

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Anatomía y Embriología Humanas



TESIS DOCTORAL

Contribución al desarrollo del hueso hioides en humanos

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María-Lourdes Santos González

Director

José Francisco Rodríguez Vázquez

Madrid, 2017

© María-Lourdes Santos González, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANAS



CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DEL HUESO HIOIDES EN HUMANOS

María-Lourdes SANTOS GONZÁLEZ

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANAS



CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DEL HUESO HIOIDES EN HUMANOS

Trabajo de investigación presentado por la Lda

María-Lourdes SANTOS GONZÁLEZ

para optar al Grado de Doctor

Director: Prof. Dr. José Francisco Rodríguez Vázquez
Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía y Embriología Humanas

Madrid, 2016



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y
EMBRIOLOGÍA HUMANAS I

FACULTAD DE MEDICINA

Prof. J.F. Rodríguez Vázquez
Catedrático de Anatomía y Embriología Humana

D. JOSÉ FRANCISCO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, CATEDRÁTICO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.

CERTIFICA: Que el trabajo de Investigación, base de Tesis Doctoral titulado: “*Contribución al desarrollo del hueso hioides en humanos*”, ha sido realizado por Dña. **MARÍA-LOURDES SANTOS GONZÁLEZ** bajo mi dirección. Considerando quien suscribe que reúne las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor.

Dado en Madrid, a 15 de abril de 2016.

Fdo.: Prof. J.F. Rodríguez Vázquez

A mi marido Antonio y a mis hijos An drea y Fernando

Un agradecimiento singular debo al Profesor Dr. José Francisco Rodríguez Vázquez que, como director de esta tesis, me ha orientado, apoyado y corregido con gran interés, entrega, disponibilidad y paciencia. Sin él no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

También expresar mi agradecimiento a Dña. Montse Juanilla por su ayuda en los aspectos informáticos, dedicando siempre amablemente horas de su tiempo.

Agradezco al Dr. Verdugo su ayuda en la traducción, y por último dar las gracias a mis compañeros de trabajo que, de diferentes maneras han respaldado este esfuerzo.

Índice

Página

Abstract	7
Resumen	12
Introducción	17
Justificación, hipótesis y objetivos	42
Material y métodos	44
Resultados	48
Estadio 16 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano BOT de 11 mm. de longitud G-L</i>	49
Estadio 18 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano CN de 16 mm. de longitud G-L</i>	55
Estadio 19 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano CIV-1 de 18 mm. de longitud G-L</i>	64
Estadio 20 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano PR de 19 mm. de longitud G-L</i>	72
Estadio 20 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano GI de 20.5 mm. de longitud G-L</i>	77
Estadio 20 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano CN-3 de 21mm. de longitud G-L</i>	86
Estadio 21 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano GV6 de 22 mm. de longitud G-L</i>	91
Estadio 22 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano GI- 4 de 26.5 mm. de longitud G-L</i>	97
Estadio 23 de la Carnegie ▶ <i>Embrión humano BR4 de 28 mm. de longitud G-L</i>	101
Discusión	105
Conclusiones	119
Bibliografía	121

Abstract

Contribution to the development of the hyoid bone in humans

Introduction

The origin of the hyoid bone, classically, was considered as a derivative from the third and fourth pharyngeal arches. The lesser horn and the superior part of the body of the hyoid bone formed from the ossified ventral end of the second arch in continuity with its similar opposite part of the other side. The cartilage of the third arch joined to the corresponding cartilage of the second arch; and also, in the middle line, to the second and third cartilages of the opposite side. When an ossification happens, the cartilage of the third arch develops into the greater horn and the caudal portion of the body of the hyoid bone as noted by Hamilton and Mossman, 1975, and similarly the authors texts embryology (Sadler, 1996, Moore and Persaud, 1999, Carlson, 2009) considered that the lesser horns and the superior part of the body of the hyoid bone derived from the cartilage of the second arch; and the inferior part of the body of the hyoid bone and the greater horns from the cartilages of the third arches. In this sense, this theory could be denominated: "Dual theory of the origin of the hyoid bone".

