CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LOS MÚSCULOS DE LA CABEZA

El estudio del desarrollo de los músculos de la cabeza y cuello comprende: su origen embriológico, la formación del músculo como tal, la secuencia de aparición de los músculos craneofaciales y de la masticación y las funciones que desarrollan.

1. Origen embriológico

El desarrollo del sistema muscular requiere de la coordinación integrada de derivados mesenquimales y una variedad de interacciones epitelio/mesenquimales. El mesénquima paraxial (lámina precordal)[1] y el mesénquima derivado de las células de la cresta neural producen la mayor parte de músculos, ligamentos y fascias craneofaciales[2,3].

Los *músculos voluntarios craneofaciales* se desarrollan del mesodermo paraxial que se condensa rostralmente en *somitómeros* (miómeros) y *somitas* (miotomas)[2] de las regiones occipital y cervical[2,3] (*véase* **Figura 2.38 Capítulo 2** y **Figura 4.1**).

La musculatura de los arcos faríngeos se deriva del mesodermo paraxial de los somitómeros y de los somitas occipitales. Los músculos que forman cada arco son inervados por una rama específica de un nervio craneal, cada músculo arrastra su nervio detrás de él a medida que migra. Entonces el origen de cada músculo craneal y facial puede determinarse por su inervación[3] (*véase* **Figura 2.38 Capítulo 2** y **Figura 4.1**).

En el primer arco faríngeo, el mesodermo paraxial derivado del cuarto somitómero craneal da lugar a los músculos de la masticación: temporal, masetero y pterigoideo lateral o externo y medial o interno, así como a los músculos milohiodeo, vientre anterior del digástrico, tensor timpánico y tensor del velo del paladar[2,3].

En el segundo arco faríngeo, el mesodermo paraxial del sexto somitómero craneal da lugar a los músculos de la expresión facial, incluyendo el orbicular del ojo, orbicular de la boca, risorio, platisma, auricular, frontooccipital y los músculos bucinadores, así como el vientre posterior del digástrico, el estilohiodeo y los músculos estapediales. El esbozo embrionario de los músculos de esos primeros y segundos arcos se entremezclan en su localización final en la cabeza[2,3].

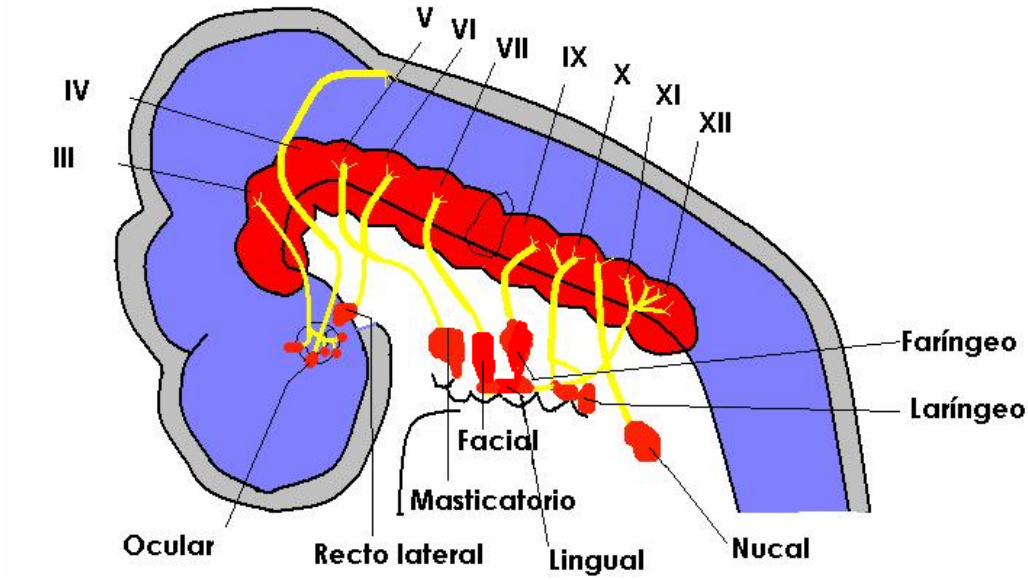


Figura 4.1 Origen de los músculos craneofaciales y su inervación.

En el tercer arco faríngeo, el mesodermo paraxial del séptimo somitómero da lugar a un solo músculo: el largo y delgado *estilofaríngeo,* el cual se origina sobre el proceso estiloideo y se inserta en la pared de la faringe. Este músculo eleva la faringe durante la vocalización y deglución[2,3].

Los músculos que se originan en el cuarto arco faríngeo son el *constrictor superior, medio* e *inferior* de la faringe, el *cricotiroideo* y el *elevador del velo del paladar,* cuya función es la vocalización y deglución. El mesodermo que da lugar a esos músculos se deriva del segundo al cuarto somita occipital y al primer somita cervical[2,3].

El mesodermo paraxial derivado del primero (desaparece)[4] y segundo somitas occipitales está asociado con el sexto arco faringeo para formar la musculatura intrínseca de la laringe. Los músculos *cricoaritenoides, tiroaritenoides* y *vocales* son los más dedicados a la función de la vocalización[2,3].
Del somita 3 a 7 se desarrolla el músculo *esternocleidomastoideo* y el *trapecio*[2,3] (*véase* **Figura 4.2**).

El mesodermo paraxial de cada somita y somitómero está relacionado con un nervio específico para el desarrollo muscular subsecuente (*véase* **Tabla 4.1**).

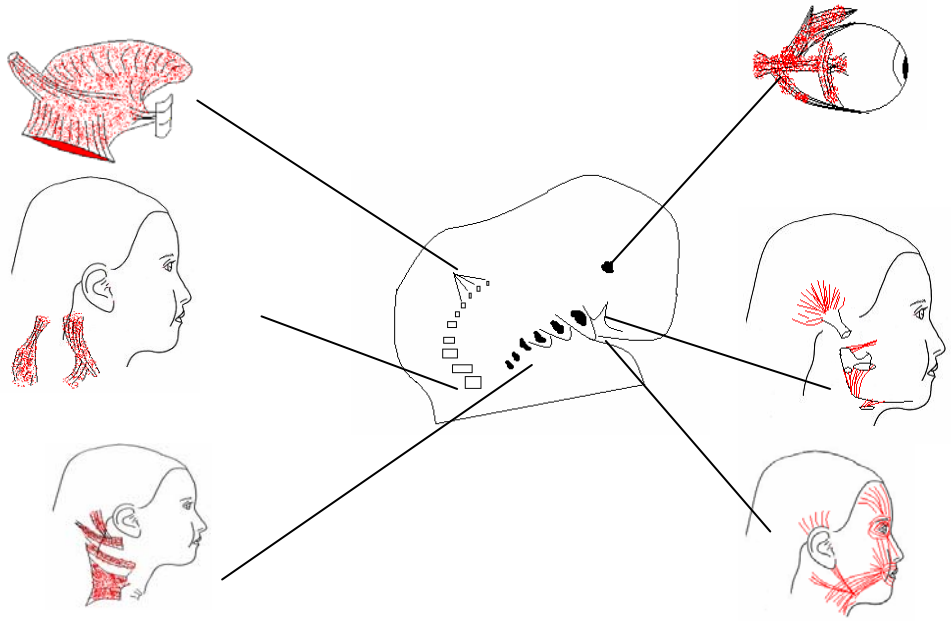


Figura 4.2 Descripción esquemática del origen embriológico de los músculos provenientes de las somitómeras, arcos faríngeos y somitas. En orden de las manecillas del reloj: músculos oculares, masticatorios, faciales, faríngeos, de la nuca y de la lengua.

Origen mesodérmico	**Músculos**	**Inervación**
Somitómeras 1,2	Músculo recto ocular superior, inferior y medial; músculo inferior oblicuo del ojo.	III par. Nervio oculomotor
Somitómera 3	Músculo superior oblicuo del ojo	IV par. Nervio troclear
Somitómera 4	Músculos masticatorios del primer arco. Temporal, masetero, pterigoideo lateral, milohiodeo, vientre anterior del digástrico, tensor tímpano y tensor del velo del paladar.	V par. Nervio trigémino. Ramas maxilar y mandibular
Somitómera 5	Músculo recto ocular lateral.	VI par. Nervio motor ocular externo
Somitómera 6	Músculos faciales del segundo arco. Orbicular bucal, orbicular ocular, risorio, platisma, auricular, frontooccipital, bucinador, vientre posterior del digástrico, estilohiodeo, estapedial.	II par. Nervio facial
Somitómera 7	Tercer arco. Músculo estilofaríngeo.	IX. Glosofaríngeo
Somitas 1,2	Sexto arco. Musculatura intrínseca de la laringe, cricoaritenoides, tiroaritenoides y vocal.	X par. Vago. Nervio recurrente laríngeo
Somitas occipitales 2-4 Somita cervical 1	Constrictor superior, medio e inferior de la faringe, cricotiroideo, elevador del velo del paladar. Músculos extrínsecos e intrínsecos de la lengua.	XII par. Laríngeo superior e hipogloso.
Somitas 3-7	Músculo esternocleidomastoideo y trapecio	XI par. Espinal

Tabla 4.1 Origen mesodérmico de los músculos craneofaciales y del cuello con su inervación respectiva.

2. Miogénesis: el desarrollo de los músculos

El aspecto fundamental de la diferenciación del tejido conectivo es la producción de una condensación mesenquimal o *blastema,* que funciona como la unidad básica desde la cual se construye la morfología durante el desarrollo. Una condensación se identifica por cinco criterios[3]:

b. El número de células madres
c. El tiempo de iniciación de la condensación
d. La fracción activa mitóticamente
e. La proporción de divisiones celulares
f. La proporción de muerte celular.

Una condensación es el primer producto celular de la interacción epitelio/mesénquima. La formación de una condensación mesenquimal está asociada con la formación de nexos que permiten comunicación intercelular seguida de producción de moléculas de matriz extracelular [3].

El linaje miogénico, se nota por la expresión de factores de determinación miogénica en algunas células y de forma transitoria, después de su ingreso a través de la línea primitiva[3].

Las células del miotoma son instruidas por factores paracrinos para convertirse en músculos, por inducirlas a sintetizar la proteína MyoD. Algunos factores del medio ambiente que rodea la célula inducen los factores de trascripción Pax3 y Myf5 que activan el gen MyoD. Las proteínas MyoD y Myf5 pertenecen a la familia de factores de trascripción llamada proteínas biogénicas bHLH (a veces denominadas MRFs, factores reguladores miogénicos). Las células que producen las proteínas biogénicas bHLH son los mioblastos, que son las células precursoras de los músculos[1].

