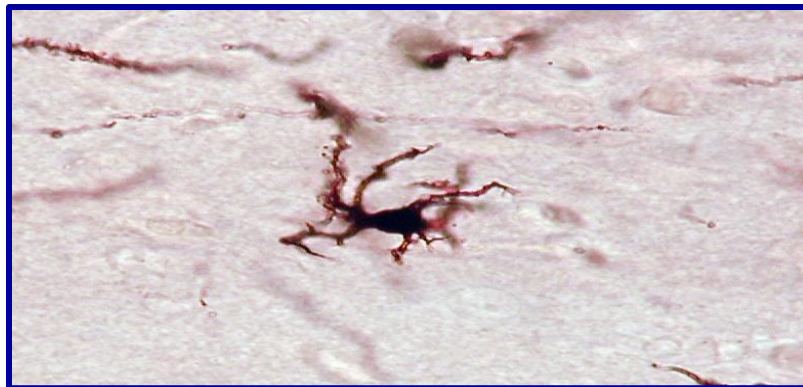


Figura 25 Microglia con núcleo circular, prolongaciones largas.²⁷

Células ependimarias: Se encuentran en los ventrículos encefálicos y en el conducto central de la médula espinal. Contienen al líquido cefalorraquídeo y le permiten que se comunique con el medio intercelular.

Células de Schwann: Rodean a los axones del sistema nervioso periférico y forman la vaina de mielina (actúa como un aislante eléctrico del axón y aumenta la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos) que los envuelve. Sólo puede mielinizar a un único axón.²⁸

Señales eléctricas en las neuronas

La sinapsis nerviosa es la región en la que se comunican dos neuronas o bien una neurona y una célula efectora como una célula muscular o glandular. Una neurona presináptica es una célula nerviosa que transporta un impulso a la sinapsis y la célula postsináptica es la que recibe la señal, ésta puede ser una neurona postsináptica que transmite el impulso lejos de la sinapsis o una célula efectora que responde al impulso en la sinapsis. (Figura 26)

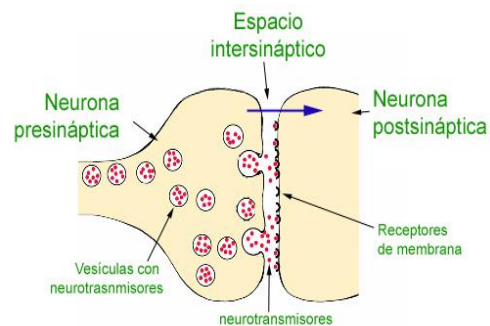


Figura 26 Sinapsis entre una neurona presináptica y una neurona postsináptica.²⁹

En la sinapsis eléctrica, los potenciales de acción (impulsos) se transmiten entre las membranas plasmáticas de células, a través de uniones comunicantes o en hendidura, estas contienen conductos para conectar una célula con otra y así propagar el impulso. Tienen una comunicación más rápida, ya que el potencial de acción pasa directamente de una célula presináptica a una célula postsináptica. Pueden sincronizar la actividad de un grupo de neuronas o fibras musculares si es que están interconectadas por uniones en hendidura. (Figura 27)

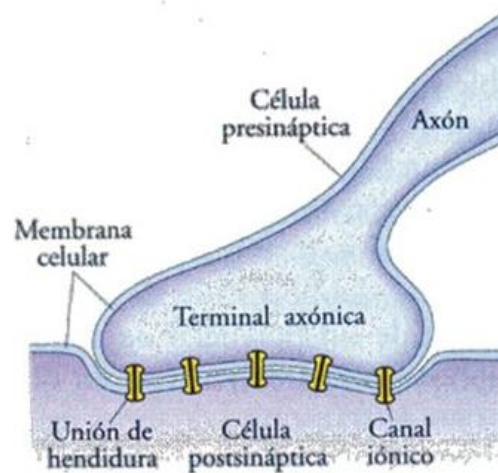


Figura 27 Sinapsis eléctrica: no hay presencia de neurotransmisores y los canales iónicos permiten pasar directamente el impulso eléctrico.³⁰

En una sinapsis química las neuronas presináptica y postsináptica no se tocan, están separadas por la hendidura sináptica, que es un espacio lleno de líquido intersticial. En respuesta a un impulso nervioso, la neurona presináptica libera un neurotransmisor, que se une a receptores específicos en la membrana plasmática de la neurona postsináptica, esta neurona recibe una señal química y genera una señal eléctrica como respuesta.¹⁰(Figura 28)

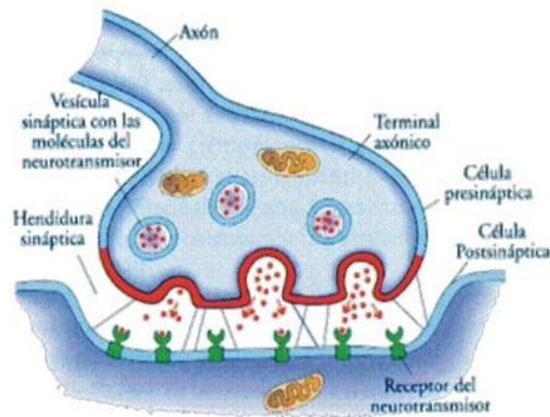


Figura 28 Sinapsis química: ocurre por medio de neurotransmisores y de forma lenta.³⁰

2.2 Organización del sistema nervioso

El sistema nervioso se divide principalmente en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP), a su vez éste último se subdivide en sistema nervioso somático (SNS) y sistema nervioso autónomo (SNA).

Para que se dé la formación del sistema nervioso, ocurren varias etapas: gastrulación, neuralización, formación de vesículas primarias y secundarias y organización del tubo neural.

Gastrulación y diferenciación de células progenitoras neuronales

Ocurre en la tercera semana de gestación, cuando el embrión forma una estructura de tres capas que se denominan ectodermo, mesodermo y endodermo. En esta etapa se establece la placa neural, que es un engrosamiento del ectodermo y representa el comienzo del desarrollo del sistema nervioso.



Neuralización

Se produce al final de la tercera semana de gestación y es cuando la placa neural sufre cambios que darán origen al tubo neural. Se segmenta el ectodermo en tres grupos celulares, el ectodermo neural o neuroectodermo que va directo al tubo neural, el ectodermo no neural que cubre al tubo neural y las células de la cresta neural.

El tubo neural se cierra y se da el desprendimiento y la migración de las células de la cresta neural. Los neuroporos anterior y posterior, son los extremos abiertos del tubo neural, cuando estos han cerrado, lo cual ocurre aproximadamente entre el día 26 y 28 de gestación respectivamente, el tubo neural se aprecia como un tubo cerrado que está separado del ectodermo superficial.

Formación de vesículas primarias y secundarias

Cuando el cierre del tubo va a finalizar, ocurre un cambio en su extremo anterior y se originan las vesículas primarias, las cuales serán conocidas como: cerebro anterior o prosencéfalo, cerebro medio o mesencéfalo y cerebro posterior o romboencéfalo, las cuales están separadas por constricciones.

El tubo neural que resta se convierte en la médula espinal. Al cerrarse el neuroporo posterior, las vesículas ópticas se extienden a cada lado del prosencéfalo, específicamente en el diencéfalo. El prosencéfalo (cerebro anterior) se divide a su vez en dos vesículas secundarias: una anterior llamada telencéfalo que forma los hemisferios cerebrales y ventrículos laterales. Otra posterior llamada diencéfalo forma las regiones talámicas e hipotálamicas y un tercer ventrículo. El mesencéfalo (cerebro medio) no se va a dividir y origina el acueducto cerebral. (Figura 29)

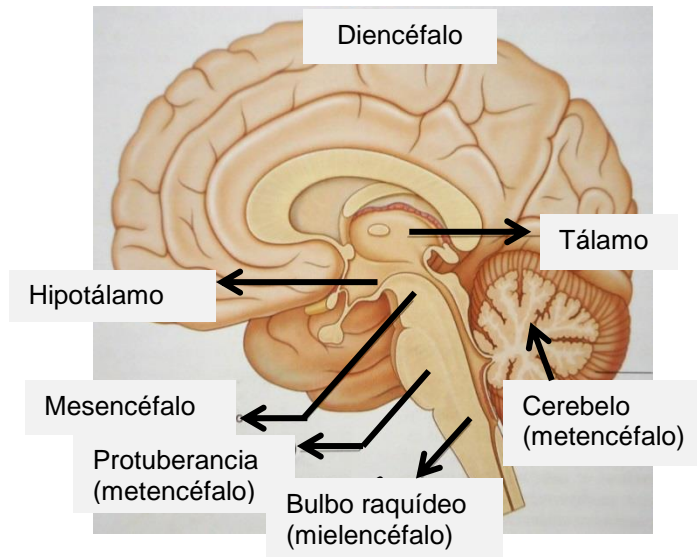


Figura 29 Componentes del SNC.⁶

Organización del tubo neural

La parte dorsal del tubo neural desarrolla neuronas sensoriales y la parte ventral origina neuronas motoras. El tubo neural es una capa de epitelio neurogerminal, el cual está compuesto por células madre neurales. Estas células se dividen y migran del tubo neural, se diferencian en neuronas o células gliales y constituyen el sistema nervioso periférico.

Las neuronas se conectan entre ellas y sus axones quedan fuera del lumen del tubo, las células gliales cubren los axones con vainas de mielina, lo que da apariencia blancuzca. Por esto, la zona intermedia que tiene cuerpos neuronales es llamada materia gris y la materia blanca será la capa marginal axonal.

La zona intermedia adquiere una forma de mariposa rodeada de materia blanca. En el cerebelo hay precursores de neuronas, los cuales van a entrar



en la zona marginal y formaran núcleos que funcionan como una estación de paso entre capas del cerebelo y partes del cerebro.

Las placodas son engrosamientos de tejido ectodérmico craneal y según su posición adquieren una identidad específica. Pueden ser sensoriales que contribuyen a la formación de ojos, sistema acústico-lateral y órganos olfatorios o pueden ser neurogénicas, que forman neuronas sensoriales en los pares craneales.²⁵

2.2.1 Sistema nervioso central

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y médula espinal, los cuales a su vez tienen otros componentes, que se describen a continuación.

Meninges: El cráneo y las meninges rodean y brindan protección al encéfalo. Es tejido conectivo que rodea al sistema nervioso central, se divide en paquimeninge y leptomeninges.

Paquimeninge: La parte más gruesa y externa es la duramadre, que forma un tubo que se extiende desde la segunda vértebra sacra hasta el agujero magno de la base del cráneo y se continúa con la duramadre que rodea al encéfalo.

Leptomeninges: La aracnoides se fija en la parte interna de la duramadre y forma el espacio subaracnoideo lleno de líquido. La piamadre es la meninge más interna y se adhiere a la superficie de la médula espinal.³¹

Encéfalo: Es el centro de control ubicado en la cavidad craneal donde se registran las sensaciones, se almacena información y se generan acciones. Dirige nuestro comportamiento hacia los demás, ya que es el centro del intelecto, emociones y memoria. También participa en actividades motoras,

regulación de funciones viscerales, endócrinas y somáticas. Se divide en: telencéfalo (cerebro), diencefalo, mesencéfalo, metencéfalo y mielencéfalo. (Figura 30)

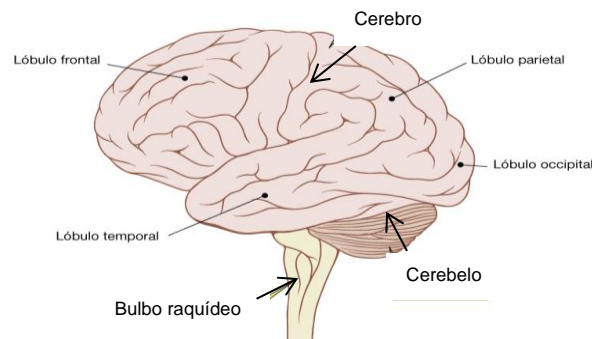


Figura 30 Estructura del encéfalo: integrado por el cerebro, bulbo raquídeo y cerebelo.³²

Telencéfalo (cerebro): Es el órgano que tiene funciones como pensar y actuar, está constituido por neuronas y células gliales, contiene miles de neuronas. Se encuentra rodeado por el cráneo e inmerso en líquido cefalorraquídeo compuesto principalmente por agua, protege al encéfalo y médula espinal de daños físicos y químicos. También se encarga del transportar oxígeno y glucosa desde la sangre a las neuronas y neuroglia. Se compone de dos hemisferios que se encuentran separados por una fisura longitudinal que lo divide en lóbulos.

Corteza cerebral: Es una región de sustancia gris que forma el borde externo del cerebro, sus neuronas están dispuestas en capas; su fisura longitudinal divide el cerebro en hemisferio derecho e izquierdo, que se conectan por medio del cuerpo calloso que es sustancia blanca que contiene axones que van de un hemisferio a otro. Tiene distintas áreas, las cuales son auditivas, de comprensión de lenguaje, motoras y visuales. (Figura 31)

Áreas auditivas: Ubicadas en el lóbulo temporal, detecta sonidos del ambiente y los interpreta.