Hypotheses. Objectives

The present researches on the cartilage of the second pharyngeal arches (Rodríguez-Vázquez et al., 2005, 2006, 2015) change the ancient concept related to Reichert cartilage, and influenced in the new accepted theories on the origin of the hyoid bone.

The objective of our research was to make an overall study about the origin and the development of the hyoid bone, because until now this was not addressed. Our analyses were made in the embryonic period, since at this stages of the development can be observed the cartilaginous anlagen of the pharyngeal arches involved in the formation of this bone.

Material and Methods

We studied 21 human embryos belonging to the Instituto de Embriología of the University Complutense of Madrid. The specimens were between 11 and 28.5mm G-L; 38 to 56 days of gestational age, and at 16 to 23 Carnegie's stages (O'Rahilly and Müller, 2010).

Results

At 16 stage, we observed an area of celular condensation in front of the aritenoid eminences and we interpreted that was the central area of the mesenchyme of the third and fourth arches because their topographical location. This mesenchymal condensation of the hypobranchial eminence, in our opinion, corresponded to the anlage of the body of the hyoid bone.

At 18 stage we observed the mesenchymal condensations of the anlagen of the cartilages that will form the hyoid bone. The less developed part was the body of the hyoid bone. The lesser horns of the second arches derived from the anlagen of the caudal segment of Reichert's cartilages, named by Rodríguez-Vázquez et al., 2006 as hyoid segments. The anlagen of the greater horns derived from the cartilages of the third pharyngeal arches and corresponded to the segments dorsally located to the confluence area with the second arches.

At 20 stage, the central cartilage, which corresponded to the anlage of the body of the hyoid bone, had an oval sectioned shape and was located

ventrally to the thyroid cartilage. The anlage of the body of the hyoid bone formed by an independent cartilage of the anlagen of the greater and lesser horns of the hyoid bone. The cartilaginous anlagen to the greater and lesser horns arranged laterally and on both sides of the anlagen of the body of the hyoid bone.

At 22 Carnegie's stage, the anlagen which gave rise to the hyoid bone were exactly delimited. The body, clearly in a cartilaginous phase, experienced a great growth, mainly in a transverse way, with a rectangular shape located caudally to the tongue in the sublingual region, and cranially to the larynx. Though its cranial border clearly exceeded the thyroid cartilage, its inferior border was located in front of the superior border of the laminae of the thyroid cartilage, specifically, the thyroid cartilage. The cartilaginous body, laterally contacted to the greater and lesser horns. The lesser horns arranged over the cranio-lateral aspect of the body; and the greater horns contacted with the lateral ends of the hyoid body.

The anlagen, which formed the hyoid bone, were clearly delimited at the end of the embryonic period (23 Carnegie's stage).

Discussion

Our research determined that the hyoid bone formed from a mid-unpaired anlage and four paired anlagen.

The first one, as we observed, gave rise to the body of the hyoid bone which originated from the hypobranchial eminence mesenchyme also named as copula (at the confluence of the third and fourth pharyngeal arches) (Rodríguez Vazquez et al., 2011).

The paired anlagen, two for each side of the body, were: the greater horns derived from the third arch and the lesser horns from the caudal

segment of Reichert's cartilage named by Rodríguez Vázquez et al., 2006, hyoid segment.

The latter were cranially located just over the area where the body of the hyoid bone and the greater horns joined. The body formed by a unique anlage. This contrasted with the classical theory in which the superior part of the body of the hyoid bone originated from the second arches and the inferior one from the third arches (Hamilton and Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O'Rahilly and Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore and Persaud, 1999).

Conclusions

1. The hyoid bone was formed by five anlagen. The first, a mid-unpaired anlage for the body, and two paired anlagen forming the greater and lesser horns.
2. We confirm that the body of the hyoid bone originated from the mesenchymal condensation of the hypobranchial eminence at 18 Carnegie's stage.
3. The cartilages of the second pharyngeal arches did not join in the middle and did not give rise to the upper half of the body of the hyoid bone.
4. The lesser horns of the hyoid bone formed from the caudal segments of Reichert's cartilages.
5. The greater horns of the hyoid bone originated from the cartilages of the third pharyngeal arches.