La histogénesis y morfogénesis muscular está influenciada por componentes nerviosos y vasculares, lo cual brinda explicación al intrincado recorrido de estos elementos[1]. Estas células del mesodermo paraxial se diferencian progresivamente pasando por los siguientes estados, según clasificación de Boyd, citado por Gasser[5]:

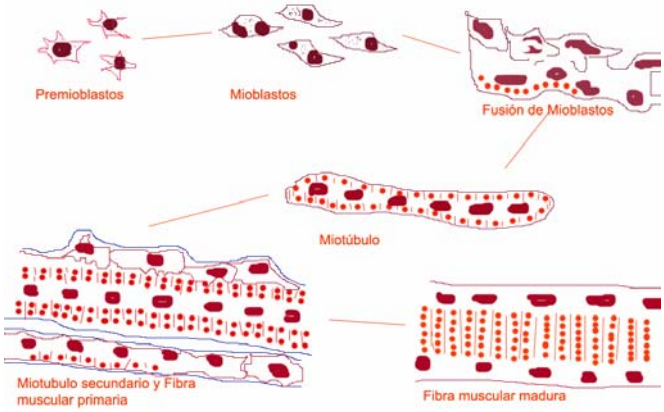


Figura 4.3 Diferenciación del mesodermo paraxial para la formación muscular.

- *Premioblasto:* es una célula muscular primordial que no puede distinguirse de los fibroblastos asociados, y carece de orientación. Este estado puede dividirse es dos (*véase* **Figura 4.3**):
  - Temprano: la célula tiene una forma estrellada con escaso citoplasma y un gran núcleo.
  - Tardío: célula en forma de estrella irregular con poco citoplasma, núcleo oval y condensación de cromatina.

- *Mioblasto:* es una célula uninucleada o multinucleada que tiende a ser más elongada, sin estrías transversales visibles y con poco citoplasma. Se puede dividir en:
  - Temprano: células uninucleadas, pequeñas, fusiformes, iniciando un aumento en la producción de citoplasma, núcleo elipsoidal con uno o dos nucleolos, sin estructuras citoplasmáticas visibles.
  - Intermedio: células uninucleadas o multinucleadas, fusiformes, con núcleo elongado; la forma de la célula y el núcleo son similares a los de una célula muscular lisa.
  - Tardío: célula multinucleada muy larga, fusiforme, que contiene núcleo elongado con condensación de cromatina, algunas fibrillas se hacen evidentes en el citoplasma[5]. Los mioblastos posmitóticos pueden comenzar a transcribir el RNA mensajero para las proteínas contráctiles *actina* y *miosina*, así como, a un número de proteínas reguladoras de la contracción muscular. Finalmente, los mioblastos posmitóticos asumirán una forma característica de huso u comenzarán a fusionarse unos con otros creando el *miotúbulo***.**

- *Miotúbulo:* célula muy elongada que contiene fibrillas que muestran algunas estriaciones transversales en la periferia. Las fibrillas se congregan en la periferia del miotúbulo y desarrollan la organización de estrías cruzadas, primero en la línea Z una estructura rica en α-actinina que ancla los filamentos de actina para formar el complejo I-Z-I**,** y más tarde en la región de la banda A, ocupada por los filamentos de miosina. La formación de sarcómeras se da desde la periferia hacia el centro de los miotúbulos.

  Las múltiples mitosis del miotúbulo conducen a la formación de la fibra muscular[2].
  Las miofibrillas se alinean lateralmente una a la otra, el retículo sarcoplásmico y los túbulos T toman una orientación transversa y las fibras continúan creciendo por división de las miofibrillas así como por adición de nuevas miofibrillas.

  Fibras musculares: célula multinucleada con estriaciones transversales bien definidas y núcleo situado en la periferia. Encontramos dos estados:
  - Temprano: fibra muscular con gran núcleo periférico.
  - Tardía: fibra muscular definitiva[5]. Estas se desarrollan antes del nacimiento, e incrementan de tamaño y número durante la infancia temprana[2].

El desarrollo individual de los músculos se realiza en grupos superficiales y profundos, siendo los superficiales de un desarrollo más temprano.

Durante el desarrollo se forman por lo menos tres poblaciones de mioblastos. El mioblasto embriológico da lugar a los miotúbulos primarios y a fibras musculares y luego a músculos embriológicos. Subsecuentemente, pequeños miotúbulos secundarios y fibras musculares se forman de mioblastos tardíos. Finalmente, células satélites las cuales están contenidas dentro de la lámina basal diferenciada, pueden dividirse en la vida posnatal para proveer de nuevos mioblastos.

El desarrollo del sistema nervioso central es crucial para la formación normal del linaje mioblástico fetal. La formación de fibras secundarias parece ser dependiente del nervio; el número de fibras secundarias se reduce por denervación. Esto sugiere que los miotúbulos secundarios se inician solamente en sitios de inervación de miotúbulos primarios[3].

El tejido conectivo que recubre las fibras musculares se deriva de:

- Células de la cresta neural de donde proviene el tejido conectivo que rodea los miocitos de los músculos del globo ocular, la lengua y los músculos esqueléticos de los arcos faríngeos.
- Lámina del mesodermo lateral posótica: origina el tejido conjuntivo de los músculos del primero y segundo somita y dan origen a los músculos laríngeos.
- Somitas: dan origen al tejido conjuntivo que rodea los músculos axiales cervicales.

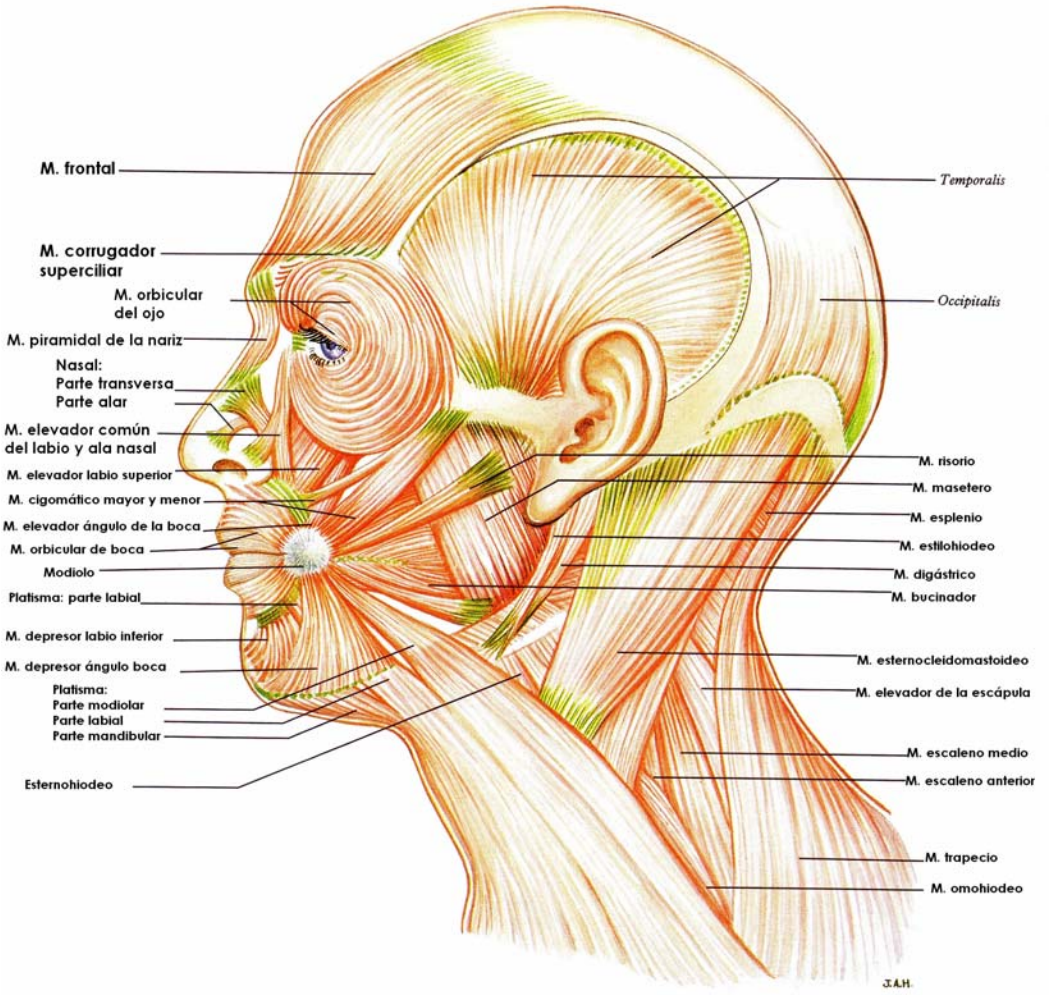
3. Clasificación de los músculos craneofaciales

Las células musculares son conocidas como *miocitos*. Los miocitos se diferencian en tres formas para formar músculo esquelético o voluntario estriado, cardiaco o involuntario estriado, y músculo liso o involuntario. Tanto el músculo esquelético como el cardiaco pueden ser referidos como músculo estriado, porque en estos tipos de músculos los filamentos de actina y miocina están organizados en elementos repetidos que dan a la célula una apariencia de estrías cruzadas cuando ellos son vistos al microscopio de luz[3].

Los músculos craneofaciales son en su mayoría músculo estriado.
Los músculos de la cabeza y cuello se suelen clasificar en:

a. Músculos craneofaciales o músculos de la expresión facial
b. Músculos masticatorios
c. Músculos anterolaterales del cuello

Otro grupo de músculos de la cabeza comprende los oculares y extraoculares, timpánicos y auriculares, linguales, palatinos y músculos de la faringe superior.



Tomado de: Williams[3]
Figura 4.4 Músculos de cabeza y cuello.