Área de comprensión del lenguaje: Reconoce la voz e interpreta las palabras.

Áreas motoras: Situadas en la parte anterior e inferior de la corteza motora del lóbulo frontal, se encargan de la comunicación verbal y escrita.

Áreas visuales: Se ubica en la cara anterior de la corteza receptora y se encarga de recibir las imágenes visuales del lenguaje.

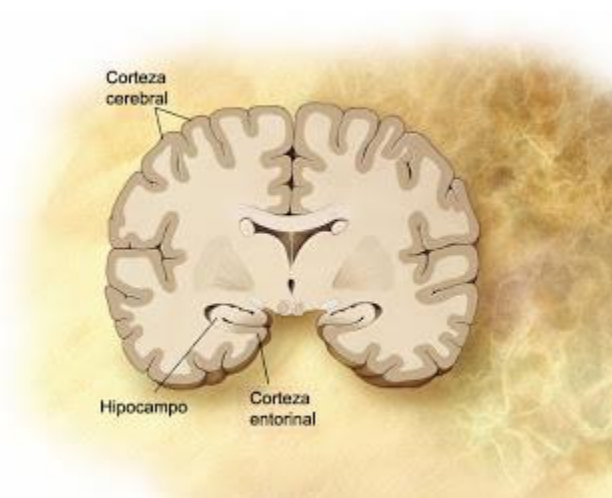


Figura 31 Corteza cerebral, tejido nervioso que cubre los hemisferios cerebrales.³²

Diencefalo: Está integrado por el tálamo e hipotálamo, se considera la parte más rostral del tronco encefálico.

Tálamo: Forma el 80% del diencefalo, tiene axones que lo conectan con la corteza cerebral, a él llegan la mayoría de los impulsos sensitivos y también contribuye en las funciones motoras, ya que, transmite la información desde el cerebelo y núcleos basales al área motora primaria de la corteza. Cumple la función en el mantenimiento de la conciencia.

Hipotálamo: Se encuentra por debajo del tálamo y también forma parte del diencefalo, se encarga de controlar funciones orgánicas y regula la homeostasis, emociones, conducta, ingesta de alimentos y agua, temperatura corporal y produce hormonas. (Figura 32)

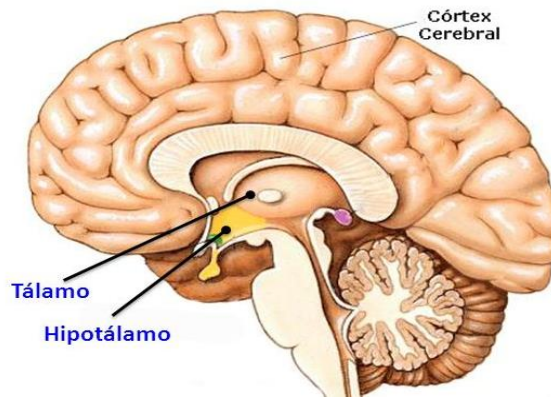


Figura 32 División del diencefalo:
tálamo e hipotálamo.³³

Tronco del encéfalo: Es la zona entre la médula espinal y el diencefalo, formada por el mesencéfalo, protuberancia (puente) y bulbo raquídeo. En él se encuentra la formación reticular, que contiene sustancia gris y sustancia blanca en forma de red. (Figura 33)

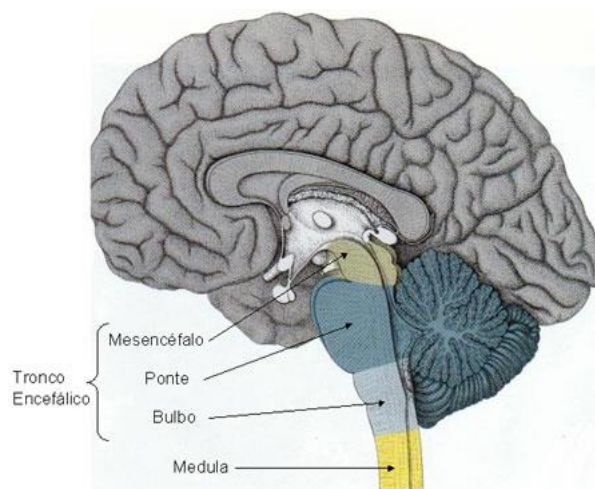


Figura 33 Tronco del encéfalo, formado por el mesencéfalo, protuberancia y bulbo raquídeo.¹⁴



Mesencéfalo: Es la primera región del tronco encefálico. Conduce impulsos motores desde la corteza cerebral al puente troncoencefálico.

Protuberancia (metencéfalo): Puente que se encuentra por encima del bulbo y por delante del cerebelo. Contiene núcleos y conecta al encéfalo. Tiene una región ventral, que está formada por núcleos pontinos y son importantes en la transmisión sináptica, lo que ayuda a coordinar las eferencias motoras voluntarias del cuerpo. Su región dorsal contiene tractos descendentes y ascendentes, y los núcleos de los nervios craneales.

Cerebelo: Ubicado en la región posterior e inferior de la cavidad craneal, forma una décima parte de la masa encefálica, lo forman neuronas del encéfalo. Se encuentra detrás del bulbo y la protuberancia. Tiene una capa superficial, llamada corteza cerebelosa; en su parte más profunda se encuentran tractos de sustancia blanca que forma el árbol de la vida. Su función es evaluar el movimiento iniciado por las áreas motoras del cerebro. Si se presenta alguna falla, el cerebelo la detecta y envía señales de retroalimentación a las áreas de la corteza, a través de sus conexiones con el tálamo, lo que permite corregir el error y coordinar las secuencias de contracciones musculares.

Bulbo raquídeo (mielencéfalo): Forma la parte inferior del tronco del encéfalo. La sustancia blanca contiene tractos sensitivos (ascendentes) y motores (descendentes). Esta sustancia forma abultamientos conocidos como pirámides, las cuales están formadas por tractos corticoespinales que controlan movimientos voluntarios de las extremidades y del tronco. Los axones de la pirámide izquierda cruzan a la derecha y viceversa, este entrecruzamiento se conoce como decusación de las pirámides, esto explica porque cada mitad del encéfalo controla la mitad opuesta del cuerpo. Los núcleos del bulbo regulan actividades vitales, ejemplos de estos son, centro cardiovascular, centro respiratorio, también se controlan reflejos como

vómito, deglución, tos, hipo y estornudo. El bulbo también tiene núcleos, que son componentes de las vías sensitivas para la audición, gusto y equilibrio.⁶

10 25

Médula espinal: Es el cordón nervioso que lleva órdenes del cerebro al resto del cuerpo y viceversa. Termina antes del final del canal vertebral y se prolonga en una cadena de tejido, donde se generan células gliales y melanocitos. Tiene la función de propagar los impulsos nerviosos (en los tractos de sustancia blanca) e integrar la información (sustancia gris).³⁴(Figura 34)

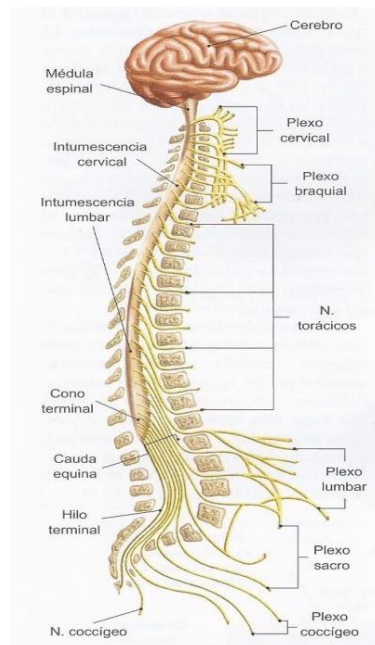


Figura 34 Médula espinal relacionada con el cerebro y nervios espinales.¹⁴

2.2.2 Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico comprende los ganglios, que están compuestos por neuronas sensoriales y nervios craneales. En ellos se encuentran los cuerpos neuronales y se localizan en el SNP. Los ganglios



espinales o sensitivos están ubicados en las raíces dorsales de los nervios espinales y en algunos nervios craneales. Albergan neuronas que son unipolares y sus axones entran al sistema nervioso central.

Los ganglios se originan de células de la cresta neural que se distribuyen a lo largo del embrión y de las placodas ectodérmicas que se encuentran en el área cefálica. Un nervio (fibra nerviosa) es un fascículo formado por axones, glía, vainas de mielina y células de neuroglia (células de Schwann), localizado en el SNP.

Nervios craneales

Los nervios craneales son 12 pares, que atraviesan los forámenes de los huesos craneales, su origen es en el encéfalo, forman parte del sistema nervioso periférico. Los pares I, II y VIII se denominan nervios sensitivos especiales, son propios de la cabeza y están asociados con olfato, vista y audición.

Los nervios que se clasifican como motores son el III, IV, VI, XI y XII, debido a que tienen axones de neuronas motoras. Los nervios V, VII, IX y X son nervios mixtos porque contienen neuronas tanto sensitivas como motoras.

Nervio olfatorio (I): es sensitivo y conduce impulsos nerviosos del sentido del olfato.

Nervio óptico (II): conduce los impulsos de la visión.

Nervio oculomotor (III): nervio troclear (IV), nervio abducens (VI), son los encargados de controlar los músculos que mueven los globos oculares.

Nervio trigémino (V): es un nervio mixto y es el más grande. Inerva diversas estructuras.



Nervio facial (VII): nervio mixto que inerva diversos músculos.

Nervio vestibulococlear (VIII): nervio sensitivo, que conduce los impulsos de la audición.

Nervio glossofaríngeo (IX): nervio mixto, inerva músculos y es receptor de información.

Nervio vago (X): nervio mixto, el cual se extiende desde la cabeza y cuello hasta tórax y abdomen.

Nervio accesorio (XI): es un nervio craneal motor, transmite impulsos a los músculos esternocleidomastoideo y trapecio para coordinar movimientos cefálicos.

Nervio hipogloso (XII): nervio craneal motor, conduce impulsos nerviosos para el habla y la deglución.

El sistema trigémino vascular es un conjunto de estructuras que integran vías centrales corticosubcorticales y periféricas, es el responsable de mecanismos de sensibilización central que son característicos en el dolor. Debido a la importancia del V par craneal en la inervación del sistema estomatognático, se describe a continuación.

Nervio trigémino

El nervio trigémino también llamado V par craneal deriva del primer arco faríngeo y proporciona sensibilidad somática de estructuras de la cabeza, es el más voluminoso de los pares craneales y forma parte del sistema nervioso periférico encefálico.

Las células de este nervio derivan de las placodas ectodérmicas, cresta neural y células satélite (células que rodean el cuerpo, dendrita y axón) de la

glía, que migran a regiones proximales del glóbulo ganglionar correspondiente.

Trigémico significa “trillizos” haciendo referencia a que este nervio tiene tres divisiones: oftálmica, maxilar y mandibular, que proporcionan inervación Aferente Somática General (A.S.G) en áreas de piel y estructuras cráneo faciales y Eferente Visceral Especial (E.V.E) a músculos de la masticación, paladar blando, región suprahiodea de cuello y oído medio. (Figura 35)

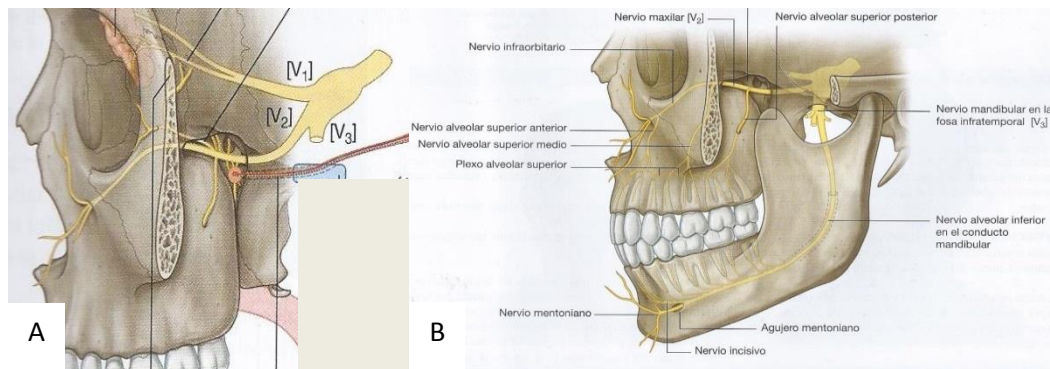


Figura 35 Trayecto del nervio trigémico: A) V1 Nervio oftálmico y V2 Nervio maxilar. B) V3 Nervio mandibular.⁶

Se clasifica como un nervio mixto, proporciona inervación sensitiva general y su rama mandibular contiene fibras motoras. Su componente A.S.G. brinda la sensibilidad general, representada por percepción de dolor, temperatura, tacto, presión, vibración y propiocepción de la piel de mitad de cara y cabeza.