Resumen

Title: Contribución al desarrollo del hueso hioides en humanos.

Introducción

Es clásico que el origen del hueso hioides sea considerado como derivado de los cartílagos de los segundos y terceros arcos faríngeos. El asta menor, junto con la parte superior del cuerpo del hioides, se formaría a partir de la extremidad ventral osificada del cartílago del segundo arco y está unida con su similar del lado opuesto. El cartílago del tercer arco se une con la extremidad ventral del cartílago del segundo arco correspondiente y, a través de la línea media, con los cartílagos de los arcos segundo y tercero del lado opuesto. Cuando ocurre la osificación, el cartílago del tercer arco se convierte en el asta mayor y en la porción caudal del cuerpo del hioides, así se expresa Hamilton y Mossman, 1975, y de forma similar los autores en cuyos textos de embriología (Sadler, 1996, Moore y Persaud, 1999, Carlson, 2009) han señalado que las astas menores y la mitad superior del cuerpo derivan del cartílago del segundo arco y la mitad inferior del cuerpo y las astas mayores de los cartílagos de los terceros arcos. En consecuencia esta teoría podría ser denominada teoría dual del hueso hioides.

Justificación. Hipótesis. Objetivos.

Los actuales trabajos sobre el cartílago del segundo arco faríngeo (Rodríguez-Vázquez y cols., 2005, 2006, 2015) han determinado que el concepto que se tenía sobre el cartílago de Reichert haya cambiado y esto a su vez ha influido en las teorías hasta ahora aceptadas sobre el origen del hioides.

El objetivo de nuestro trabajo es realizar un estudio en conjunto sobre el origen y desarrollo del hueso hioides, ya que hasta ahora no había sido abordado. Se ha realizado este análisis en el período embrionario puesto que es en esta etapa del desarrollo donde aparecen los anlagen cartilagosos de los arcos faríngeos que intervienen en la formación del hueso hioides.

Material y Métodos

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se han analizado 21 embriones humanos pertenecientes al Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid. Los embriones humanos especímenes comprendidos entre los 11 mm y 28.5 mm. de longitud (G-L), de 38 días a 56 días de edad gestacional, estadios 16 a 23 de la Carnegie (O’Rahilly y Müller, 2010).

Resultados

En nuestro estudio fue observado como en el estadio 16, por delante de las eminencias aritenoideas se observó un área de condensación celular, que por la situación topográfica de las estructuras, fue interpretado como correspondiente al área central del mesenquima del tercer y cuarto arcos. Esta condensación mesenquimal de la eminencia hipobranquial en nuestra opinión correspondería al anlage del cuerpo del hioides.

En el estadio 18 fueron observadas las condensaciones mesenquimales de los anlagen de los cartílagos que formaran el hueso hioides. La parte menos desarrollada era la del cuerpo del hioides. Las astas menores se desarrollaban a partir de los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert denominados por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, segmentos hioideos. Las astas mayores se formaban de los cartílagos de los terceros arcos faríngeos y corresponden a los segmentos situados dorsalmente al lugar de confluencia de los segundos arcos.

En el estadio 20, el cartílago central, correspondiente al esbozo del cuerpo del hioides, tenía una forma ovalada en la sección y estaba localizado ventral al cartílago tiroides. El anlage del cuerpo del hioides, estaba formado por un cartílago independiente de los anlages de las astas mayores y menores del hioides. Lateralmente y ambos lados del esbozo del cuerpo se disponían los anlages cartilagosos de las astas menores y astas mayores.