3.1 Músculos craneofaciales o de la expresión facial

Los músculos de la expresión facial reciben su inervación de las ramas del nervio facial. Se pueden dividir topográficamente, así (*véase* **Figura 4.4**, **Tabla 4.2**):

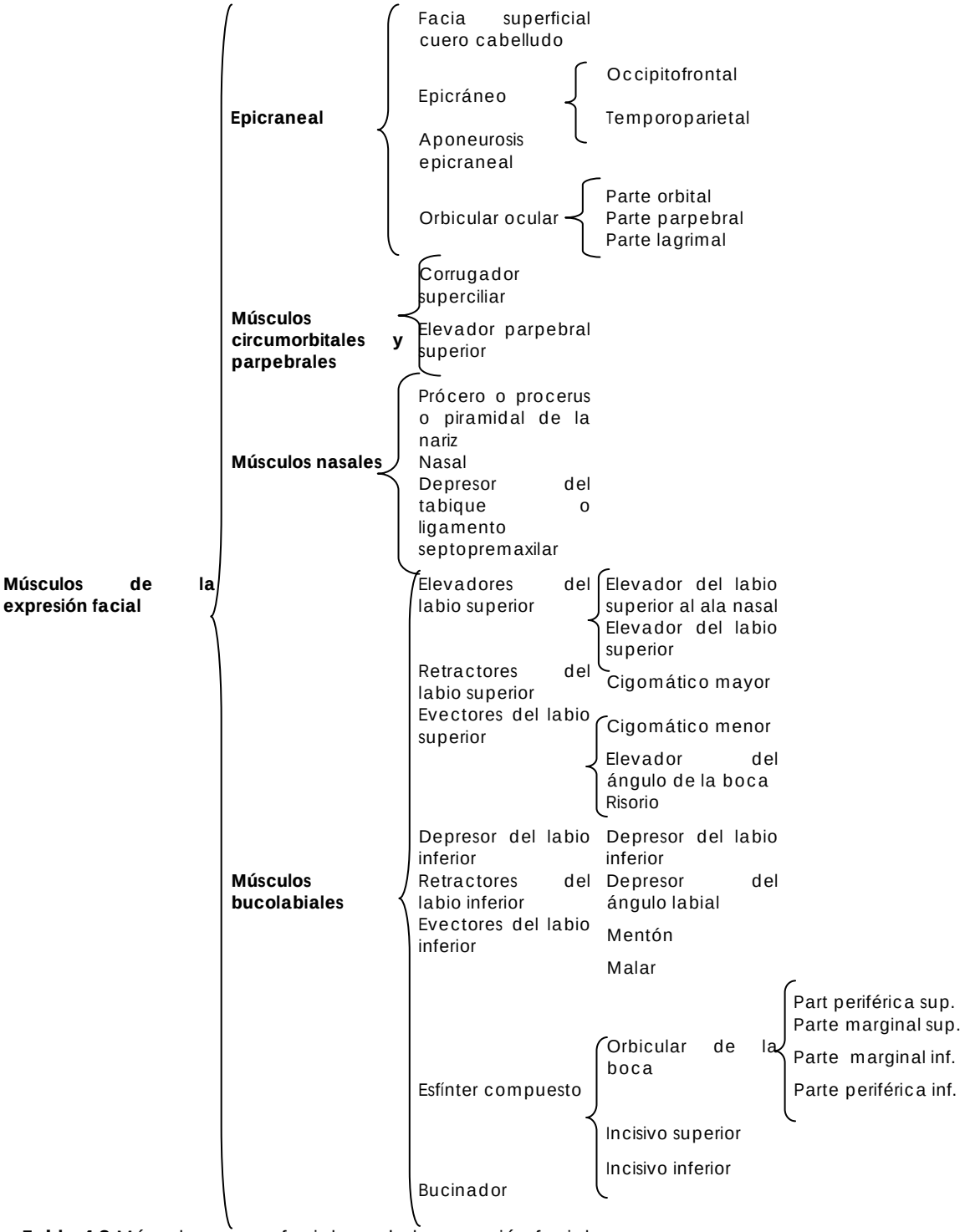


Tabla 4.2 Músculos craneofaciales o de la expresión facial.

3.2 El modiolo

Sobre cada lado de la cara converge un número de músculos hacia un punto, justo lateral al ángulo bucal, donde ellos se entrelazan para formar una masa fibromuscular densa, compacta y móvil: *modiolo.* El nombre modiolo se refiere a una semblanza superficial de un eje de carreta, radiando los músculos desde un eje central[3].

3.3 Músculos masticatorios

Son los músculos comprometidos con los movimientos de la mandíbula en la masticación y habla.

Músculos masticatorios	Fascia paratiroidea
	Masetero
	Fascia temporal
	Temporal
	Pterigoideo lateral o externo
	Pterigoideo medial o interno
	Ligamento pterigoespinoso

Tabla 4.3 Músculos masticatorios

3.4 Músculos anterolaterales y fascias del cuello

Los músculos anterolaterales del cuello se consideran en los siguientes grupos:

Músculos anterolaterales y fascias del cuello	**Músculos cervicales superficiales y laterales**	Platisma
		Trapecio
		Esternocleidomastoideo
	Músculos suprahiodeos	Digástrico
		Estilohiodeo
		Milohiodeo
		Genihiodeo
	Músculos infrahiodeos	Esternohiodeo
		Esternotiroideo
		Tirohiodeo
		Omohiodeo
	Músculos vertebrales anteriores	Colli largo
		Capitis largo
		Recto capitis anterior
		Recto capitis lateral
	Músculos vertebrales laterales	Escaleno anterior
		Escaleno medio
		Escaleno posterior
		Escaleno mínimo

Tabla 4.4 Músculos anterolaterales y fascias del cuello.

3.5 Músculos oculares y extraoculares

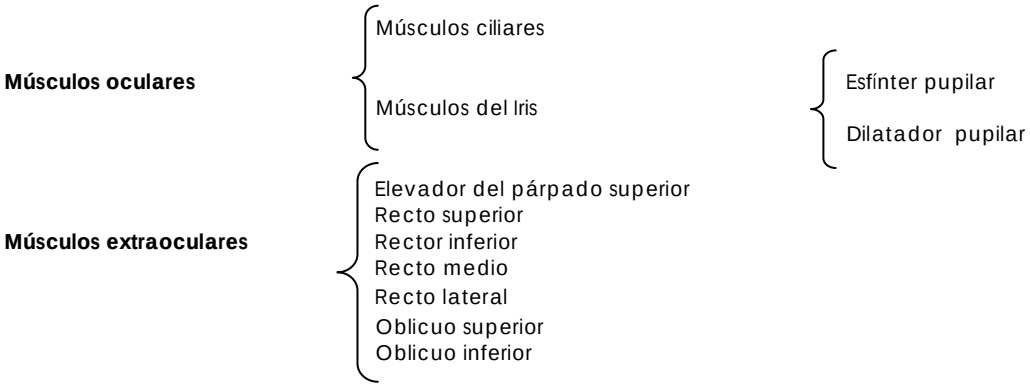


Tabla 4.5 Músculos oculares y extraoculares.

3.6 Músculos auriculares

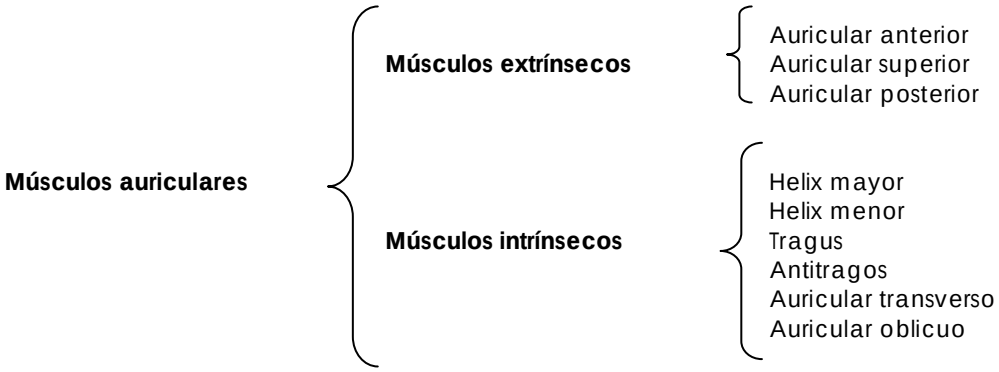


Tabla 4.6 Músculos auriculares.

3.7 Músculos de la cavidad timpánica

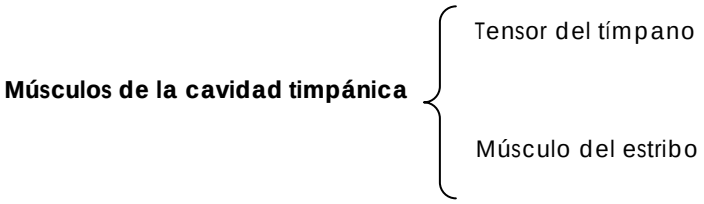


Tabla 4.7 Músculos de la cavidad timpánica.

3.8 Musculatura palatina

Musculatura palatina	Elevador del velo del paladar Tensor del velo palatino Palatogloso Palatofaríngeo Músculo de la úvula

Tabla 4.8 Músculos palatinos.

3.9 Musculatura lingual

Musculatura lingual	Músculos extrínsecos	Geniogloso Hipogloso Estilogloso Palatogloso
	Músculos intrínsecos	Músculo longitudinal superior Músculo longitudinal inferior Músculo transverso Músculo vertical

Tabla 4.9 Músculos de la lengua

3.10 Musculatura faríngea

Musculatura faríngea	Constrictor superior Constrictor medio Constrictor inferior Estilofaríngeo Salpingofaríngeo Palatofaringeo

Tabla 4.10 Músculos de la faringe.

4. Secuencia en la formación de los músculos craneofaciales

La secuencia de desarrollo de los músculos faciales, es decir los músculos inervados por el VII par craneal, se presenta en cinco etapas, según el estudio de Raymond F. Gasser[5] y se dividen en músculos superficiales y profundos (*véase* **Tabla 4.11**).

Músculos superficiales	**Lámina temporal**	Músculo auricular superior
	Lámina occipital	M. vientre occipital del occipitofrontal M. auricular posterior M. transverso nucal
	Lámina cervical	Parte cervical del platisma
	Platisma occipital	Parte occipital del platisma
	Lámina mandibular	Parte mandibular del platisma M. depresor del labio inferior M. del mentón M. risorio M. depresor del ángulo oral Parte inferior del músculo orbicular oral M. bucinador M. elevador del ángulo oral
	Lámina infraorbital	M. cigomático mayor M. cigomático menor Elevador del labio superior M. elevador del labio superior a ala de la nariz M. parte superior del orbicular oral M. compresor nasal M. dilatador nasal M. depresor septal o septopremaxilar M. orbicular ocular Vientre frontal del músculo occipitofrontal Corrugador superciliar Prócero
	Células mesenquimales adyacentes a la primera hendidura faríngea	Músculo auricular anterior
Músculos profundos	**Complejo digástrico posterior**	M. estapedial o del estribo Vientre posterior del digástrico Músculo estilohiodeo Tendón del digástrico

Tabla 4.11 Músculos faciales superficiales y profundos.

I etapa (4,2-6,5 mm, CRL, 6, semanas aprox.): Mesénquima del segundo arco faríngeo. Posee una mayor densidad celular en las regiones media y ventral. El mesénquima rodea el extremo del nervio facial y a nivel de la plácoda epibranquial del segundo arco el mesénquima se localiza caudal y profundo al nervio. Dorsal al arco, el mesénquima es mucho más disperso con células menos numerosas. Y son menos numerosas en el área lateral a la vesícula óptica. No hay todavía condensaciones mesenquimales. Las células que se desarrollarán en músculo están en etapa de premioblasto[3] (*véase* **Figura 4.5**).