Los orígenes, es decir, la localización de los cuerpos de la primera neurona aferente, del A.S.G. están distribuidos en el ganglio trigeminal “De Gasser”, ubicado en la fosa craneal media y en la cara antero superior de la porción petrosa del hueso temporal. Este ganglio contiene neuronas pseudounipolares y sus axones se proyectan hacia la periferia e inervan receptores de dolor, tacto, temperatura, presión y propiocepción, localizados



en dientes, músculos masticatorios, ATM y encía. Es considerado el centro nervioso de la fuerza e intensidad de la mordida. Los axones ingresan por el área mandibular hasta la protuberancia y ascienden al mesencéfalo, lo que forma el haz mesencefálico del trigémino.

El componente E.V.E. proporciona inervación motora a los músculos de la masticación, músculo milohioideo, vientre anterior del digástrico, tensor del tímpano y tensor del velo del paladar. Tiene su origen en el núcleo motor, recibe estímulos de las ramas sensitivas del V par en la protuberancia (región prominente del tronco encefálico anterior al cerebelo), sus axones se incorporan a la raíz motora y al ramo mandibular, inervan principalmente a los músculos de la masticación del mismo lado de la cara.

El nervio trigémino emerge por la superficie anterolateral de la protuberancia, se distingue con una raíz sensorial grande y una raíz motora pequeña. Estas raíces dirigidas hacia delante abandonan la fosa craneal posterior y alcanza la fosa craneal media pasando por el extremo medial de la porción petrosa del hueso temporal.

La raíz sensitiva se expande en la fosa craneal media y forma el ganglio del trigémino, que contiene a los cuerpos celulares de las neuronas sensitivas del nervio trigémino. Este ganglio se ubica en una depresión localizada en la superficie anterior de la porción petrosa del hueso temporal. La raíz motora es inferior a la raíz sensitiva.

Nervio oftálmico

También llamado “Nervio de Willis”, que contiene fibras sensitivas generales que inervan piel, mucosas entre dorso de la nariz y cuero cabelludo, la duramadre, glándula lagrimal, cuerpo ciliar e iris.



Se proyecta en sentido anterior sobre la duramadre y se divide en tres ramos terminales, que son: nervio frontal, nervio lagrimal y nervio nasociliar.

Nervio frontal: Se forma a partir de las raíces supratroclear (que inerva frente, nariz y párpado superior) y supraorbitaria que lleva información sensitiva al tercio superior de la mitad de la cara.

Nervio nasociliar: Está formada por la raíz sensitiva del ganglio ciliar, nervios ciliares largos, raíz infratroclear y raíces etmoidales.

Nervio lagrimal: Recorre el techo de la cavidad de la órbita y conduce las aferencias que provienen de la región del párpado superior, conjuntiva y glándula lagrimal.

Nervio maxilar

Es sensitivo, se proyecta hacia delante en la pared lateral de la duramadre por debajo del nervio oftálmico, ingresa a la fosa craneal a través del foramen redondo, proporcionando inervación en meninges, piel y mucosas de la región entre párpado inferior, cavidad nasal y paladar.

Está formado por 4 ramos nerviosos que convergen: nervio cigomático, nervio infraorbitario, nervio alveolar superior y nervios palatinos.

Nervio cigomático: Está formado por la unión de los troncos nerviosos cigomaticofacial, que atraviesa el proceso frontal del hueso cigomático y entra en la cavidad orbitaria; y cigomaticotemporal, se localiza posterior al cigomaticofacial, inerva mejillas y piel lateral de la región frontocigomática.

Nervio infraorbitario: Con distribución sensitiva, emerge hacia la fosa pterigopalatina por la fisura orbitaria inferior, emite ramas alveolares superiores anterior, media y posterior. La rama anterior inerva al canino e incisivos superiores y vestíbulo nasal. La rama media inerva el seno



paranasal maxilar y dientes premolares y primeros molares. La rama posterior inerva a los segundos y terceros molares.

Nervio alveolar superior: Inervan la cavidad nasal, el seno maxilar y el reborde alveolar.

Nervios palatinos: Los ramos palatinos mayor y menor pasan por los forámenes palatinos y dan inervación sensitiva a paladar blando y duro.

Nervio mandibular

Posee fibras sensitivas y axones eferentes, por lo que tiene inervación sensitiva y motora. En la fosa infratemporal da origen a cuatro ramas, que corresponden a nervio bucal, nervio auriculotemporal, nervio alveolar inferior y nervio lingual.

Nervio bucal: Atraviesa el músculo buccinador, pero no lo inerva sólo es sensitivo para la mucosa de los carrillos.

Nervio alveolar inferior: Tiene fibras mixtas, inerva los dientes y encía de la mandíbula, labio inferior y mentón. Incluye a la raíz dental de dientes premolares y molares; a la raíz incisiva, que inerva dientes incisivos y caninos; y la raíz mentoniana, que inerva piel de la barbilla y labio inferior.

Nervio auriculotemporal: Proporciona la sensibilidad a la región parotídea y pabellón auricular de la región temporal, brinda la inervación secretomotora de la glándula parótida.

Nervio lingual: Inerva mucosa de la lengua, suelo de la boca, encías linguales mandibulares y mucosa de los dos tercios anteriores de la lengua. Sus fibras se relacionan con el nervio facial, incorporándose por medio de la cuerda del tímpano y son secretomotoras para las glándulas submandibular y sublingual.



El nervio mandibular tiene una especial importancia, ya que en él se lleva a cabo la infiltración de anestesia con técnica regional para procedimientos sobre la mandíbula, labio inferior y arcada dental inferior.^{35,36,37}

Nervios espinales (raquídeos)

Los nervios espinales están relacionados con la médula espinal y son 31 pares, se designan según la región de la columna vertebral de donde emergen. Presentan dos conexiones con la médula, que son raíz anterior y posterior, que se unen y forman el nervio espinal en el foramen intervertebral.

Se clasifican como nervios mixtos debido a que su parte anterior (raíces ventrales) tiene axones de neuronas motoras y la parte posterior (raíces dorsales) neuronas sensitivas. Son 8 nervios cervicales C1-C8, 12 torácicos T1-T12, 5 lumbares L1-L5, 5 sacros S1-S5 y 1 coccígeo.^{10,31}

Los nervios raquídeos tienen una corta distancia fuera de la médula espinal y se ramifican en divisiones posteriores y anteriores, éstas últimas forman plexos que se distribuyen en todo el cuerpo. Hay tres plexos principales que son: plexo cervical, plexo braquial y plexo lumbosacro.

El plexo cervical suministra impulsos motores a músculos en el cuello y recibe impulsos sensoriales del mismo y de la parte posterior de la cabeza. El plexo braquial tiene sus ramas en hombro, brazo, antebrazo, muñeca y mano. El plexo lumbosacro envía sus nervios a pelvis y piernas, su rama más grande es el nervio ciático.³⁸(Figura 36)

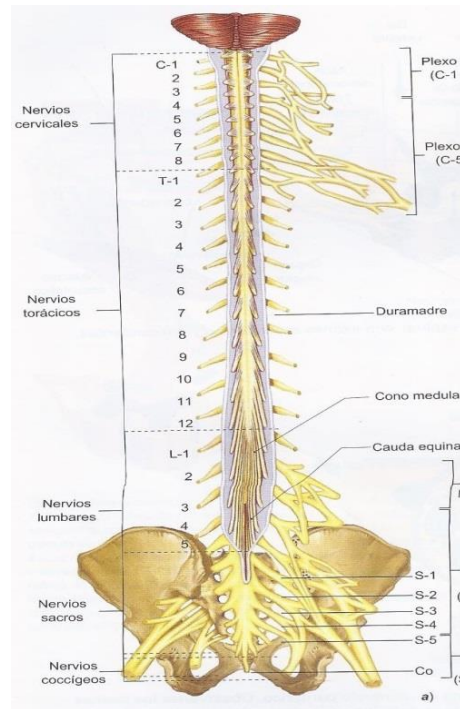


Figura 36 Nervios raquídeos o espinales y su relación con la médula espinal.¹⁴

2.2.2.1 Sistema nervioso somático

El sistema nervioso somático forma parte del SNP, es controlado en forma voluntaria y sus efectores son los músculos esqueléticos. Está formado por neuronas sensitivas que llevan la información de los receptores somáticos de la cabeza, pared corporal, los miembros, sentidos como visión, audición, gusto y olfato hacia el SNC y neuronas motoras que conducen impulsos del SNC a músculos esqueléticos. Cada fibra motora se extiende desde la médula al músculo esquelético sin intervención de sinapsis.³⁸

2.2.2.2 Sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo es parte del SNP, es involuntario, controla las funciones viscerales del cuerpo. También permite al organismo ajustar su circulación y ventilación para mantener un adecuado aporte de oxígeno en



los tejidos. Se activa en los centros de la médula espinal, tallo cerebral e hipotálamo.

Es el encargado de regular la acción de glándulas, músculos lisos, órganos huecos y vasos, músculo cardíaco. Cuando ocurre un ajuste regulatorio, estas acciones se realizan automáticamente de forma inconsciente. Es predominantemente eferente, que lleva impulsos del SNC a órganos periféricos. Todas sus vías contienen dos neuronas motoras, que conectan la médula espinal y el órgano efector. La neurona preganglionar se extiende de la médula espinal al ganglio, la segunda neurona posganglionar viaja del ganglio al efector.

El SNA se divide en sistema nervioso simpático y sistema nervioso parasimpático. Estos sistemas contienen fibras preganglionares mielinizadas, las cuales harán sinapsis con fibras posganglionares no mielinizadas que son las que inervan órganos efectores.

Dicho sistema puede verse afectado por dolor, emociones, traumatismos, que estimulan al sistema límbico e hipotalámico, lo que dará como consecuencia una alteración de la función cardiovascular, gastrointestinal, entre otras.

El sistema límbico está relacionado con las emociones y la conducta, conecta las funciones conscientes de la corteza cerebral y funciones del tallo encefálico. Se encuentra en el borde entre el cerebro y diencefalo, incluye al hipotálamo que se encarga de la memoria a largo plazo y el aprendizaje. Tiene una región que estimula la formación reticular, que se encuentra en el tallo encefálico y se encarga del sueño y la vigilia.

Sistema nervioso simpático. Las neuronas motoras simpáticas se originan en la médula espinal, con los cuerpos celulares en el área toracolumbar. La vía simpática se compone de una neurona preganglionar y una



posganglionar. Las fibras nerviosas van hacia los ganglios y hacen sinapsis con neuronas posganglionares, y así estas fibras se extienden a glándulas y tejidos musculares involuntarios.

Los ganglios simpáticos forman dos cadenas simpáticas ubicadas a ambos lados de la columna vertebral. Los nervios que inervan órganos abdominales y pélvicos hacen sinapsis en el ganglio celíaco, que envía sus fibras a órganos digestivos; ganglio mesentérico superior, que transmite sus fibras a intestinos delgado y grueso; y ganglio mesentérico inferior, que envía fibras a intestino grueso distal, sistemas urinario y reproductivo.

Las neuronas posganglionares de este sistema actúan sobre los efectores liberando neurotransmisores como: adrenalina y noradrenalina (nervios adrenérgicos). Los receptores adrenérgicos vinculan noradrenalina y adrenalina, se clasifican en alfa y beta. Cuando la noradrenalina o adrenalina se unen a estos receptores, se puede estimular o inhibir, según el órgano.

Sistema nervioso parasimpático. Sus vías inician en las áreas craneosacrales, sus fibras se originan en la médula y encéfalo, y la parte inferior (sacral) de la médula espinal. Las fibras se extienden a los ganglios autónomos, que se localizan en los órganos efectores y son llamados ganglios terminales. Y sus vías pasan a lo largo de las neuronas posganglionares, que estimulan tejidos involuntarios. Las neuronas de este sistema liberan el neurotransmisor acetilcolina, por lo que se le llama colinérgico. Los receptores colinérgicos se unen a acetilcolina (ACh), se denominan receptores nicotínicos, que se encuentran en células de músculo esquelético y estimulan la contracción muscular en presencia de ACh. Los receptores muscarínicos se unen a muscarina, se encuentran en las células efectoras del sistema parasimpático e inhiben o cohiben receptores muscarínicos.^{38,39,40}



2.3 Tejido muscular

Es un tejido diseñado para producir movimientos gracias a la contracción de sus células. Los músculos son unidades motoras conformadas por un grupo de fibras musculares y la neurona motora que las estimula. Esta unión del sistema muscular con el sistema nervioso forma el sistema neuromuscular.