Durante el estadio 21 de la Carnegie, los esbozos que darán origen al hueso hioides, estaban bien constituidos. El cuerpo, claramente en fase cartilaginosa, había experimentado un gran crecimiento, fundamentalmente en sentido transversal, con una morfología rectangular, situado caudal a la lengua y región sublingual y cranealmente a la laringe. Aunque su borde craneal sobrepasaba claramente al cartílago tiroides, su borde inferior quedaba situado por delante del borde superior de las láminas del cartílago tiroides. Lateralmente, el cuerpo cartilaginoso, establecía contacto con las astas menores y mayores. Las astas menores se disponían sobre la cara craneo-lateral del cuerpo. Mientras que las astas mayores contactaban con los extremos laterales del cuerpo del hioides.

Al final del periodo embrionario (Estadio 23 de la Carnegie) los esbozos que darán origen al hueso hioides, estaban perfectamente delimitados.

Discusion

Nuestro trabajo, determina que el hueso hioides, se forma por un anlage impar y medio, y cuatro anlages pares.

El anlage impar y medio, según nuestras observaciones, daría lugar al cuerpo del hioides, originándose a partir del mesénquima de la eminencia hipobranquial o cópula, lugar donde confluyen los terceros y cuartos arcos, tal y como señaló Rodríguez Vazquez y cols., 2011.

Las astas menores derivan de los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert, denominados por Rodríguez-Vázquez y cols. 2006, segmentos hioideos. Las astas mayores proceden de los cartílagos de los terceros arcos. Corresponden a los segmentos situados dorsalmente al lugar de confluencia con los segundos arcos.

Por tanto, nuestras observaciones en relación a la formación del cuerpo del hioides, no coinciden con la teoría hasta ahora admitida, que hemos denominado teoría dual, por la que el cuerpo se formaría por dos módulos o esbozos, la mitad superior derivado de los cartílagos de los segundos arcos y la mitad inferior de los cartílagos del terceros arcos, como han señalado los textos de embriología humana (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999) sino que el cuerpo se desarrollaría a partir de un módulo central cartilaginoso, formado a partir de la condensación mesenquimal central.

Conclusiones

1. El hueso hioides se constituye a partir de cinco esbozos. Uno impar y medio para el cuerpo y dos pares correspondientes a las astas mayores y menores.
2. Confirmamos que el cuerpo del hueso hioides se origina de la condensación mesenquimal de la eminencia hipobranquial en el estadio 18 de la Carnegie.
3. Los cartílagos de los segundos arcos faríngeos no se unen en la línea media y no originan la mitad superior del cuerpo del hioides.
4. Las astas menores del hueso hioides se originan de los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert.
5. Las astas mayores del hueso hioides se originan de los cartílagos de los terceros arcos faríngeos.

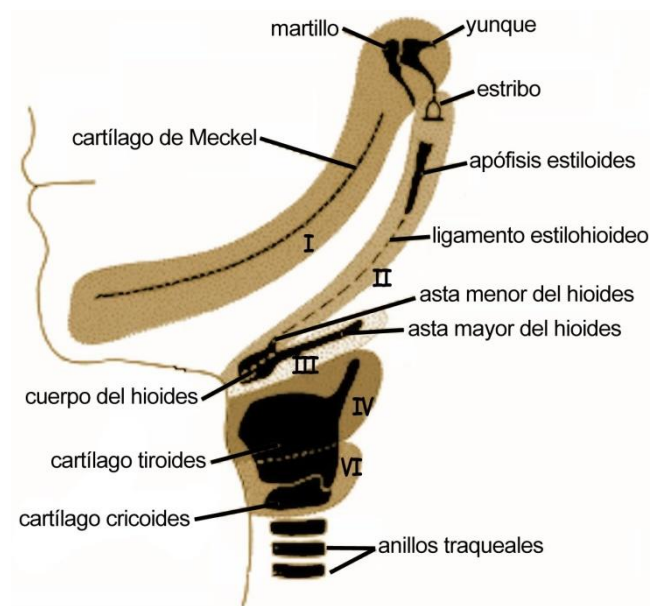
Introducción

El hueso hioides, es un hueso impar y simétrico en forma de V, de ahí el nombre que lleva, os hyoideum. Está situado transversalmente en la parte superior del cuello por encima de la laringe, debajo de la lengua, y por debajo y detrás de la mandíbula. En alemán se llama Zungenbein o hueso de la lengua. Es un hueso muy móvil y aislado, no se articula con ningún otro hueso, se encuentra unido a la laringe y a la apófisis estiloides del hueso temporal por ligamentos y músculos.