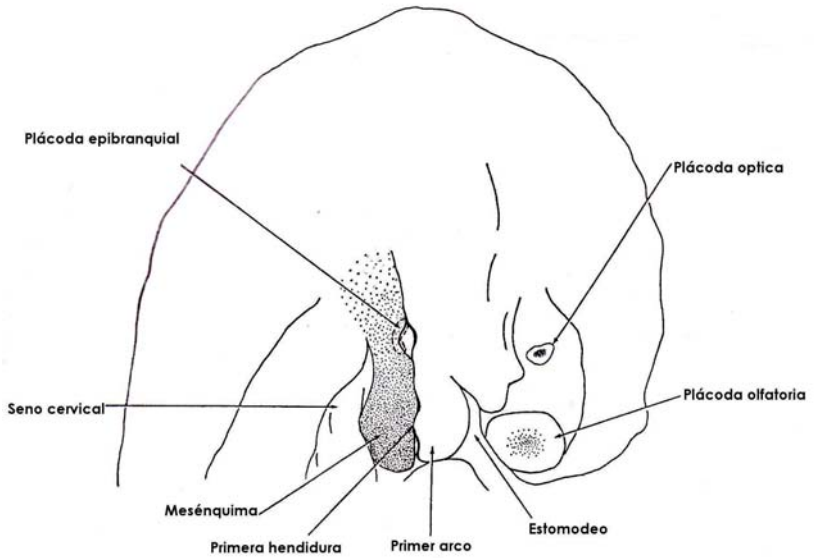


Figura 4.5 Células mesenquimales en el segundo arco faríngeo de un embrión de seis semanas.

II etapa (8-20 mm, CRL, entre 7 y 8,5 semanas aprox.): Masas premúsculares faciales. La primera condensación mesenquimal en el segundo arco se observa en un embrión de 80 mm y representa el primordio del cartílago de Reichert. Se localiza medial al nervio facial y dorsal al origen del nervio cuerda del tímpano. Superficialmente, aparece una condensación poco definida en la parte caudolateral del arco, y posteriormente esta condensación desarrolla extensiones dentro de la región caudal del segundo arco, esta extensión es más prominente en los extremos dorsal y ventral. La parte dorsal se extiende a la futura región occipital y auricular posterior y toma el nombre de *lámina occipital,* y en su porción profunda se desarrolla la rama auricular posterior del nervio facial. La parte ventral de la extensión caudal, presente a los 14 mm crece en la parte rostrolateral de la región cervical superior y se llama *lámina cervical.* Un conjunto de células mesenquimales también se extiende rostralmente en la región del arco mandibular y es denominada *lámina mandibular,* esta se hace continua con la cervical. A los 18 mm aparece otra extensión en dirección dorsal formando la *lámina temporal* (*véase* **Figuras 4.6** y **4.8**).

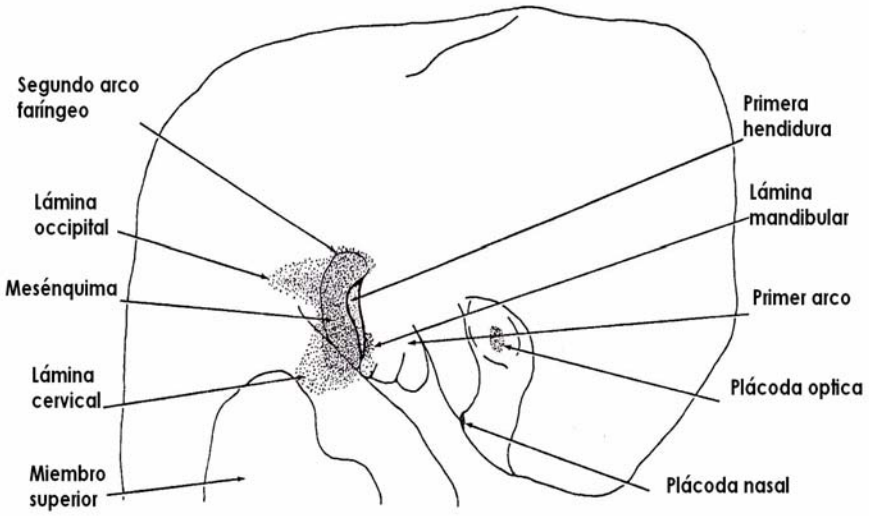


Figura 4.6 Las células mesenquimales en parte superficial del segundo arco faríngeo se extienden como láminas mandibular, occipital y cervical en un embrión de ocho semanas.

En la porción profunda del arco, caudal y medial al nervio facial, se desarrolla el *complejo digástrico posterior,* que dará origen al vientre posterior del digástrico, el músculo estilohiodeo y el tendón intermedio del digástrico. La parte ventral se divide en el vientre anterior del digástrico y músculos milohiodeos. Esta condensación se continúa lateralmente con el lado profundo de la lámina cervical. El complejo incrementa de tamaño y se introduce en el arco mandibular donde se continúa con la condensación celular del *complejo milohiodeo*. El complejo digástrico recibe unas ramas difusas del nervio facial. La parte más dorsal del complejo milohiodeo recibe una pequeña y única rama del nervio mandibular. La extensión dorsal del complejo digástrico posterior es continua sobre el lado medial del nervio facial con la parte dorsal del segundo arco branquial. En esta región se desarrollará el músculo del estribo y el estribo del oído medio. Cuando el embrión tiene 18 mm (8 semanas aprox.) el estribo se está formando en un área adyacente al extremo dorsal del segundo arco faríngeo. El estribo en esta época es una condensación en forma de anillo con la arteria estapedial atravesándola.

El músculo estapedial hace su primera aparición como una pequeña colección de premioblastos tardíos en la parte caudal del extremo dorsal del segundo arco faríngeo. A los 18-20 mm (8,4 semanas), el músculo estapedial se define mejor y está compuesto de mioblastos tempranos que se unen al estribo y al segundo cartílago.

La mayoría de las células premusculares en un embrión de 14-16 mm (7 a 8 semanas aprox.) son premioblastos tardíos. A los 18 mm (8,5 semanas aprox.), la mayoría de las células son mioblastos tempranos y la mayoría de células premusculares en el área del segundo arco están localizadas en la lámina occipital y en la parte dorsal del complejo digástrico. Hacia los 20 mm los mioblastos aumentan en número y son más maduros llegando a ser mioblastos intermedios[3] (*véase* **Figuras 4.7** y **4.9**).

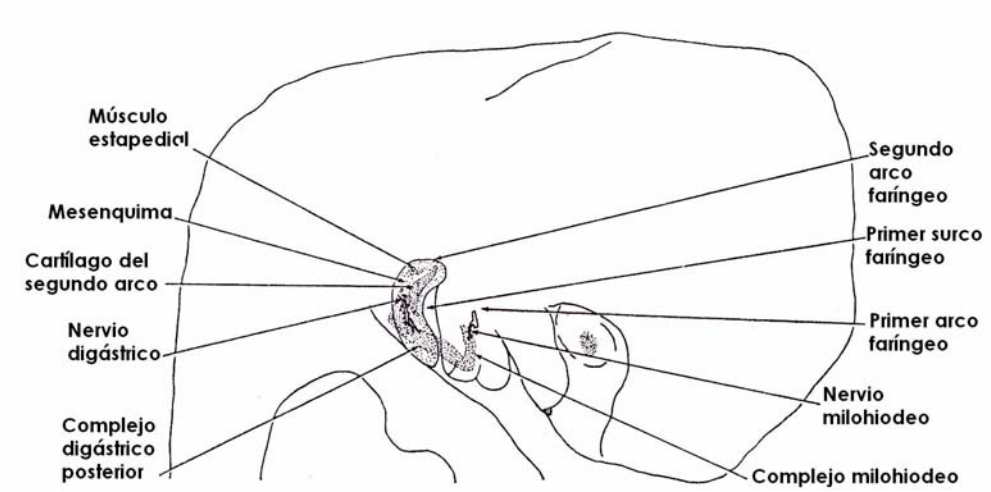


Figura 4.7 Se muestran las condensaciones mesenquimales de la parte profunda del segundo arco faríngeo y una del primer arco en un embrión de 8 semanas.

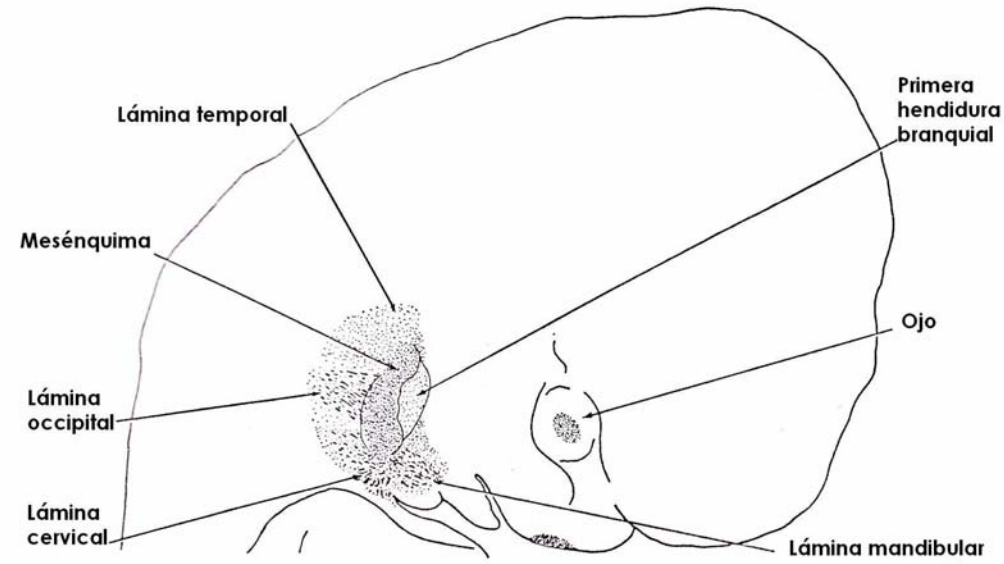


Figura 4.8 Se observan las células mesenquimales y los premioblastos como zonas punteadas y los mioblastos como líneas interrumpidas. Aparece la extensión de la lámina temporal en un embrión de 8,5 semanas.