2.3.1 Estructura

Cada músculo es un órgano independiente, compuesto por miles de células que se agrupan formando las fibras musculares. Estas células se unen e integran las fibras musculares rodeadas por tejido conjuntivo llamado endomisio y éstas a su vez se agrupan formando un fascículo o haz muscular rodeado por el perimisio, que también es tejido conjuntivo. Cada músculo se forma por varios fascículos, rodeados por epimisio (tejido conjuntivo) y la fascia es una lámina de tejido conjuntivo que sostiene a los músculos permitiendo su libre movimiento.

Las fibras musculares tienen una membrana celular que se denomina sarcolema, que contiene pequeñas estructuras denominadas túbulos transversos a través de los cuales viaja el potencial de acción (impulso que estimula a la célula muscular).

El sarcoplasma es el citoplasma de la fibra muscular y contiene miofibrillas que son componentes contráctiles (generan fuerza con el fin de acortar su longitud y producir un movimiento). Las miofibrillas se componen de sarcómeros (unidad anatómica y funcional del músculo estriado) que están constituidos de la siguiente manera:

Banda A: banda oscura central del sarcómero, formada por actina y miosina.

Zona H: es la zona más clara en el centro del sarcómero. Sólo contiene filamentos de miosina.

Banda I: es la zona clara del sarcómero y corresponde sólo a los filamentos de actina.

Disco Z: es una línea transversal oscura que separa dos sarcómeros.

Línea M: es una línea más oscura que se encuentra en el centro de la banda H (Figura 37).¹⁰

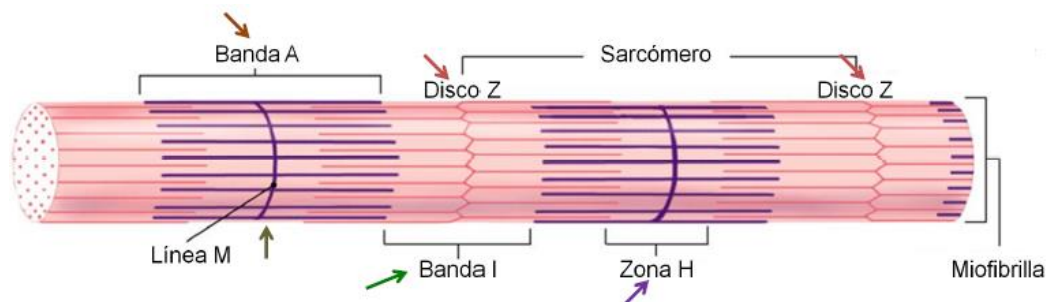


Figura 37 Estructura de un sarcómero.

Las miofibrillas se componen de filamentos finos y gruesos dispuestos en los sarcómeros. Las proteínas contráctiles, que son la miosina y actina, forman parte de las miofibrillas. La miosina compone a los filamentos gruesos y funciona como proteína motora, es decir, tracciona a las células para lograr movimiento y convierte el ATP (fuente de energía química de las células necesaria para realizar un trabajo biológico) en energía mecánica o producción de fuerza. La actina es la proteína que compone a los discos Z, sus filamentos se enrollan en forma de hélice y tienen sitios de unión a miosina que es donde se unen las dos proteínas.



Las proteínas regulatorias componen el filamento fino y son la tropomiosina y la troponina. Cuando el músculo se encuentra relajado, la tropomiosina se encarga de cubrir los sitios de unión a miosina lo que impide que la actina se una provocando la relajación. La troponina se encarga de mantener a la tropomiosina en ese lugar, pero cuando iones de calcio se unen a la troponina cambia de forma y libera los sitios de unión de la miosina, entonces la actina se une a ella y comienza la contracción muscular.

Las proteínas estructurales como la titina, alfa-actinina, miomesina, nebulina y distrofina tiene la función de mantener en correcta alineación filamentos finos y gruesos, lo que le confiere a la miofibrilla elasticidad y extensibilidad. También conectan a las miofibrillas con el sarcolema.^{(10) (38) (41)}

Los músculos están formados principalmente por dos tipos de fibras musculares, fibras tipo I y fibras tipo II.

Fibras tipo I: llamadas fibras rojas, debido a que contienen gran cantidad de mioglobina, que es un pigmento que fija el oxígeno. Presentan una contracción lenta, porque producen fuerzas de baja tensión y son resistentes a la fatiga. Cuando en un músculo hay una cantidad elevada de estas fibras, se podrá realizar trabajo físico prolongado, por ejemplo, estas fibras que están ubicadas en piernas y brazos, en los atletas de alto rendimiento ayudan a realizar ejercicios durante largo tiempo.

Fibras tipo II: llamadas fibras blancas, porque tienen poca cantidad de mioglobina. Son de contracción rápida, pero no son resistentes a la fatiga, es decir, no mantienen la contracción mucho tiempo. Estas fibras predominan cuando se realiza un esfuerzo breve pero intenso, como en los brazos al realizar levantamiento de pesas.¹²



2.3.2 Función muscular

El tejido muscular tiene diversas propiedades, las cuales son necesarias para llevar a cabo sus funciones.

Sus propiedades son:

Excitabilidad eléctrica: Es la capacidad de responder ante ciertos estímulos generando potenciales de acción (señales eléctricas-impulsos).

Contractilidad: El músculo se contrae cuando es estimulado por un potencial de acción. Cuando se contrae, se genera tensión y se traccionan sus puntos de inserción.

Extensibilidad: Es la capacidad que tiene el músculo para estirarse, dentro de ciertos límites, pero sin ser dañado.

Elasticidad: El músculo puede recuperar su longitud y forma original, aún después de contraerse.

Sus funciones son:

Movimiento del esqueleto: Están adheridos al hueso y se contraen para cambiar posiciones en las articulaciones.

Mantenimiento de la postura: Una contracción parcial y constante del músculo (tono muscular), mantiene al cuerpo en posición.

Almacenan y movilizan sustancias dentro del cuerpo: Se realiza mediante contracciones sostenidas del músculo liso, las cuales se llaman esfínteres, que impiden la salida del contenido de un órgano hueco.

Producción de calor: Los músculos generan calor, el necesario para mantener en el cuerpo una temperatura de 37° C. El calor es el resultado del

metabolismo del músculo. Los músculos pueden impulsar su producción mediante pequeñas contracciones.^{8,27}

Contracción muscular

La contracción es el proceso fisiológico que realiza un músculo, generando tensión, mientras se traccionan sus puntos de inserción. Depende de la concentración de calcio (Ca^{2+}) libre en el citoplasma.^{10,38}

Al iniciar la contracción el retículo sarcoplasmático, que es el principal almacén de (Ca^{2+}) intracelular en el músculo estriado, libera iones de calcio hacia el sarcoplasma, ahí se unen a la troponina y se desplaza a la tropomiosina que está ocupando el sitio de unión a miosina (ubicados en la estructura de la actina). Cuando esos sitios están libres comienza el ciclo de la contracción.⁴²

La cabeza de miosina tiene un sitio de unión a ATP (adenosin trifosfato) y una enzima ATPasa que va a hidrolizar el ATP en ADP (adenosin difosfato) y en un grupo fosfato, esta hidrólisis proporciona energía a la cabeza de miosina, la cual se une al sitio de unión que está en la actina y libera al grupo fosfato. La unión de la miosina y actina se denomina puentes cruzados. (Figura 38)

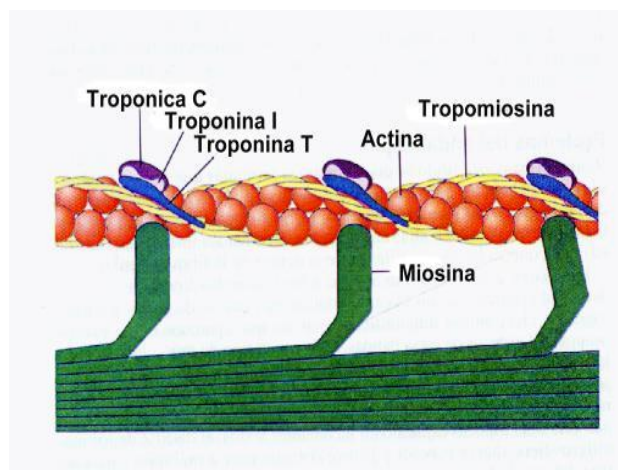


Figura 38 Puente cruzados entre la miosina y actina. Se observa la unión de troponina y tropomiosina.¹⁴



Cuando se forman los puentes cruzados se produce la fase de deslizamiento donde se libera el ADP y entonces el puente cruzado rota hacia el centro del sarcómero que desliza el filamento fino sobre el filamento grueso.

El puente cruzado permanece adherido a la actina, hasta que se une a otra molécula de ATP en el sitio de unión de la cabeza de miosina, lo que hace que se separe de la actina y esto determina el final de la contracción.

El tono muscular es la contracción parcial del músculo, se da de forma normal incluso cuando el músculo no trabaja. En las contracciones isotónicas (*iso*-igual; *tónico*-tensión) el tono muscular permanece igual (constante), pero el músculo modifica su longitud, se requieren para realizar movimientos corporales y para trasladar objetos. Existen dos tipos, contracción isotónica concéntrica y excéntrica.

La contracción concéntrica es cuando el músculo desarrolla una tensión y su longitud se acorta. La contracción excéntrica es un alargamiento del músculo durante su contracción.

En las contracciones isométricas (*iso*-igual; *métrica*-medida/longitud) la longitud del músculo no cambia, pero si aumenta su tensión muscular. Es importante para mantener la postura y sostener objetos en posición fija.^{10,38,43,44}

2.3.3 Clasificación

La clasificación del tejido muscular se basa en la estructura y función de cada músculo y es la siguiente:



Músculo esquelético

Músculo especializado en la contracción, histológicamente sus células se aprecian intensamente estriadas debido a la disposición de las proteínas actina y miosina que forman espirales, también posee células largas y cilíndricas con múltiples núcleos, que se originan por la fusión de múltiples células. Funciona con tendones (que es tejido conectivo que une al músculo con el hueso) y huesos para producir movimiento en todo el cuerpo.

Las neuronas motoras son las encargadas de estimular la contracción de este músculo. Estas neuronas tienen un axón que se extiende desde el encéfalo o médula espinal hasta que llega a un grupo de fibras musculares. Es estimulado por el sistema nervioso. El músculo se contrae y se relaja rápidamente, esto es debido a que tiene un control consciente, por lo que se denomina músculo voluntario. Constituye la mayor parte de tejido muscular del cuerpo y representa el 40% del peso corporal. El sistema muscular esquelético se compone por más de 600 músculos esqueléticos individuales.^{10,12}(Figura 39)

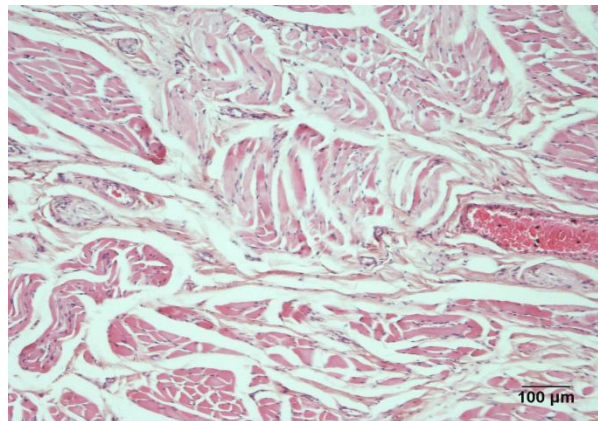


Figura 39 Músculo esquelético: Sus células son estriadas. Tinción H-E. FUENTE: DIRECTA

Músculo cardíaco

Su estructura está formada por células estriadas, entre ellas se encuentra membrana especializada que permite que los impulsos eléctricos pasen a través de ella, así las contracciones serán coordinadas. Las membranas se ven como líneas oscuras entre las células, por lo que se les llama discos intercalados (Figura 40). Forma la masa de las paredes del corazón, es también llamado miocardio. Produce lo que se conoce como latidos cardíacos, que son contracciones regulares. Se describe como músculo involuntario, ya que su función es inconsciente y puede permanecer contraído por largo tiempo siendo estimulado por sus propias fibras autorritmicas. En reposo se contrae hasta 75 veces por minuto y requiere un constante aporte de oxígeno.

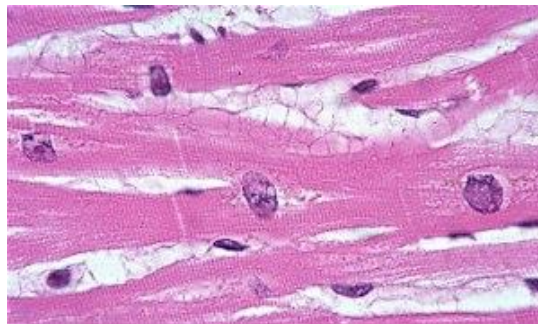


Figura 40. Músculo cardíaco: se observan sus células apantalonadas. Tinción H-E.⁴⁵

Músculo liso

En su estructura tiene fibras compuestas por células que no contienen bandas visibles, por eso se denomina músculo liso y puede estar contraído por un largo período. Forma las paredes de los órganos huecos en cavidades como estómago, intestinos, vesícula biliar y vejiga urinaria, todos estos se conocen como vísceras, por lo que al músculo se le llama visceral. Se encuentra también en paredes de vasos sanguíneos y tubos que llevan la



orina a los riñones. Produce movimientos de peristalsis, lo que mueve sustancias a través de un sistema.