Este hueso presenta un cuerpo y dos pares de astas. El cuerpo es una lámina rectangular situada en la línea media y ligeramente convexo hacia adelante, la cara anterior está dividida por una cresta transversal y a su vez cruzada por una cresta media y determinan cuatro facetas, las superiores dan inserción a los músculos genioglosos y las inferiores a músculos de la lengua y del suelo de la boca. La cara posterior del cuerpo es cóncava y está en relación con la membrana tirohioidea. En el borde inferior del cuerpo se inserta el músculo esternohioideo. Lateralmente el cuerpo se continúa con las astas mayores las cuales se dirigen dorsalmente describiendo una curva de concavidad posterior e interna y terminan en unos relieves redondeados. Las astas menores son dos pequeños relieves situados en la parte craneal, en el límite entre el cuerpo y las astas mayores en su vértice se inserta el ligamento estilohioideo.

Es clásico y aceptado que en el origen o formación de este hueso intervienen los cartílagos del segundo y tercer arco faríngeo. La porción del cartílago del segundo arco situada bajo el estribo formara la apófisis estiloides. Esta se continuará con el ligamento estilohioideo, que representa la vaina del cartílago del segundo arco, entre la apófisis estiloides y el asta menor del hioides. Este último, y la parte superior del cuerpo del hioides, representan la

extremidad ventral osificada del cartílago del segundo arco y está unida a la del lado opuesto. El cartílago del tercer arco se une con la extremidad ventral del cartílago del segundo arco correspondiente y, a través de la línea media, con los cartílagos de los arcos segundo y tercero del lado opuesto. El cartílago del tercer arco formara el asta mayor y la porción caudal del cuerpo del hioides (Hamilton y Mossman, 1975).



**Esquema de las estructuras derivadas de los cartílagos de los arcos faríngeos.
(Langman, J. Embriología Médica, 1976).**

Una de las primeras manifestaciones de la cefalización, es la segmentación del mesodermo que reviste la parte rostral del intestino cefálico, originando los arcos faríngeos o branquiales. Los arcos viscerales quedan limitados entre sí, haciéndose visible en la superficie de la región cervico cefálica del embrión. Las extremidades anteriores de cada arco se fusionan a nivel de la línea medio-ventral conformando el campo mesobranquial o suelo de la faringe. La lengua se organiza del mesodermo contenido en el campo mesobranquial. Dorsal al tubérculo impar aparece el relieve de la cópula (Genis Galvez, 1970).

Según Hamilton y Mossman, 1975, el primero y segundo arco de cada lado se encuentran en la línea media, donde los extremos mediales del primer arco producen un pequeño par de abultamientos. Una pequeña eminencia mediana, el tubérculo impar, pronto aparece entre estos abultamientos mandibulares, ligeramente caudal a ellos, mientras que el segundo arco parece continuarse directamente a través de la línea media. Debido al desarrollo de otro abultamiento mediano, más caudal, la eminencia hipobranquial, el tercer y cuarto arco no alcanzan la línea media en el relieve superficial. Según Hamilton y Mossman, 1975, en la formación de la lengua interviene una porción posterior, par, que se forma en los extremos mediales del segundo arco (hioideo); posteriormente estas porciones pares se unen por delante de la eminencia hipobranquial y forman un abultamiento medio, conocido como cópula, al que luego contribuye el mesodermo del tercer arco. La epiglotis deriva de la eminencia hipobranquial que se encuentra entre la parte posterior de la lengua y el canal traqueal.

Juric-Lekic y cols., 2008, demuestran que el esbozo de la epiglotis aparece como un pequeño pliegue que protuye superiormente desde la parte posterior de la lengua a las 8 semanas. Katori y cols., 2011, identifican la epiglotis como un esbozo impar de mesénquima laxo. Este esbozo queda próximo al hioides constituido por las astas menores, astas mayores y el cuerpo.