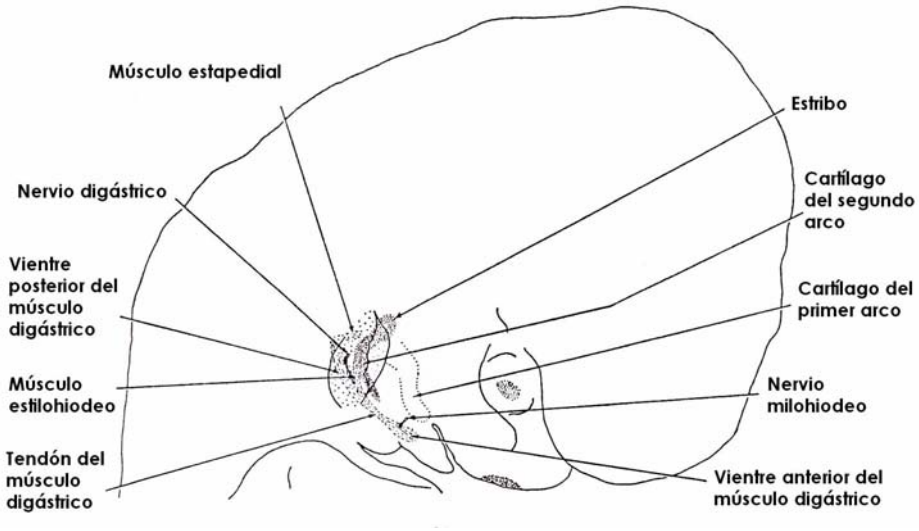


Figura 4.9 En la parte profunda se desarrolla las masas premúsculares. Aparición del estribo, vientre anterior, posterior y tendón del digástrico en un embrión de 8.5 semanas[5].

III etapa (20-44,5 mm, CRL, entre 8,5 a 11 semanas aprox.): Diferenciación de los músculos faciales.

Músculos superficiales: se encuentra bien desarrollada la lámina superficial en embriones de 20 a 23 mm (8,5 a 9 semanas) y se observan dos estructuras adicionales, la lámina infraorbitaria y el platisma occipital. A los 24 a 26 mm la lámina se extiende, a una región lejana del segundo arco, donde la aurícula se está formando. A los 27-45 mm (9 a 11 semanas aprox.) ésta se divide en músculos individuales. A los 20-23 mm, la lámina temporal está compuesta de premioblastos tardíos. En fetos de 27-40 mm la lámina es una delgada capa de mioblastos, dispersos en la región temporal formando el músculo auricular superior. A medida que la lámina corre cranealmente, ésta es gradualmente reemplazada por premioblastos o fibroblastos activos[5] (*véase* **Figura 4.10** y **4.11**).

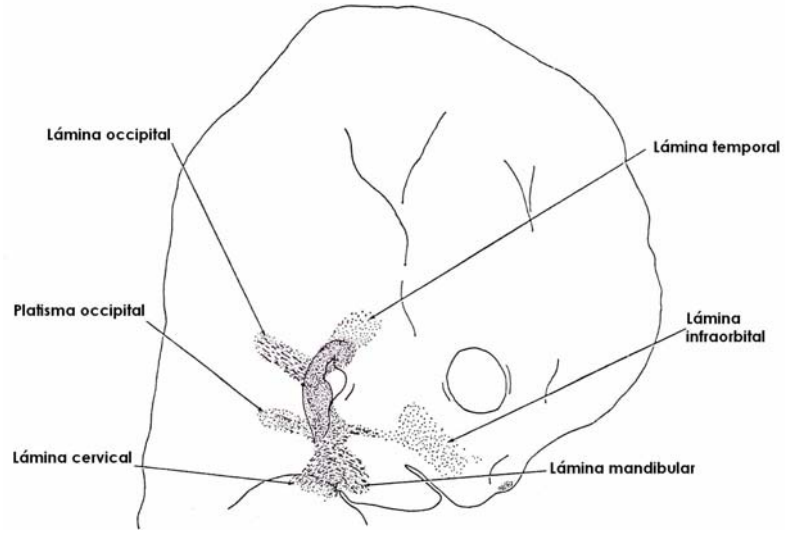


Figura 4.10 En un embrión de nueve semanas aparece la extensión mesenquimal infraorbital y el platisma occipital y se muestra como zonas punteadas, los mioblastos se ven como líneas interrumpidas[5].

En la porción rostral a la aurícula hay una colección celular que se desarrolla del mesénquima adyacente a la hendidura del primer arco que formará el músculo auricular anterior a los 40-45 mm. La lámina occipital contiene mioblastos tempranos a los 20-23 mm (8 a 9 semanas) que aumentan posteriormente, de ellos se desarrolla el vientre occipital del músculo occipitofrontal y los dos vientres del músculo auricular posterior entre los 27 y 40 mm (9 a 10 semanas).

En especimenes de 20 a 23 mm una pequeña banda de premioblastos tardíos y mioblastos tempranos, el platisma occipital, cursa dorsalmente desde la parte caudal de la aurícula en desarrollo y representa el precursor de la parte occipital del platisma. A los 26 mm (9 semanas aprox.) esta banda angosta se mezcla con el borde dorsal de la lámina cervical. Éste se compone de muchos haces de mioblastos que corren a través de la región occipital. Ellos son superficiales al músculo esternomastoideo y en algunos fetos son continuos con el borde ventral del músculo trapecio (*véase* **Figura 4.11**).

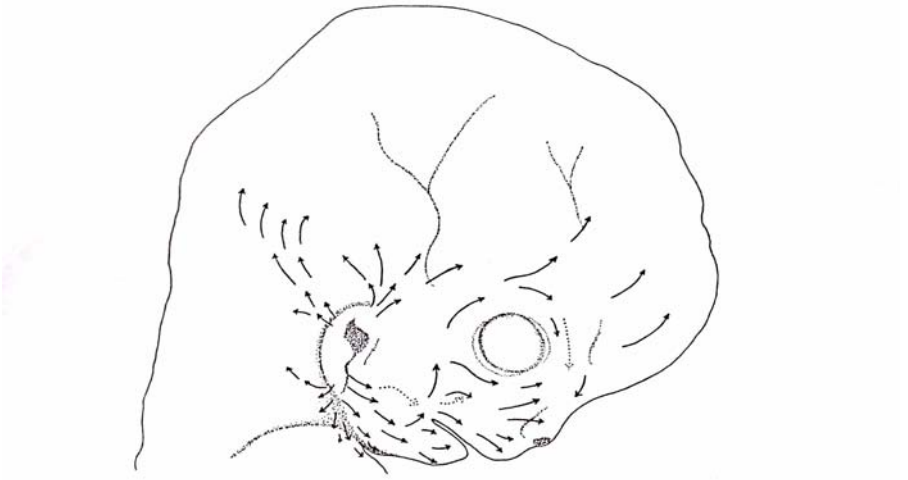


Figura 4.11 Vías de crecimiento de los músculos superficiales. Las flechas punteadas en las regiones supraorbital, infraorbital y bucal indican las zonas donde aparecerán para formar por delaminación desde lo profundo a lo superficial las capas musculares de los músculos corrugados superciliar, elevados del ángulo de la boca y músculos bucinadores.

Ventral al primer surco branquial, a los 20-23 mm, la lámina cervical y mandibular están unidas en una capa gruesa de mioblastos intermedios y muchos premioblastos. La capa de células se extiende dentro de la parte ventral de la región cervical superior y también dentro del arco mandibular. Las células premusculares son continuas con la densa colección de células mesenquimales en la región auricular. La lámina mandibular que se extiende al ángulo de la boca, formará el músculo depresor del ángulo de la boca (músculo que es superficial al platisma) (*véase* **Figura 4.12**).

El músculo orbicular de los labios comienza su desarrollo cuando la longitud del embrión es de 37 mm como una condensación laxa de mioblastos intermedios. A los 40-45 mm el músculo está compuesto por mioblastos tardíos y rodea completamente la boca.

A los 20-23 mm (8 a 9 semanas aprox.) la lámina mandibular se continúa con una condensación de células mesenquimales en la región infraorbitaria, y se denomina *lámina infraorbitaria.* En la porción más lateral de la porción infraorbitaria se observa la formación de las primeras fibras del músculo cigomático mayor, que va desde el

hueso cigomático, en formación, al ángulo de la boca y se continúa con el depresor del ángulo de la boca; en su porción medial se continúa con el cigomático menor y el orbicular de los ojos. La lámina infraorbital se compone de premioblastos y mioblastos superficiales al cigomático mayor. El músculo cigomático menor se continúa medialmente con una lámina de mioblastos que corren dentro del labio superior y a los lados de la nariz. No se definen aún los músculos elevadores o labiales. A los 37 mm se desarrolla, alrededor del ojo, el músculo orbicular ocular. El vientre frontal del músculo occipitofrontal empieza a desarrollarse en fetos de 27-45 mm (9 a 11 semanas). Sus células son principalmente premioblastos con poca orientación[5]. La mayoría de las células craneales y frontales, de la región temporal y occipital, son premioblastos o fibroblastos activos los cuales forman una delgada capa superficial que desarrolla la bóveda craneal. En especimenes de 40 a 45 mm (11 semanas) esta capa se extiende al vértice de la cabeza y a medida que avanza su desarrollo las células se orientan rostrodorsalmente y forman la *gálea aponeurótica.*

El músculo bucinador no está bien delimitado a los 26 mm (9 semanas) y llega a ser superficial a medida que se aproxima al ángulo de la boca y se une con la cara profunda del músculo más superficial de la región; este músculo se divide en una porción craneal y una caudal limitadas por el conducto de la glándula parótida. La porción caudal se extiende dorsalmente y entre los 37 y 45 mm; ésta se mezcla con el constrictor superior de la faringe.

A los 37 mm (10,5 semanas) el músculo elevador del ángulo de la boca, se ha formado profundo en la parte caudal y lateral del plexo infraorbitario, éste se inicia cranealmente adyacente al hueso maxilar en desarrollo y cursa caudal y lateralmente para unirse con los músculos zigomáticos y bucinador en el ángulo de la boca; algunas veces su porción caudal se une con la parte mandibular del platisma[5].

Los músculos profundos se hacen más evidentes y aumentan de tamaño.