También puede regular el diámetro de una abertura, como en los vasos sanguíneos o produce contracciones de órganos huecos como el útero. Se conoce como músculo involuntario, porque al igual que el músculo cardíaco no se controla de forma consciente.^{10,12}(Figura 41)

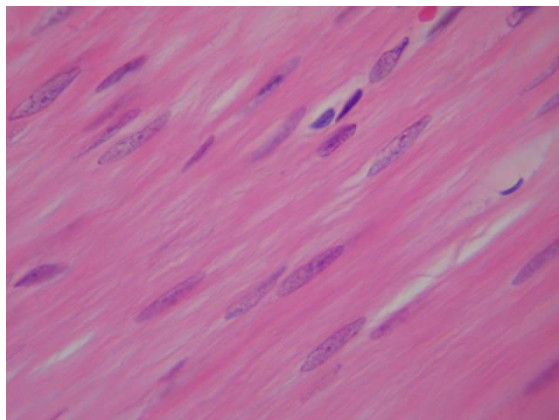


Figura 41 Músculo liso: células sin estrías en su constitución.⁴⁶

2.4 Receptores sensitivos

Los receptores sensitivos, son estructuras neurológicas que se localizan dentro de órganos específicos, los cuales se limitan a un área pequeña y se encuentran diseminados por todo el cuerpo. Proporcionan información al sistema nervioso central acerca del estado de los tejidos a través de neuronas aferentes. Para que estos receptores lleven a cabo su función, se llevan a cabo cuatro fenómenos:

Estimulación del receptor sensitivo: Se presenta un estímulo que activa el receptor y provoca una respuesta.



Transducción del estímulo: El receptor sensitivo convierte la energía del estímulo, en un potencial graduado (que es un cambio en el voltaje de la membrana del axón). Cada receptor sensitivo sólo transduce (transformación de un tipo de señal) una clase de estímulo.

Generación de impulsos nerviosos: Cuando el potencial de la neurona ha alcanzado el umbral (es un estímulo que aunque está en una cantidad mínima puede ser detectado), desencadena impulsos nerviosos, que se propagan hacia el sistema nervioso central. Las neuronas que conducen el impulso nervioso del SNP al SNC son neuronas de primer orden.

Integración de las aferencias sensitivas: Una región del SNC se encarga de recibir e integrar los impulsos nerviosos sensitivos. La corteza cerebral integra las sensaciones conscientes o percepciones.

2.4.1 Exteroceptores

Localizados en la superficie externa del cuerpo, sensibles a estímulos originados fuera del organismo, encargados de aportar información del medio externo. Las sensaciones que transmiten son auditivas, táctiles, olfativas, de presión, visuales, vibratorias, térmicas y dolorosas.

2.4.2 Interoceptores

También llamados viscerosceptores, localizados en músculos, vasos sanguíneos y sistema nervioso. Son los encargados de controlar las condiciones del medio interno. Los impulsos nerviosos que generan estos receptores no son percibidos conscientemente, sin embargo, cuando son activados por estímulos intensos se puede sentir presión o dolor.



2.4.3 Propioceptores

Se encargan de aportar la información acerca de la posición del cuerpo, longitud y tensión de los músculos. También informan la posición y movimiento de las articulaciones, y el equilibrio. Se encuentran localizados en músculos, tendones, articulaciones y oído interno.

Las sensaciones propioceptivas permiten conocer la posición de los miembros y la cabeza, los propioceptores que se encuentran en músculos y tendones, informan sobre el grado de contracción muscular, el grado de tensión de los tendones y la posición de las articulaciones.

La discriminación ponderal es la capacidad para evaluar el peso de un objeto, la cual es otra característica de los propioceptores, esto ayuda a determinar la fuerza muscular necesaria para realizar una acción.

Husos musculares

Son propioceptores de los músculos esqueléticos, abundan en los músculos que efectúan movimiento finos, como en los dedos de las manos o en los ojos, controlan cambios de longitud y participan en reflejos de estiramiento, es decir, controlan la tensión dentro del músculo.

Los husos musculares (órgano sensorial propioceptivo) envuelven de 3 a 10 fibras musculares especializadas, denominadas fibras musculares intrafusales (*intrafusales*-dentro de un huso). Contienen neuronas motoras gamma, que inervan a los receptores y se encuentran cercanas a la parte media y terminan cerca de ambos extremos de las fibras intrafusales y ajustan la tensión a las variaciones de longitud del músculo. Cuando hay un estiramiento súbito, las zonas centrales de las fibras musculares intrafusales estimulan las terminaciones nerviosas sensitivas y los impulsos nerviosos se propagan al SNC (Figura 42).¹⁰

Las fibras extrafusales (*extrafusales*-fuera de un huso) son fibras contráctiles que constituyen la masa del músculo y se encuentran fuera del huso muscular, dichas fibras son invadadas por neuronas motoras alfa eferentes que cuando se estimulan, las fibras extrafusales se contraen y generan fuerza en los músculos esqueléticos.

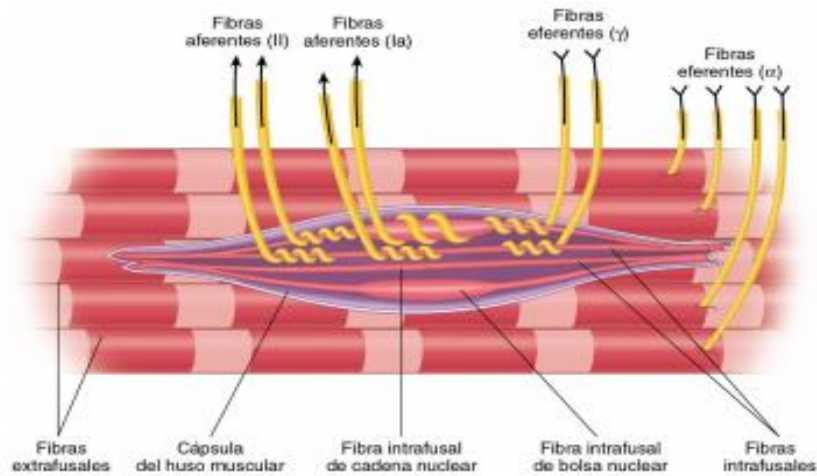


Figura 42 Huso muscular.

La información proveniente de los husos musculares llega rápidamente a áreas somatosensitivas de la corteza cerebral, esto hace que la percepción de los movimientos y posición de los miembros sea consciente. Al mismo tiempo, los impulsos de los husos musculares pasan al cerebelo, donde utilizan las aferencias para coordinar contracciones musculares.

Órganos tendinosos de Golgi

Localizados en la unión de un tendón y un músculo, cuando inicia el reflejo tendinoso (reflejo polisináptico), estos órganos protegen a tendones y músculos de una tensión excesiva. La tensión muscular es cuando un músculo se contrae y ejerce una fuerza que tracciona los puntos de fijación del músculo en ambos extremos para acercarlo.



Al aplicar tensión al músculo, el órgano tendinoso, genera impulsos nerviosos que se propagan al SNC y dan información sobre los cambios de tensión muscular. Los reflejos tendinosos resultantes se encargan de reducir la tensión muscular para relajar al músculo.

Corpúsculos de Pacini

Son mecanorreceptores que perciben frecuencias altas de presión y vibraciones rápidas. Las dendritas de los nervios están rodeadas por una cápsula oval, se encuentran en dermis, tejido subcutáneo, tejido submucoso, articulaciones, periostio y algunas vísceras. Su percepción es capaz de percibir no sólo la presencia del estímulo, sino también su inicio, duración y ausencia.

Los receptores sensitivos también se pueden clasificar según el tipo de estímulo que reciban.

Mecanorreceptores: Son fibras mielínicas, los más importantes en la superficie de la piel son el corpúsculo de Meissner, que es un receptor de adaptación rápida (descargan potenciales de acción que van disminuyendo conforme se aplica el estímulo) y los discos de Merkel de adaptación lenta (descargan potenciales de acción continuamente durante la aplicación del estímulo). Más profundamente se encuentran los corpúsculos de Pacini (adaptación rápida) y la terminación de Ruffini (adaptación lenta).

Los mecanorreceptores son sensibles a estímulos mecánicos (deformación, estiramiento de las células), proporcionan la sensación de tacto, presión, vibración, propiocepción, audición y equilibrio. Controlan la distensión de vasos sanguíneos y órganos internos.

Termorreceptores: Sirven para detectar cambios de temperatura.

Fotorreceptores: Se encargan de detectar la luz que incide en la retina.



Quimiorreceptores: Detectan sustancias químicas en boca, nariz y líquidos orgánicos.

Osmorreceptores: Detectan presión osmótica de los líquidos orgánicos.^{10,38,47}

2.4.4 Nociceptores

Receptores del dolor, son terminaciones nerviosas libres que se encuentran en todos los tejidos del organismo, excepto en el encéfalo. Los estímulos térmicos, mecánicos o químicos de gran intensidad son los que pueden estimular a estos receptores.

Se clasifican según el estímulo que los activa, éste puede ser mecánico, químico o térmico. Su velocidad de conducción está dada por fibras A-delta que conducen señales de dolor con una respuesta rápida y las fibras C conducen el dolor con una respuesta lenta.

El dolor es producto del funcionamiento integrado del sistema nervioso y el sistema somatosensorial, el cual es el encargado de transmitir e integrar las señales que provienen del medio externo e interno. Es una respuesta fisiológica que se produce como alerta ante un daño.

Existen dos tipos de dolor: rápido y lento. El dolor rápido es de rápida percepción, los impulsos nerviosos se propagan a través de fibras mielínicas A-delta. Se conoce como agudo, penetrante o punzante y se localiza precisamente en el área estimulada. El dolor lento se percibe después de la aplicación del estímulo y aumenta su intensidad de forma gradual, se conducen por fibras amielínicas C. Se conoce como dolor crónico, sordo o pulsátil y está bien localizado, pero es más difuso, ya que, compromete áreas grandes.



El dolor que es provocado por la estimulación de receptores de la piel se llama dolor somático superficial. Cuando se estimulan articulaciones, tendones y fascias causa dolor somático profundo. El dolor visceral es ocasionado cuando se da la estimulación de nociceptores ubicados en órganos viscerales. Se puede ubicar en la zona afectada o en una superficie alejada del órgano, a esto se le llama dolor referido.^{10,48,49}

CAPÍTULO 3. FUNCIÓN NEUROMUSCULAR

La unión neuromuscular (UNM) o placa motora es el punto en que una fibra nerviosa contacta con una célula muscular. La unión entre motoneuronas y fibras musculares esqueléticas, se localiza cerca del punto medio de dicha fibra. Esta unión se conoce como un ejemplo de sinapsis, que es la unión entre dos neuronas o entre una neurona y una célula diana. El componente básico de la UNM es la unidad motora formada por numerosas fibras musculares que están inervadas por una sola motoneurona y sólo puede efectuar la acción de acortamiento o contracción (Figura 43).⁵

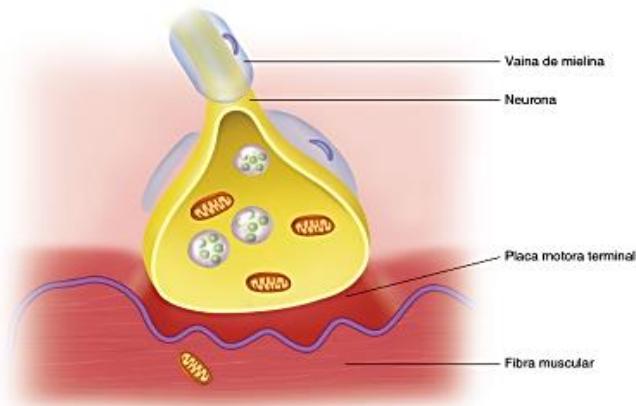


Figura 43 Unión neuromuscular: la acetilcolina se almacena en la placa motora terminal, se libera en la hendidura sináptica e inicia la despolarización de las fibras musculares, lo que hace que el músculo se contraiga.

Una neurona se conecta a una fibra muscular por medio de una placa motora terminal (región del sarcolema de una fibra muscular que incluye receptores de acetilcolina). La célula va a liberar una sustancia llamada neurotransmisor que estimulará a la fibra. El neurotransmisor es la acetilcolina (ACh) que causa excitación y contracción muscular.