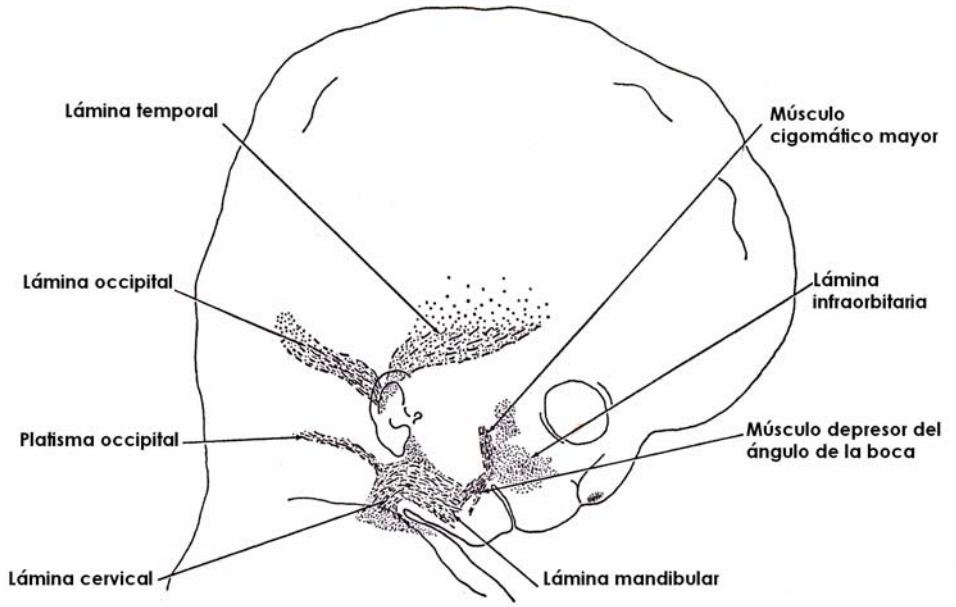


Figura 4.12 En un feto de 10 semanas las células mesenquimales se muestran como zonas punteadas y los mioblastos como líneas interrumpidas. Aparición del músculo depresor del ángulo de la boca[5].

IV etapa (50-146 mm luego de la semana 11): Localización definitiva de los músculos faciales.
A los 80 mm (semana 14) los músculos faciales se encuentran en su posición definitiva[3].
Músculos superficiales: a los 58 mm (12 semanas aprox.) el músculo auricular anterior es una banda corta de mioblastos corriendo cranealmente desde la parte rostral de la aurícula y a los 80 mm está adyacente al borde rostral del músculo auricular superior. Dorsal al músculo auricular posterior se presenta una lámina delgada en la región cervical, el *músculo transverso de la nuca*. Entre 50 y 80 mm la parte mandibular del platisma se extiende a la región mentoniana y se entrecruza con fibras musculares del labio inferior y representan el depresor del labio inferior. El risorio se desarrolla del borde craneal del platisma (*véase* **Figura 4.13**).

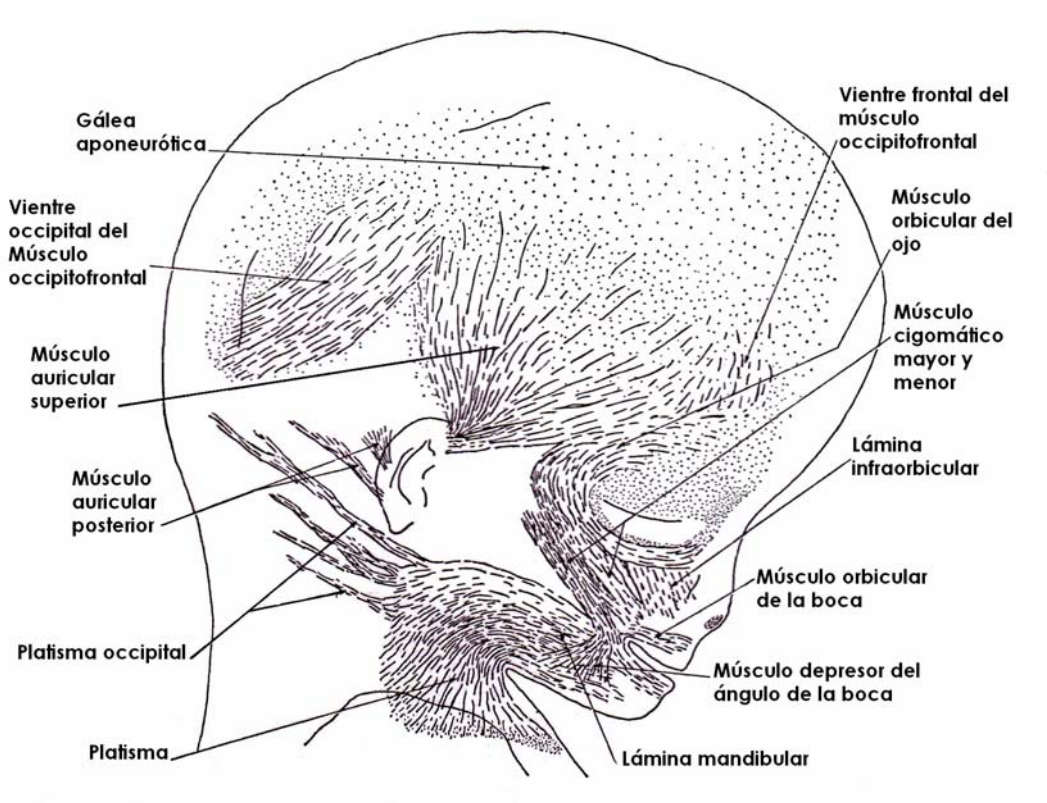


Figura 4.13 En un feto de 11 semanas se observa la aparición de la gálea aponeurótica y los músculos auriculares posteriores como zonas punteadas y los mioblastos como líneas interrumpidas que muestran por densidad de líneas la concentración de las células premusculares.

A los 101 y 140 mm, el músculo buccinador se extiende a la lámina pterigoidea externa y posteriormente se une con el constrictor superior de la faringe; el músculo orbicular de los labios se encuentra bien desarrollado y rodea totalmente la boca. En los 142 mm se desarrolla un cojín grande de grasa, superficial al bucinador y profundo al risorio y a los músculos del platisma.

En este estado se evidencia el desarrollo de múltiples músculos. El músculo elevador del labio superior en la región infraorbitaria tiene una parte superficial que se une al orbicular de los ojos y otra profunda que se une al hueso maxilar en la porción

caudal de la órbita; también se desarrolla el músculo elevador del labio superior y del ala de la nariz, el músculo compresor y el dilatador de la nariz, este último se une con el orbicular de los labios. A los 142 mm el músculo depresor septal o septopremaxilar es caudal al tabique nasal y corre en dirección vertical. Luego cursa desde la nariz dentro del labio superior donde las fibras pasan profundo al músculo orbicular de los labios y se anclan al hueso premaxilar (*véase* **Figura 4.14**).

A los 50-58 m.m. (11 a 12 semanas), en el orbicular de los ojos se encuentra bien definida su parte orbitaria, no así su parte parpebral. La parte craneomedial se une con el músculo frontal y ambos se extienden hacia el puente nasal como músculo del prócero o piramidal de la nariz.

El músculo corrugador superficial aparece profundo a la parte supraorbital del músculo orbicular del ojo. La parte medial del músculo orbicular del ojo rodea el saco y el canal lagrimal y la parte parpebral forma la mayor porción de los párpados. Entre los 50 a 80 mm (11 a 14 semanas aprox.) el músculo frontal se adelgaza a medida que se aproxima al vértice formando la gálea aponeurótica, y continuándo con el músculo occipital y auricular superior.

En los músculos profundos no ocurren cambios significativos. Ocasionalmente, están presenten fibras de tejido conectivo la cuales anclan parcialmente las células musculares al periostio del hueso en desarrollo.

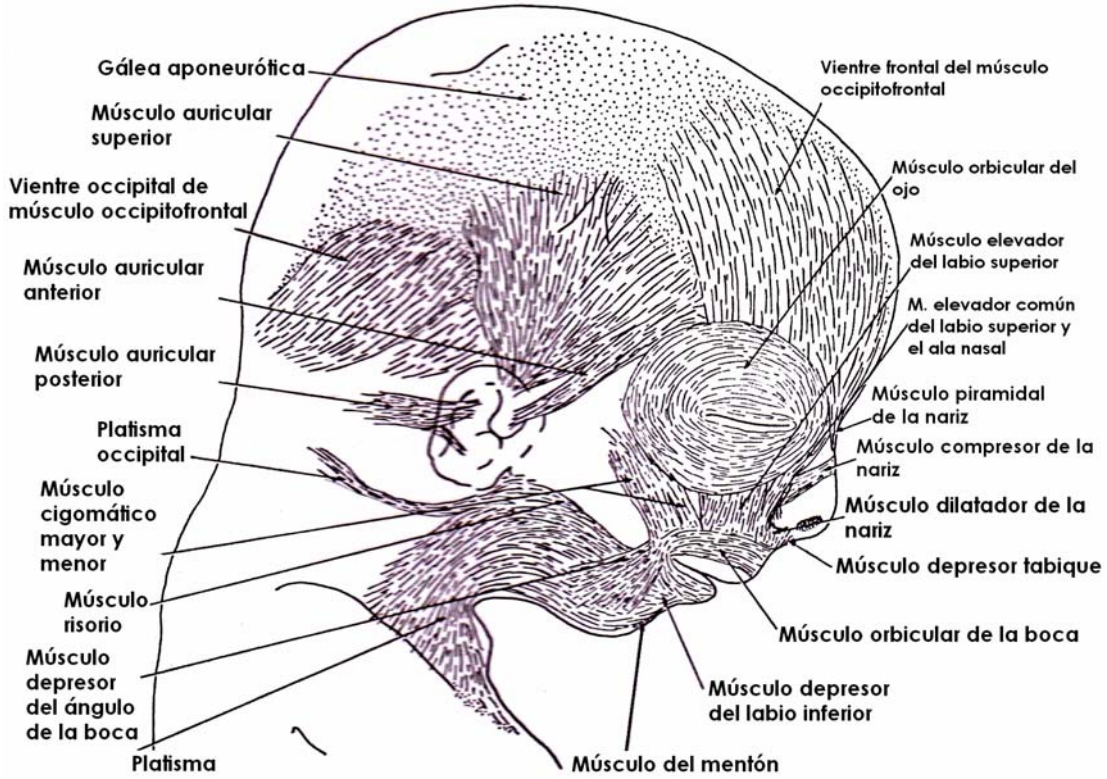


Figura 4.14 En un feto de 14,5 semanas los fibroblastos de la gálea aponeurótica son mostrados como zona punteada y los miotúbulos como líneas interrumpidas. Aparición del músculo piramidal de la nariz, compresor de la nariz, depresor del tabique.

V etapa (210, 270 y 360 mm): Músculos faciales en fetos. Los músculos incrementan en tamaño y extensión a medida que las regiones de cabeza y cuello se vuelven más grandes; a nivel superficial el músculo transverso nucal está presente a 210-270 mm y casi siempre es continuo con el auricular posterior. Existen cambios graduales entre individuos con 146 mm y término, algunos de los músculos son difíciles de distinguir individualmente como los músculos cigomáticos y risorio platisma. Todos los músculos superficiales son delicados y la mayoría son profundos a las capas de grasa subcutánea, pero superficiales a su inervación. En este punto muchas de las inserciones óseas ya se han establecido.

En cuanto a los músculos profundos, se encuentran firmemente unidos a hueso y cartílago y sus inserciones son más fuertes que las de los músculos superficiales[3] (*véase* **Figura 4.15**).

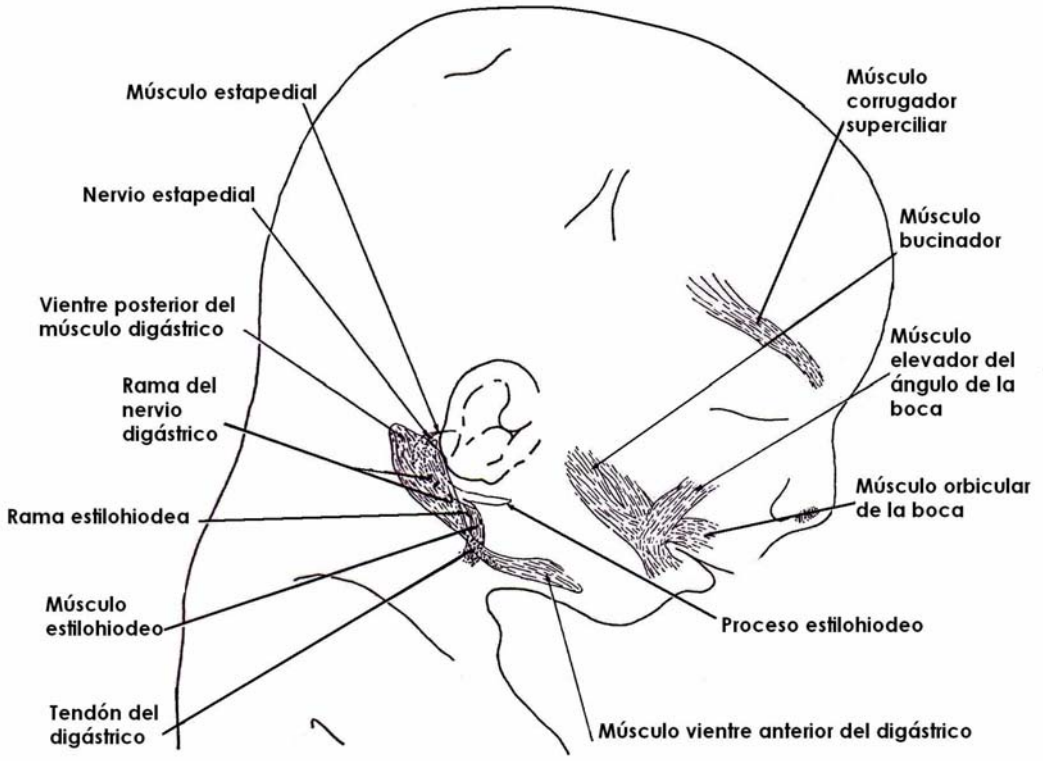


Figura 4.15 Los músculos faciales profundos en un feto de 14.5 semanas[5].

5. Secuencia de la formación de los músculos masticatorios

Los músculos orofaciales son los primeros en desarrollarse en el cuerpo de acuerdo con la secuencia craneocaudal del desarrollo fetal. Se reporta que las primeras masas premusculares en diferenciarse son el *geniogloso* y el *genihiodeo* a los 32 a 36 días. De los músculos derivados del primer arco, el *milohiodeo* y el *vientre anterior del digástrico* son los que se desarrollan más temprano. El milohiodeo inicialmente se une al borde ventral del cartílago de Meckel y posteriormente migra dorsal para unirse a la mandíbula fetal[2].

De los músculos palatinos el primero en desarrollarse (primer arco faríngeo) es el tensor del velo del paladar, posteriormente se desarrollan el elevador del velo del paladar, el palatofaríngeo y el palatoestafilino derivados del segundo y cuarto arco

respectivamente. El músculo palatogloso es el último en diferenciarse y se deriva del cuarto arco[2].

Dentro de los músculos masticatorios, el masetero y el pterigoideo medio tienen poca distancia para migrar, pero su crecimiento e inserciones están relacionados con el remodelado de la rama que comienza en un periodo muy temprano, y como consecuencia, reajustan sus inserciones continuamente. Las inserciones del músculo pterigoideo lateral en el cuello y la cabeza condilar (que tiene una alta tasa de remodelado), requieren su constante reinserción, adicionalmente es necesaria una elongación muscular debida al crecimiento de la sincondrosis occipito-esfenoidal que interviene en el origen del músculo[2].

La inserción del músculo temporal a la fosa, incrementa una distancia considerable desde su sitio de inserción mandibular (coronoides) donde el músculo es empleado en la masticación; esta inserción también debe ser modificada constantemente ya que el borde anterior de la rama y el proceso coronoides se remodelan rápidamente durante el periodo de crecimiento activo. A media que crece el proceso alveolar las inserciones del músculo bucinador tambien requieren realustes en su inserción.

La histogénesis y morfogénesis de los músculos y nervios se influencia una a otra, el contacto de las fibras nerviosas motoras con los miocitos estimula su actividad y a medida que las masas musculares se forman, los nervios y vasos suplen las diferencias. La conexión nervio-vaso establecida en el tiempo del desarrollo de las fibras musculares persiste después de que los músculos han migrado desde su sitio de origen, esto explica los largos y tortuosos caminos que los nervios y las arterias pueden seguir en la anatomía adulta. Las actividades musculares funcionales comienzan tan pronto como se establecen los patrones reflejos neurológicos[2-4].

La respuesta muscular a los estímulos se desarrolla primero en la región perioral como resultado de los estímulos cutáneos aplicados a los labios, indicando que el nervio trigémino es el primero en activarse. El movimiento muscular temprano a estos estímulos esteroceptivos ha sido reportado en la semana 7,5 VIU, pero los movimientos musculares espontáneos se cree que se originan solo hasta la semana 9.5 VIU[2].

La estimulación de los labios de un feto de 8,5 semanas resulta en un reflejo activo incompleto de apertura de la boca pues a esta edad se poseen todos los mecanismos neuromusculares suficientemente maduros para reaccionar.

El cierre de la boca es pasivo inicialmente, pero después de la semana 11 éste es activo y rápido como resultado de la iniciación de la actividad muscular refleja. La deglución comienza hacia la semana 12,5 en asociación con los reflejos de extensión y a la semana 13-14 la actividad facial temprana de los músculos puede manifestarse por la expresión de sonrisa en respuesta a estímulos. Estas capacidades motoras tempranas no son relativas a las emociones[2].

La diferenciación temprana de los músculos digástrico y milohiodeo puede influir en la habilidad temprana de apertura de la boca y pueden ser esenciales para el desarrollo normal. El descenso de la lengua y el desarrollo de las cavidades sinoviales en la ATM pueden depender de estos movimientos tempranos[2,3].

Los movimientos complejos de succión involucran la apertura de la boca, protrusión de los labios y movimientos de la lengua que no se manifiestan espontáneamente

hasta las 24 semanas; se ha evidenciado succión digital intrauterina tan temprano como en la semana 18[2].

La deglución y succión completas ocurren hacia la semana 32-36 de vida fetal. La combinación de ambas es un indicador de maduración neurológica que es particularmente importante para la supervivencia de los niños prematuros[2].

Al nacimiento los músculos de la succión de los labios (orbicular y bucinador) están relativamente mejor desarrollados que los músculos de la masticación. El masetero y pterigoideo medio están mejor desarrollados al nacimiento que el músculo temporal y el pterigoideo lateral, la musculatura lingual está bien diferenciada al nacimiento y tiene un amplio rango de movimiento.

Todo lo relacionado con los movimientos orofaciales de succión, deglución, respiración y reflejo de búsqueda, son los reflejos congénitos necesarios para la supervivencia. Los reflejos adquiridos condicionados, se desarrollan con la maduración del aparato neuromuscular y generalmente se denominan *hábitos*[2].

Hasta que los incisivos erupcionan el niño continúa con la lengua entre los arcos y utiliza predominantemente los músculos faciales. Este patrón es conocido como deglución infantil y es un reflejo no condicionado que se caracteriza por la contracción marcada de los labios. Después de la erupción de los primeros molares temporales, el niño tiende a deglutir con los dientes unidos por acción de los músculos de la masticación. Esta deglución madura es un reflejo condicional al igual que la masticación.

Las fibras musculares ganan sus inserciones al hueso algunas veces antes de su diferenciación. La migración de los músculos y ligamentos respecto a sus inserciones óseas es una consecuencia del crecimiento perioral. La unión de los músculos a los huesos tiene alguna influencia en la formación ósea. Particularmente, cuando los músculos se convierten en funcionales y ejercen fuerzas que invoquen la ley de la respuesta ósea de Wolf[2].

La maduración normal y el desarrollo del equilibrio de las fuerzas mandibulares durante el crecimiento orofacial son necesarios para el desarrollo óseo y la oclusión dental. Los movimientos de la lengua y labios son importantes en el establecimiento de una oclusión adecuada.

La influencia de la función de los músculos masticatorios sobre el crecimiento craneofacial ha sido investigada en una serie de estudios clínicos y experimentos sobre modelos animales; la conclusión común es que los músculos elevadores de la mandíbula influencian las dimensiones transversales y verticales de la cara.

Durante el crecimiento posnatal los huesos sufren un continuo proceso de remodelado manteniendo una forma apropiada para su función biomecánica, este remodelado responde entonces a alteraciones por las demandas mecánicas.

Estudios sobre huesos largos han mostrado que el hueso remodelado alcanza una forma con la cual puede soportar mejor las cargas mecánicas aplicadas; en cerdos jóvenes y ratas adultas, se encontró que un incremento de las cargas mecánicas sobre huesos largos produce un aumento en el grosor de la cortical ósea, el cual se desarrolla linealmente con la magnitud de la tensión aplicada. Estos mecanismos de tensión influencian igualmente la estructura mineral del hueso, induciendo a los

cristales de hidroxiapatita a orientarse en una dirección longitudinal en la región media de los huesos largos[3].

La reducción o ausencia de estrés mecánico sobre las cargas que usualmente soporta el hueso inducen a una reducción de la masa ósea parecida a una osteoporosis, dicha pérdida es mayor en el hueso trabecular que en el cortical[3].

Existe una relación cercana entre músculo y hueso debido a una influencia muscular que afecta el crecimiento óseo por riego vascular; dicha influencia vascular puede ser directa ya que las arterias musculares proporcionan aporte sanguíneo principal o indirecto pues el volumen y la presión vascular cambian durante la contracción y los movimientos musculares. Así, los efectos de contracción muscular afectan directa e indirectamente el crecimiento óseo; estudios sobre animales, han encontrado una longitud condilar menor en grupos de animales sometidos a dieta blanda[6].