Entre las células se encuentra un espacio estrecho conocido como hendidura sináptica y a través de ella viajan los neurotransmisores, que se van a almacenar en pequeñas vesículas en las terminaciones de la fibra nerviosa. En la unión neuromuscular, el axón terminal, que es el extremo de la neurona motora, se divide en racimos de bulbos sinápticos terminales.

Cuando el neurotransmisor es liberado cruza por la hendidura sináptica y se une a receptores, que son proteínas que están unidas a la membrana de la célula muscular. La placa motora tiene millones de receptores colinérgicos que son los que se unen específicamente a ACh.

Al estimular un músculo en la unión neuromuscular, se genera un impulso que se va a extender a lo largo de la membrana muscular, a esto se le llama potencial de acción (que hace que la célula muscular entre en acción). El potencial de acción se origina en la UNM y se propagan a ambos extremos de la fibra, lo que permite que se activen simultáneamente todas las porciones de la fibra muscular.

Para que un impulso nervioso genere el potencial de acción muscular ocurre lo siguiente:

Liberación de acetilcolina: El impulso nervioso llega a los bulbos sinápticos terminales y estimula los canales dependientes de voltaje. Los iones de calcio que están concentrados en el líquido extracelular, entran por los canales abiertos, lo que estimula la exocitosis de las vesículas sinápticas. Éstas se fusionan con la membrana plasmática de la neurona motora y liberan ACh a la hendidura sináptica. La ACh se difunde entre la neurona motora y la placa motora.

Activación de los receptores de ACh: Cuando dos moléculas de ACh se unen al receptor de la placa motora se abre un canal iónico del receptor colinérgico y así cationes pequeños como el Na^+ atraviesan la membrana.

Producción del potencial de acción muscular: La carga positiva en el interior de la fibra muscular aumenta debido a la entrada de Na^+ , lo que desencadena un potencial de acción muscular. Cada impulso nervioso genera un potencial de acción muscular, que se propaga a lo largo del sarcolema hacia el sistema de túbulos T, esto hace que se libere Ca^{2+} al sarcoplasma y posterior a esto que se contraiga la fibra muscular.

Terminación de la actividad de ACh: El efecto de la unión de ACh dura sólo un período breve, ya que es degradada con rapidez por la enzima acetilcolinesterasa (AChE). Esta enzima se une a fibras de colágeno en la hendidura sináptica y descompone a la ACh en colina y acetil-CoA, lo que no puede activar el receptor colinérgico (Figura 44).¹⁰

Si el impulso nervioso libera más acetilcolina se vuelven a activar los receptores de ésta y se produce el potencial de acción, cuando éstos cesan de la neurona motora ya no hay liberación de ACh y entonces la AChE degrada la ACh que aún está presente en la hendidura sináptica. Se termina la producción de los potenciales de acción y el Ca^{2+} se dirige al sarcoplasma de la fibra muscular y al retículo sarcoplasmático y se cierran los canales.^{10,38,50}

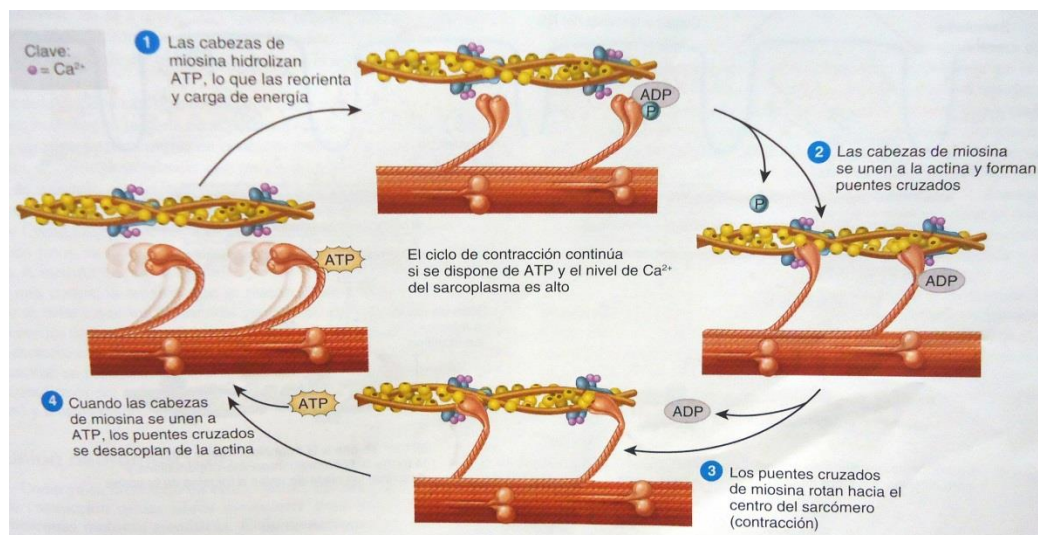


Figura 44 Ciclo de la contracción muscular.



Cuando hay menos fibras inervadas por una motoneurona es más preciso el movimiento. En músculos grandes, una motoneurona puede inervar cientos de fibras musculares. Un ejemplo de ello es el músculo pterigoideo lateral inferior, el cual tiene una proporción de fibras musculares y motoneuronas relativamente baja, lo que permite que realice ajustes finos en la longitud, los que son necesarios para adaptarse a cambios horizontales de la posición mandibular. El músculo masetero tiene un mayor número de fibras motoras, lo que hace que sus movimientos sean realizados con mayor fuerza durante la masticación.

Al estimular una gran cantidad de unidades motoras, en el músculo se produce una contracción o acortamiento, debido a que se aplica una carga (esto es denominado contracción isotónica). Se observa en la contracción del músculo masetero cuando la mandíbula se encuentra elevada y fuerza el paso de los dientes mediante un bolo de alimento.

Cuando las unidades motoras se contraen en oposición a una fuerza, se produce una contracción muscular, que sostiene o estabiliza la mandíbula (contracción isométrica). Por ejemplo, se produce en el músculo masetero cuando se sostiene un objeto entre los dientes.

Al interrumpir la estimulación de la unidad motora, las fibras se relajan y se restablece la longitud normal del músculo (relajación controlada). Mediante el control de esta reducción, se produce un alargamiento del músculo que permite la realización de movimientos suaves, esto se observa cuando la boca se abre para recibir alimento.

Acción refleja

Una acción refleja es una respuesta ante un impulso, que va de una neurona aferente a una raíz nerviosa dorsal, de ahí se transmite a una neurona eferente, que lo devuelve al músculo esquelético. Puede ser



monosináptica o polisináptica. Una acción monosináptica es cuando una fibra aferente estimula directamente a una fibra eferente en el SNC. Una acción polisináptica se presenta cuando una neurona aferente estimula varias neuronas del SNC y éstas a su vez estimulan fibras nerviosas eferentes.

En el sistema masticatorio están presentes dos tipos de acciones reflejas, que son: reflejo miotáctico que protege al sistema masticatorio de una distensión muscular brusca y le da estabilidad al sistema musculoesquelético. El reflejo nociceptivo que protege a dientes y estructuras de soporte de lesiones causadas por fuerzas funcionales bruscas e intensas.

El reflejo miotáctico o de distensión es un reflejo monosináptico mandibular. Cuando un músculo sufre una distensión rápida, se produce un reflejo que lo protege provocando una contracción del mismo. Este reflejo es importante para mantener a la mandíbula en una posición de reposo, para lo que los músculos elevadores se mantienen con una leve contracción (tono muscular).

El reflejo nociceptivo o flexor es polisináptico y aparece como un protector cuando se presenta un estímulo nocivo. Por ejemplo, al encontrar un objeto duro durante la masticación, se activa este reflejo, las fibras aferentes primarias llevan la información al núcleo del tracto espinal del trigémino, donde se hace sinapsis con las interneuronas, que van al núcleo motor del trigémino. Se produce una respuesta motora, que inhibe a los músculos elevadores de la mandíbula y se estimulan los músculos de apertura mandibular, lo que provoca un rápido descenso de la mandíbula (esto se llama inhibición antagonista).⁵



CAPÍTULO 4. FUNCIONES DEL SISTEMA MASTICATORIO

El sistema masticatorio desempeña funciones para la sobrevivencia y comunicación del individuo, las cuales son controladas por el sistema neuromuscular. Entre ellas se encuentra la masticación, deglución y fonación. Todos los estímulos sensitivos que provienen de estructuras del sistema masticatorio, son recibidos e integrados en el generador de patrones central (GPC), el cual sincroniza la actividad entre músculos antagonistas para desarrollar una actividad determinada. Está integrado por neuronas en el tronco del encéfalo que controlan actividades musculares rítmicas como la respiración y la masticación.¹⁰

4.1 Masticación

La masticación se define como el acto de triturar y es el proceso fisiológico que consiste en la transformación del alimento mediante movimientos rítmicos de la mandíbula que son guiados por un patrón sensorial. Es la fase inicial del proceso digestivo, participan activamente músculos, ATM, dientes, lengua, labios, mejillas y glándulas salivales. En este proceso el alimento es fragmentado y molido al mismo tiempo que se incorpora saliva para formar una masa que se pueda deglutir, la cual será llamada bolo alimenticio.

Durante la masticación el GPC inicia la contracción de los músculos suprahiodeo e infrahiodeo e induce la relajación de músculos elevadores, con esto la boca se abre y acepta los alimentos, entonces se inicia la contracción de los músculos elevadores y se relajan los músculos suprahiodeo e infrahiodeo al cerrar la boca. Este proceso se repite hasta que las partículas son lo suficientemente pequeñas para ser deglutidas.

El GPC debe recibir constantemente información sensitiva de las estructuras que participan en la masticación, para determinar la fuerza



necesaria en una masticación adecuada. Cuando se llega a un patrón de masticación que no daña ninguna estructura, se aprende y se repite, a esto se le llama engrama muscular.

La fuerza de mordida es un componente de la función masticatoria y es la máxima fuerza que se genera entre los dientes mandibulares y maxilares. Depende de la acción, orientación, coordinación de los músculos masticatorios y su regulación por el sistema nervioso. Puede cambiar dependiendo de las necesidades masticatorias. La fuerza de masticación en la mujer oscila entre 35.8 y 44.9 kg y en el hombre es de 53.6 a 64.4 kg. Una persona con una alimentación de consistencia dura desarrollará una fuerza de mordida más intensa.

La dureza del alimento influye en el número de movimientos de masticación antes de la deglución. Al masticar un alimento de consistencia dura se crean movimientos más amplios que en la masticación de un alimento blando. Cuando el alimento se introduce a la boca, hay pocos contactos dentarios, los que van aumentando conforme se fragmenta el alimento. Estos movimientos envían información sensitiva al SNC acerca del movimiento de masticación, lo que se va modificando según el tipo de alimento.

Ciclo de la masticación

Durante la masticación se realizan diversos movimientos mandibulares, lo que se conoce como ciclo masticatorio, formado por movimientos de apertura, cierre, lateralidad, protrusión y retrusión.

Al iniciar la fase de apertura, la mandíbula se desplaza de arriba abajo desde una posición intercuspídea hasta que los bordes de los dientes incisivos se separan de 16 a 18 mm, después se desplaza en sentido lateral de 5 a 6 mm de la línea media e inicia el movimiento de cierre. En esta fase

se atrapa el alimento entre los dientes y se le llama fase de aplastamiento. En el plano vertical se observa un trazo en forma de lágrima compuesta por una trayectoria de apertura y otra de cierre. (Figura 45).⁵

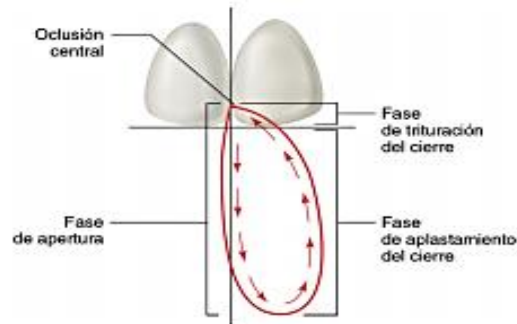


Figura 45 Fases durante la masticación: apertura, cierre y trituración.

Al iniciar el ciclo y si el alimento es duro, la lágrima será con forma extendida. En pacientes con oclusión normal los ciclos son regulares, suaves y simples (Figura 46).⁵¹



Figura 46 Ciclos masticatorios regulares y simples en un paciente con oclusión normal.