Sin embargo, extrapolaciones directas sobre humanos no son totalmente válidas, ya que se ha observado en estudios antropológicos que en poblaciones con condiciones de vida primitiva la frecuencia de maloclusiones es baja, mientras que esta se incrementa en aquellas poblaciones industrializadas. Igualmente, el análisis de cráneos medievales muestra una menor frecuencia y menos severidad de maloclusiones comparados con individuos sanos contemporáneos; en los primeros se encontraron características morfológicas como un ángulo intermaxilar pequeño, ángulo goniaco pequeño y mandíbula amplia. Los hallazgos coincidieron con un desgaste excesivo que concuerda con una función excesiva de los músculos masticatorios; características que pueden ser encontradas igualmente en individuos contemporáneos, con un incremento en la actividad muscular (bruxismo). La morfología craneofacial de estos individuos, se caracteriza por una cara corta.

En contraste, se ha encontrado otro tipo de morfología en pacientes con distrofia miotónica, los cuales presentan patrones de crecimiento vertical y una alta incidencia de maloclusiones. Así mismo en pacientes adultos con deformidades maxilares se ha encontrado un grosor menor de músculo masetero comparado con grupos controles, característica relacionada igualmente con una cara larga.

La mayoría de estudios concuerdan con que músculos elevadores mandibulares gruesos o fuertes producen unas dimensiones faciales transversas más anchas. Investigaciones recientes, han mostrado que los individuos con músculos masticatorios débiles pueden pertenecer tanto a grupo de individuos con caras largas o con caras normales, mientras que muy pocos individuos con músculos masticatorios fuertes presentan morfología de cara larga[6].

Los estudios concluyen entonces que la influencia epigenética de los músculos masticatorios como elementos generadores de fuerzas, sobre el crecimiento craneofacial, puede ser válida en la presencia de un incremento en la actividad muscular pero no necesariamente cuando dicha actividad es reducida.

6. Organización funcional de los músculos de la masticación

Los músculos de la masticación son típicamente multipinados y/o en forma de abanico con fibras orientadas en una variedad de ángulos. La subestructura intramuscular puede ser analizada en el nivel celular, fascicular o grueso. En cada nivel las consecuencias funcionales de la subestructura son comandadas por la organización neural[7].

La característica fundamental de los músculos esqueléticos es la producción de fuerzas a lo largo del eje axial de las fibras, la denominada "línea de acción" [7].

La complejidad de los músculos puede ser descrita en tres niveles:

a. Nivel celular
b. Nivel de los fascículos musculares
c. Cabezas musculares

A nivel celular, el músculo masetero y temporal presentan fibras tipo I y tipo II. Las fibras tipo II predominan en número y son generalmente más pequeñas que las tipo I en hombres que en mujeres.

Con tinción de tetrazolium reductasa y con reacción ATPasa a un pH de 9,4, se ha logrado identificar tres tipos de fibras: a) tipo I con baja tincionabilidad; b) tipo II con alta tincionabilidad; y c) tipo III con moderada o intermedia tincionabilidad. Los porcentajes medios de distribución de tipos de fibras en los músculos masetero y temporal son: tipo I 28%, 30,9%; tipo II 57%, 64,5%, e intermedias tipo III 14,2%, 4,6% respectivamente[8].
A nivel celular, las fibras musculares difieren en su construcción enzimática y se encuentran diferentes tipos y en variadas proporciones en diversas partes del mismo músculo. En los músculos de la masticación es más frecuente encontrar fibras lentas espasmódicas oxidativas que fibras rápidas espasmódicas glicolíticas en lo profundo del músculo y ubicación rostral[9]. Esto significa que las fibras de contracción lenta están más distantes de la articulación temporomandibular.

A nivel de los fascículos musculares, las diferencias intramusculares se encuentran no sólo en la longitud de las fibras, sino en la longitud de la sarcómera, indicando que esos grupos de fibras están realizando diferentes tipos de fuerzas, porque están a diferentes puntos sobre la longitud de la curva. Los fascículos también difieren en su orientación tridimensional, lo que compromete su habilidad para producir fuerza y permite flexibilidad funcional[10].

La formación de cabezas musculares se debe a que la mayoría de músculos de la masticación están subdivididos por tejido conectivo formando cabezas. El significado funcional es que éstas son un grupo de fibras que se originan en lugares particulares y así se hacen distinguibles del resto del músculo, ejecutando una acción en una dirección determinada que los hace considerarse casi como músculos separados.

Esos niveles de complejidad son comandados por la organización neural. La unidad actual de contracción no es la fibra muscular, el fascículo o la cabeza, sino la unidad motora, que consiste de una neurona α-motora y todas las fibras musculares que ella inerva.

La explicación de la existencia de una arquitectura muscular pinada es que ésta permite que más fibras estén agrupadas dentro de un espacio dado, incrementando la fuerza a expensas de la excursión. Actualmente, se cree que los músculos pinados pueden producir excursiones más grandes que los músculos con fibras paralelas, porque adicional al acortamiento, las fibras pueden rotar desde su origen[11]. Entre los músculos de la masticación, la penación parece servir en la excursión del digástrico y en la fuerza del masetero[12].

La diferenciación funcional es facilitada por la subdivisión neural del masetero en series rostrocaudales de pequeños territorios de unidades motoras. La distribución de

las motoneuronas sugiere que el masetero no es un compendio de compartimientos individuales sino un mosaico de interrelaciones múltiples y elementos sobrelapados[12].

6.1 Tipos de contracción muscular

El músculo esquelético puede contraerse sin disminución apreciable de su longitud; a esta contracción se le denomina *isométrica* y se produce gracias a la presencia de elementos elásticos y viscosos en serie con el mecanismo contráctil. La contracción muscular que implica la aproximación de los extremos del músculo contra una carga constante, se denomina contracción *isotónica.*

La actividad muscular es ejercida por contracción o por relajación de sus fibras. Para que haya coordinación en la acción muscular debe haber coordinación de la actividad contráctil en el grupo de músculos agonistas y antagonistas. Los agonistas cooperan para ejecutar la acción, mientras los antagonistas actúan en oposición a los agonistas y producen el control y la graduación necesaria para ejecutar movimientos útiles[3].

La actividad muscular está influenciada por mecanismos reflejos, tales como los *reflejos miotáticos* o de estiramiento, y el *reflejo inverso* o de inhibición autogenerativa.

El reflejo miotático es la contracción muscular en respuesta al estiramiento del músculo intacto. El receptor del estiramiento es el huso muscular, el cual tiene conexiones con motoneuronas espinales que inervan al propio músculo.

El reflejo miotático inverso es la relajación muscular en respuesta a un estiramiento fuerte. A mayor estiramiento del músculo, mayor es la contracción refleja. Cuando la tensión llega a ser suficientemente grande, la contracción cesa bruscamente y el músculo se relaja. El receptor para la inversión del reflejo miotático se encuentra en el órgano tendinoso de Golgi, localizado en serie con las fibras extrafusales[3].

6.2 Secuelas de contracción muscular excesiva de los músculos periorales

Los músculos periorales, faciales y masticatorios ejercen fuerza sobre los arcos dentarios y los mantienen en equilibrio contrarrestando la fuerza que ejercen los músculos de la lengua. Igualmente, los músculos posturales de cuello, nuca y espalda, mantienen la posición erguida del tronco, para un crecimiento normal de las estructuras esqueléticas.

Cuando la respiración nasal se obstruye y aparece la oral, la postura craneal y corporal cambia para facilitar el paso del aire a los pulmones, produciendo un cambio en el equilibrio normal muscular que altera las fuerzas que éstos ejercen sobre los huesos[14].

A continuación se muestran tres casos clínicos, con respiración oral y múltiples secuelas posturales y orales (*véase* **Figura 4.17-4.20**).

A

B

C

D

Figura 4.17A Postura corporal encorvada en una niña de 10 años; **B), C)** y **D)** apiñamiento dental severo con angostamiento del arco superior y proyección anterior de la zona dentoalveolar incisiva con agrandamiento gingival excesivo.

A

B

Figura 4.18A, B La misma niña de las figuras anteriores cuando se encuentra en posición labial habitual, como respiradora oral y cuando hace cierre labial en deglución, se puede observar los labios resecos y evertidos. Se observa el mentón en forma de pelota de golf, con punteado que refleja la contracción excesiva de los músculos de la borla del mentón y el labio inferior interpuesto entre los dientes superiores e inferiores.

A

B

C

Figura 4.19 Labios en posición habitual de respirador oral y en posición de cierre forzado. Se observa excesiva contracción del mentón. De perfil se observa un labio superior corto, evertido y de poco volumen.

Figura 4.20 Labios en posición habitual de respirador oral con lengua en proyección anterior e interpuesta entre los dientes.

Referencias

1. Gilbert SF. **Developmental biology.** Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts, 2003**.**
2. Sperber GH. **Craniofacial Embriology**. 4th edición, 17 Muscles development 1981, 17:192-204.
3. Williams PL *et al*. **Gray's anatomy.** Thirty-eighth edition. Churchill Livingstone, 1995.
4. Pansky B. **Embriología médica.** Panamericana Buenos Aires, 1985.
5. Gasser R. **The development of facial muscles in man**. Am J Anat 1967; 120: 357-376.
6. Kiliariades S. **Masticatory muscles influence on craniofacial growth**. Acta Odont Scan 1995; 53.
7. Herring SW. **Muscles of mastication: Architecture and functional organization**. The biological Mechanism of tooth Movement and Craniofacial Adaptation. Davidovitch (ed), The Ohio State University College of Dentistry, Columbus, Ohio, U.S.A. 1992; 541-548.
8. Ringqvist M. **Fiber types in human masticatory muscles. Relation to function**. Scand J Dent Res 1974; 82:333-355.
9. Rowlerson A, Mascarello F, Barker D and Saed H. **Muscle-splindle distribution in relation to the fibre type composition of masseter in mammals**. J Anat 1988; 161:37-60.
10. Herring SW, Wineski LE and Anapol FC. **Neural organization of the masseter muscle in the pig**. J Comp Neurol 1989; 280:563-576.
11. Gans C. **Fiber architecture and muscle function.** Exer Sport Sci Rev 1982; 10:160-207.
12. Herring SW, Grimm AF and Grimm BR. **Functional heterogeneity in a multipinnate in the pig**. J Exp Zool 1979; 237:191-207.
13. Meikle MC. **Craniofacial Development, Growth and evolution**. England, 2002.
14. Thilander B, Rönning O. **Introduction to Orthodontics**. 2nd edition, Goteborg, 1995.