Cuando los dientes se aproximan hasta 3 mm de distancia, el desplazamiento de lateralidad disminuye de 3 a 4 mm respecto de la posición de partida del movimiento de masticación. Entonces las cúspides de los

dientes mandibulares quedan debajo de las cúspides de los dientes maxilares hacia el lado en el que se desplazó la mandíbula.^{5,52,53}

Al cerrar la mandíbula y quedar el alimento entre los dientes inicia la fase de trituración, se lleva a los dientes a posición intercuspídea con lo que los planos inclinados de las cúspides cortan y desmenuzan el bolo alimenticio, para ser deglutido. El desplazamiento lateral va disminuyendo a medida que se fragmenta el alimento.^{5,54,55} (Figura 47)

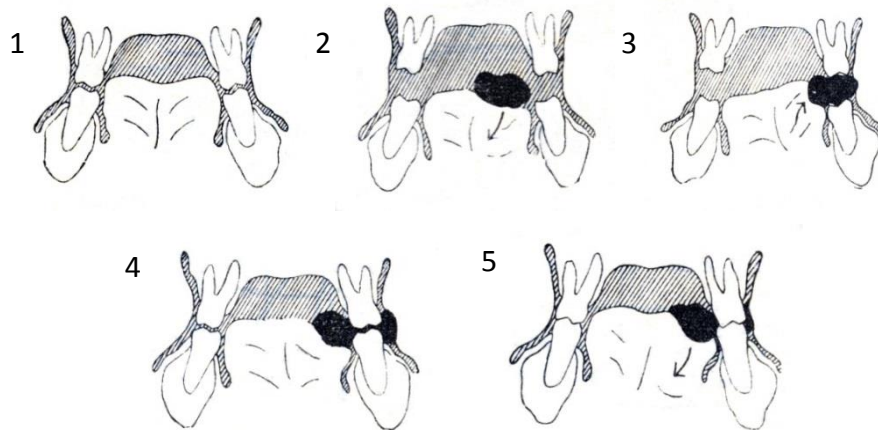


Figura 47 Ciclo de acción molar durante la masticación. 1) Partiendo de oclusión céntrica la mandíbula desciende. 2) Se introduce el alimento a la boca. 3) La mandíbula realiza un movimiento de cierre y de lateralidad, posicionando el alimento entre los dientes. 4) Se establece contacto entre el lado de trabajo de los dientes posteriores, hasta triturar el alimento. 5) La mandíbula regresa a una posición en oclusión céntrica para iniciar con la deglución.⁵⁶



4.2 Deglución

La deglución es una actividad neuromuscular en la que intervienen una secuencia de reflejos y contracciones neuromusculares que trasladan el alimento desde la cavidad oral al estómago a través del esófago.

La deglución visceral existe desde el nacimiento hasta aproximadamente los dos años de edad, durante esta etapa la lengua es posicionada en los rodetes en sentido frontal o lateral.

La deglución madura o somática se va estableciendo de forma gradual por la erupción de los dientes y el cambio de alimentación por alimentos sólidos. Los dientes superiores e inferiores están en contacto intercuspídeo al deglutir, la lengua queda situada en el interior de los arcos dentarios y su vértice entra en contacto con la parte anterior de la bóveda palatina. Se realiza en oclusión máxima con los labios en contacto con una contracción mínima.

Fases de la deglución

Primera fase o fase de preparación

Es voluntaria y consiste en la separación del alimento masticado para formar el bolo alimenticio. Éste se coloca en el dorso de la lengua y se presiona contra el paladar duro, la lengua se apoya en él detrás de los dientes incisivos. Los labios están cerrados y los dientes en contacto. La lengua inicia una contracción refleja y empuja el bolo hacia atrás hasta que llega a la parte posterior de la lengua y es trasladado a la faringe.

Segunda fase o fase oral

Cuando el bolo alcanza la faringe empieza una onda peristáltica, que es involuntaria y se contraen los músculos faríngeos lo que lleva el bolo al

esófago. El paladar blando toca la pared posterior la faringe y cierra las vías nasales. La epiglotis cierra la vía aérea faríngea hacia la tráquea y mantiene el bolo en el esófago. Estas dos fases duran aproximadamente 1 segundo.

Tercera fase o fase esofágica

Es el paso del bolo por todo el esófago para llegar al estómago, para lo cual las ondas peristálticas tardan de 6 a 7 segundos. Cuando el bolo llega al esfínter del cardias (orificio que comunica el esófago con el estómago), éste se relaja y permite su paso al estómago. En la parte superior del esófago los músculos son voluntarios y pueden devolver el alimento cuando es necesaria una masticación más completa.^{5,57,58,59}(Figura 48)

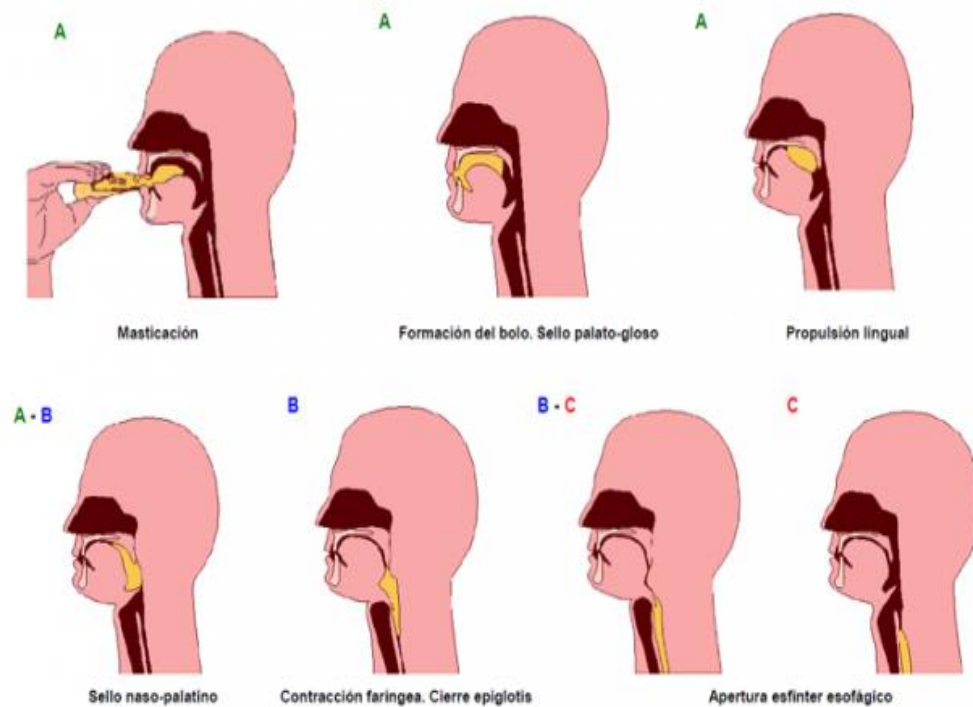


Figura 48 Fases de la deglución: A) Fase oral. B) Fase faríngea. C) Fase esofágica.⁶⁰



4.3 Fonación

El proceso de fonación se compone por la respiración, emisión de la voz, colocación de la voz, dicción y la expresión. Los órganos involucrados son boca, garganta, pulmones, tráquea, faringe, laringe, órganos nasales, labios, dientes, lengua, paladar duro y blando.

La laringe está situada en la parte anterior del cuello, limitada por la faringe y la tráquea, es responsable de la formación de la voz que es un acto voluntario que permite dar nombre al sonido que se produce en la laringe. Presenta un esqueleto cartilaginoso unido por articulaciones, ligamentos y sistema muscular. En su interior se encuentran las cuerdas vocales que necesitan estar lubricadas para poder vibrar eficientemente.

La fonación se produce cuando pasa un volumen de aire de los pulmones a la laringe y la cavidad oral por acción del diafragma. Durante la fase espiratoria (exhalación) de la respiración se lleva a cabo la fonación. La espiración es prolongada y permite emitir palabras o sonidos. Se crea un sonido con el tono deseado por la contracción y relajación de las cuerdas vocales. La forma de la boca determina la resonancia y articulación precisa del sonido.

Con las variaciones de los labios, la lengua, el paladar y los dientes se pueden producir diversos sonidos. Los sonidos formados por los labios son las letras M, B y P, para producirlos los labios deben entrar en contacto. Para producir el sonido S los dientes incisivos superiores e inferiores se aproximan pero no se tocan y sólo pasa el aire entre los dientes. La punta de la lengua se eleva y toca el paladar detrás de los incisivos y da el sonido D. El labio inferior toca los bordes de los dientes incisivos superiores y forma los sonidos F y V. Cuando la parte posterior de la lengua se eleva y toca el paladar blando origina el sonido K o G (Figura 49).⁵

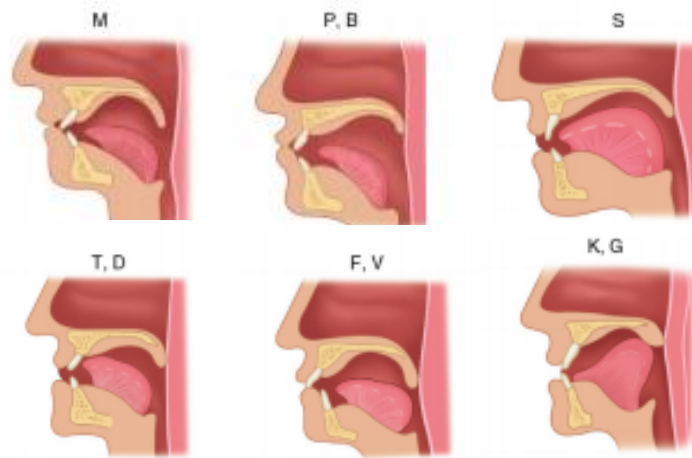


Figura 49 Articulación de los sonidos creados por posiciones específicas de labios, lengua y dientes.

Al hablar no se producen contactos dentarios. Cuando hay presencia de mal posición dentaria y los dientes contactan durante el habla, el SNC recibe información de estímulos sensitivos del diente y ligamento periodontal. Lo que se percibe como una lesión y altera el patrón de fonación. Esto ocasiona que se desarrolle un nuevo patrón del habla que evita que haya un contacto dentario y hace que la mandíbula se desplace lateralmente. El habla es un acto que tiene un control inconsciente del sistema neuromuscular y se puede considerar como un reflejo aprendido.^{5,61}

4.4 Postura

La postura es la posición de las diferentes partes del cuerpo y la relación de unas con otras. La postura ideal es aquella en la que se muestra un equilibrio entre las estructuras de soporte, con un mínimo esfuerzo y sobrecarga, además proporciona máxima eficiencia al cuerpo.

La estabilidad del cráneo sobre la columna cervical permite un correcto funcionamiento del sistema cráneomandibular. La relación del cráneo con la



columna cervical es una posición mantenida por el sistema neuromuscular, así como de neuroreceptores que informan los cambios de posición y movimientos que son procesados por el SNC y originan una actividad muscular que genera la postura.

Cuando se presenta un cambio en la posición de la cabeza, aumenta la tensión en la musculatura masticatoria y produce cambios en los músculos llamados de contra apoyo (esternocleidomastoideo y trapecio). Al generarse asimetrías en la tensión de los músculos del cuello y hombros se descompensa el sistema postural y ocasiona un ajuste patológico postural en el sistema masticatorio. Esto propicia la aparición de bruxismo o respiración bucal.

Generalmente la mandíbula en una posición de reposo está ubicada de 2 a 4 mm por debajo de la posición intercuspídea. En una posición erguida normal, la cabeza se encuentra inclinada hacia adelante alrededor de 30 grados así los dientes posteriores contactan con más fuerza que los anteriores.

Al ocurrir un cambio en la postura, se produce un cambio en la actividad neuromuscular, si el cambio es persistente ocurre una adaptación hasta establecer un nuevo equilibrio y entonces la actividad neuromuscular vuelve a la normalidad. La posición de la mandíbula también se verá afectada por dicho cambio, con lo cual se modificará la oclusión y se alterará la función del sistema masticatorio.^{1,5,62,63}



CONCLUSIONES

El sistema masticatorio tiene un funcionamiento complejo, todas sus estructuras deben trabajar de forma coordinada, para lograr una oclusión funcional que le permite llevar a cabo sus funciones principales: masticación, deglución, fonación y postura; para comprender las alteraciones oclusales, se debe conocer primero lo que es una oclusión adecuada, la cual puede ser definida como: “la armonía oclusal que se presenta entre dientes, músculos y ATM” además del conjunto funcionamiento de todas las estructuras relacionadas.

Dentro de la función normal del complejo neuromuscular en el sistema masticatorio, existe una zona de respuesta armónica entre las estructuras musculares, los elementos óseos, ligamentos y dientes. Cualquier alteración en este equilibrio, el organismo lo compensa morfológicamente a base de mecanismos de adaptación, que pueden cursar sin sintomatología clínica. Sin embargo, estos factores generan una hiperfunción o una parafunción (bruxismo), que puede desencadenar en una alteración funcional.

Una mala restauración puede desequilibrar al sistema neuromuscular y a los dientes, a pesar de los cambios adaptativos compensatorios del organismo, puede llegar a causar dolor y un mal funcionamiento del sistema.

Los puntos prematuros de contacto en los dientes, alteran la fisiología del sistema neuromuscular. Así como, cuando los dientes no están en su posición adecuada, se pierde la estabilidad funcional y con el tiempo se manifiestan daños en la estructura dental, articular o muscular, a esto se le conoce como desarmonía oclusal.



Otra alteración importante que se presenta es el síndrome miofascial doloroso, las causas están relacionadas con factores biomecánicos de sobrecarga o sobreutilización muscular o microtraumatismos repetitivos; lo que parece deberse a una disfunción de la placa motora por liberación excesiva de acetilcolina.

Por otro lado, los trastornos temporomandibulares, comprometen la actividad motora de los músculos de la masticación, presentan poca resistencia a la fatiga e hipertonicidad, afectando la función del sistema masticatorio al presentar dolor muscular y articular.

Todas las alteraciones mencionadas en los párrafos anteriores, además de otras como: dolor muscular local, co-contracción protectora (es una respuesta del SNC ante una lesión), miospasmos (contracción muscular tónica), alteraciones del complejo cóndilo disco, se pueden presentar en la consulta diaria del cirujano dentista; conocer el origen y función del complejo neuromuscular en el sistema masticatorio nos permite hacer una buena exploración y palpación de los músculos, hueso y ligamentos involucrados, hacer un buen diagnóstico y poder dar un plan de tratamiento exitoso, además de restaurar las piezas dentarias de tal manera que se pueda recuperar la homeostasis perdida.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cuccia A, Caradonna. The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics*. 2009; 64(1): p. 61-65.
2. Firmani M, Becerra N, Sotomayor C, Flores G, Salinas J. Oclusión terapéutica. Desde las escuelas de oclusión a la Odontología Basada en Evidencia. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*. 2013; 6(2): p. 90-95.
3. Flanders M, Milán V, Algozaín Y, Fong J, Castillo Y. Terapia de alta frecuencia en pacientes con afecciones del sistema. *Medisan*. 2014; 18(1): p. 17-24.
4. Sadler TW. *Lagman Embriología médica Con orientación clínica*. Octava ed. Argentina: Médica Panamericana; 2001. p. 354-369.
5. Okeson JP. *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares*. Séptima ed. España: Elsevier; 2013. p. 2-45.
6. Drake RL. *Gray Anatomía para estudiantes*. Segunda ed. Barcelona, España: Elsevier; 2010. p. 797, 816, 835-838, 920-946.
7. Montenegro A. Factores que Regulan la Morfogénesis y el Crecimiento. *Int. J. Odontostomat*. 2007; 1(1): p. 7-15.
8. Loiacono L. *Alfinal.com*. [Online]. España: Elsevier; 2013 [cited 2014 Octubre 12. Available from: HYPERLINK "<http://www.alfinal.com/cent/semana4.php>"<http://www.alfinal.com/cent/semana4.php> .
9. Naveda A. *Anatomía Humana*. [Online].; 2008 [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://unefaanatomia.blogspot.mx/2008/04/osteologia-generalidades-huesos-del.html>"<http://unefaanatomia.blogspot.mx/2008/04/osteologia-generalidades-huesos-del.html> .



10. Tortora GJ, Derrickson. Principios de Anatomía y Fisiología. 13th ed. Madrid, España; 2013. p. 327-341, 366-369, 447-473, 528-549, 581-593.
11. Quirós J, Pérez L, Calderón J. Influencia del músculo pterigoideo lateral en el crecimiento del cartílago condilar mandibular. Rev Cienc Salud. 2013; 11(1): p. 105-119.
12. Gómez de Ferraris ME. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. Tercera ed. México: Médica Panamericana; 2009. p. 231-330.
13. Ortega GS. Depto. Anatomía de la Escuela médico-militar..
14. Herrera P. Anatomía Integral: Trillas ; 2008. p. 440-513, 542-556.
15. ATM II. [Online]. [cited 2014 Octubre 12. Available from: [HYPERLINK "http://dc149.4shared.com/doc/ZFsYzaUe/preview.html"](http://dc149.4shared.com/doc/ZFsYzaUe/preview.html)<http://dc149.4shared.com/doc/ZFsYzaUe/preview.html>.
16. Latarjet M, Ruiz L. Anatomía Humana. Cuarta ed. Buenos Aires : Médica Panamericana; 2006. p. 1235-1236.
17. Torres L, Torres C. Caracterización de la dentina tratada endodónticamente: una revisión. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2014; 25(2): p. 372-388.
18. Kohli A, Pezzotto SM, Poletto L. Hiper cementosis apicales y no apicales en raíces dentarias humanas. Int. J. Morphol. 2011; 29(4): p. 1263-1267.
19. Kohli A, Pezzotto SM, Poletto L. Raíces dentales humanas y con perlas de cemento. Comparación histológica de estructuras. Int. J. Morphol. 2013; 31(3): p. 1020-1025.
20. Salas M, De la Casa ML, López ME. Contenido orgánico de extractos parcialmente purificados de pulpa dental humana y bovina. Acta Bioquím Clín Latinoam. 2011; 45(2): p. 297-304.
21. Montoro Y, Fernández ME, Vila D, Rodríguez A, Mesa. Urgencias estomatológicas por lesiones pulpares. Rev. Cub. Estomatol. 2012; 49(4): p. 286-294.



22. Camejo M. Ingeniería de tejido en la regeneración de la dentina y la pulpa. Revisión de la Literatura. Acta odontol. venez. 2010; 48(1). p. 1-5
23. Meriñán A. DeltaDent. [Online].; 2010 [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://www.deltadent.es/blog/tag/pulpa-dental/>"
<http://www.deltadent.es/blog/tag/pulpa-dental/>.
24. Urquiza S. Relaciones evolutivas del sistema nervioso. Boletín biológico. 2012;(25): p. 12-16.
25. Bayona F. Desarrollo embrionario del sistema nervioso central y órganos de los sentidos: revisión. Univ.Odontol. 2012 Ene-Jun; 31(66): p. 125-132.
26. Biología Humana. [Online].; 2013 [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://biohumana35.blogspot.mx/2013/03/sistema-nervioso-neuroglia-neurona.html>"
<http://biohumana35.blogspot.mx/2013/03/sistema-nervioso-neuroglia-neurona.html>.
27. Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina UNAM Atlas. [Online]. [cited 2014 Octubre 15. Available from: HYPERLINK "<http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/atlas2013A/nervioso1/nervioso.html>"
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/atlas2013A/nervioso1/nervioso.html>.
28. Welsh U. Histología Sobota. Segunda ed. Buenos Aires : Médica Panamericana ; 2008. p.182-187.
29. [Online]. [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Sinapsis.htm>"
<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Sinapsis.htm>.
30. Prados E. SlidePlayer. [Online].; 2011 [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://slideplayer.es/slide/1491893/>"
<http://slideplayer.es/slide/1491893/>.
31. Kiernan J. Barr El sistema nervioso humano. Un punto de vista anatómico. Octava ed.: McGraw Hill; 2006. p. 14-57, 64-84, 86-124.



32. IEDA. [Online]. [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "http://www.iesmateoaleman.es/espa/act/unidad3/tema_1/contenido/ODE-4c4ea2e7-d7a6-3cda-8e4c-5d9ec59eb854/a_segn_su_localizacin.html" [http://www.iesmateoaleman.es/espa/act/unidad3/tema_1/contenido/ODE-4c4ea2e7-d7a6-3cda-8e4c-5d9ec59eb854/a_segn su localizacin.html](http://www.iesmateoaleman.es/espa/act/unidad3/tema_1/contenido/ODE-4c4ea2e7-d7a6-3cda-8e4c-5d9ec59eb854/a_segn_su_localizacin.html).
33. Montenegro I. SlidePlayer. [Online]. [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://slideplayer.com.br/slide/364438/>" <http://slideplayer.com.br/slide/364438/>.
34. Fernández A. La médula espinal: el cordón de la vida. Relato de un tetrapléjico por accidente de tráfico. Index Enferm. 2011 Jul-Sep; 20(3). p. 199-202.
35. Rivera G. Nervio Trigémimo: aspectos esenciales desde las ciencias biomédicas. Rev. Estomat. 2011; 19(2): p. 33-39.
36. López G, Salazar J, Osuna É. Descripción anatómica, fisiológica y embriológica del nervio trigémimo en el marco conceptual de la terapia neural, como sustrato frecuente de campo interferente. Nova Public.Cient. Cienc. Bioméd. 2012 Junio; 10(17): p. 83-100.
37. Zarco L, Pretelt F, Millán S, Gil L. Sistema trigémimo vascular y cefalea. Univ. Méd. 2013 enero-marzo; 54(1): p. 92-103.
38. Janson B. Memmler, El cuerpo humano, Salud y Enfermedad. 11th ed.: Lippincott Williams; 2009. p. 158-227.
39. Ramos M. Sistema nervioso autónomo. Rev. Pos.Cát. Med. 2001 febrero;(101): p. 1-7.
40. Veiga G, Canhadas J, Bacal F, Alcides E. Comportamiento de los quimiorreflejos central y periférico en la insuficiencia cardíaca. Arq. Bras. Cardiol. 2011; 96(2): p. 161-167.
41. Vidal L. Anatomofisiología y patología básicas Madrid, España: Paraninfo; 2012. p. 164-169.



42. Reyes J, Zarain Á. Función del retículo sarcoplásmico y su papel en las enfermedades cardíacas. Arch. Cardiol. Méx. 2006; 76(4): p. 18-32.
43. Bolaños R. Espasticidad, conceptos fisiológicos y fisiopatológicos aplicados a la clínica. Rev. Mex. Neuroci. 2011; 12(3): p. 141-148.
44. Sosa R. Consideraciones odontológicas en la miastenia grave. Reporte de un caso. Acta odontol. venez.. 2003; 41(2). p. 143-153.
45. Imperio de la ciencia. [Online].; 2013 [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK <http://imperiodelaciencia.wordpress.com/2013/02/21/de-corazon-un-vistazo-a-los-latidos/>
<http://imperiodelaciencia.wordpress.com/2013/02/21/de-corazon-un-vistazo-a-los-latidos/>.
46. Histología UNFV-FTM. [Online]. [cited 2014 Octubre 14. Available from: HYPERLINK "<http://tejidomuscular.galeon.com/productos1032294.html>"
<http://tejidomuscular.galeon.com/productos1032294.html>.
47. Malamud K. Fisiología de la vibración. Rev. Mex. Neuroci. 2014 Mayo-Junio; 15(3): p. 163-170.
48. Cuellar J. ¿Cómo funciona nuestro sistema sensitivo para recibir dolor? In Memoria congreso internacional del dolor. p. 21-28.
49. Villanueva C. Analgésicos en ortopedia. Acta Ortopédica Mexicana. 2010 Mar-Abr.; 24(2): p. 114-122.
50. Haitao W. To build a synapse: signaling pathways in neuromuscular junction assembly. Development. 2010; 137(10): p. 1017-1033.
51. Morales, Santiago. [Online]. [cited 2014 Octubre. Available from: HYPERLINK "%20<http://www.sld.cu/sitios/protesis/index.php>"
<http://www.sld.cu/sitios/protesis/index.php>.
52. Oclusión Dental. [Online]. [cited 2014 Octubre 19. Available from: HYPERLINK"<http://oclusiondental.wikispaces.com/M07.+Dinamica+Mandibular>"
<http://oclusiondental.wikispaces.com/M07.+Dinamica+Mandibular>.



53. Chagas A, Falcón R, Oliveira E, Passos E, Martins E. El sistema masticatorio y las alteraciones funcionales consecuentes a la pérdida dentaria. *Acta Odontol. Venez.* 2008; 46(3): p. 1-8.
54. Heinen M. Impacto de la disfunción temporomandibular sobre la dieta del paciente. *Rev. del Centro de Inv.* 2008 Ene-Jun; 8(31): p. 69-74.
55. Fizman S. Comer: una experiencia sensorial compleja. *Dossier Científico.* 2010;(166). p. 16-19.
56. Alfaro P. Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte II. *Revista ADM.* 2012 Mayo-Junio; LXIX(3): p. 108-113.
57. Navas C. Transtornos del mecanismo succión deglución. *Rev. Gastrohup.* 2003; 5(1): p. 73-75.
58. Lugo C. Hábitos orales no fisiológicos más comunes y como influyen en las maloclusiones. *Rev. Latino.Orto.Odontop.* 2011; p. 1-17.
59. Alarcón A. Deglución atípica: Revisión de la literatura. *Acta Odontol. Venez.* 2013; 51(1). p. 1-5.
60. Hospitales Nisa. [Online]. [cited 2014 Octubre 19. Available from: HYPERLINK "<http://www.neurorhb.com/blog-dano-cerebral/la-deglucion/>" <http://www.neurorhb.com/blog-dano-cerebral/la-deglucion/>.
61. Rivas M. El cuidado de la voz en la actividad docente. *Rev. Hab. Cienc. Méd.* 2013; 12(Supl): p. 74-81.
62. Abnormal J. El rol de la postura de la cabeza en la función mandibular. *RAAO.* 2008 Enero-Mayo; XLVII(1): p. 32-40.
63. Restrepo C. Efecto de la posición craneocervical en las funciones orales fisiológicas. *Rev. CES Odontol.* 2008; 21(1): p. 71-75.