Los cartílagos branquiales, constituyen unas formaciones incluidas en su correspondiente arco faríngeo que a modo de barras cartilaginosas forman las estructuras de soporte de los mismos. Caudal al arco mandibular se encuentra el arco hioideo, siendo clásico denominar a su elemento cartilaginoso bajo el epónimo de cartílago de Reichert, que representaría por tanto el elemento esquelético del segundo arco faríngeo. Su peculiar disposición topográfica durante el desarrollo determina que se acepte que de él, como ya ha sido señalado anteriormente, se formen estructuras tan diversas como el huesecillo

estribo del oído medio, mientras que la porción situada inmediatamente caudal dé lugar a la apófisis estiloides, ligamento estilohioideo, así como el asta menor y parte superior del cuerpo del hioides (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996).

Por otro lado, el hueso hioides se encuentra integrado en la denominada cadena estilohioidea o aparato hioideo. Los elementos integrantes de la cadena estilohioidea, según señalan Lengele y Dhem, 1988, han sido referidos desde hace 400 años. Sin embargo, es Howes, 1896, quien estandarizó la nomenclatura del hueso hioides, utilizando para ello la terminología de los arcos faríngeos de los peces. Denominó al cuerpo del hueso hioides como basihial, y al asta mayor tirohial. En el asta menor, que va desde el hueso occipital hasta el basihial, distinguió cuatro partes: timpanohial, estilohial, ceratohial e hipohial.

Según Stafne y Hollinshead, 1968, el proceso estiloides, el ligamento estilohioideo y las astas menores del hioides derivan del cartílago de Reichert. La cadena que se forma de esta estructura consta de cuatro segmentos:

- Timpanohial, porción que se desarrolla en la base del proceso estiloides.
- Estilohial, parte que se transforma en la mayor parte del proceso estiloides.
- Ceratohial, porción que forma el ligamento estilohioideo.
- Hipohial, porción que da lugar al asta menor del hioides.

Arnould y cols., 1969, definieron al aparato estilohioideo, hioideo o estilohial como aquel que se encontraba comprendido por la porción central del hueso hioides y el asta menor a cada lado, el ligamento estilohioideo y la apófisis estiloides. Constituye una unidad embriológica, ya que todas las piezas derivan del segundo arco faríngeo, diferenciado en la tercera o cuarta semana de la vida intrauterina. El segundo arco, según ellos, está

representado por una banda mesodérmica, de tejido esquelético en el seno del cual se va a diferenciar hacia la octava semana el cartílago de Reichert, que se une en la línea media con el del lado opuesto, para dar lugar al cuerpo del hioides o basihial. El cartílago de Reichert se escinde rápidamente en dos partes por el nervio facial. La parte posterosuperior dará lugar al asa del estribo; la porción anteroinferior (cartílago de Reichert propiamente dicho) se segmentará a su vez, en tres partes que de abajo hacia arriba corresponden al:

- Asta menor del hueso hioides o hipohial (apohial según Lesoine, 1966).
- Ligamento estilohioideo que contiene a veces en su parte superior restos cartilaginosos capaces de osificarse dando lugar de esta manera a un hueso intermedio, el ceratohial.
- Apófisis estiloides que está compuesta de dos porciones: la inferior o estilohial y la superior o timpanohial que se fija en la base del cráneo.

Según Ommell y cols., 1998, la cadena estilohioidea en el hombre incluye el proceso estiloides, ligamento estilohioideo, y hueso hioides. Los componentes de la cadena derivan embriológicamente de tres pares de cartílagos: el epihial, el ceratohial y el hipohial y un cartílago medio, el basihial. El epihial, corresponde según estos autores al cartílago de Reichert, y se osifica en dos partes: la proximal (timpanohial) que constituye un hueso corto que se funde a la escama del temporal en el momento del nacimiento, y la distal (estilohial), que mediante osificación endocondral se vuelve largo para fusionarse al timpanohial al final de la adolescencia. El timpanohial y estilohial, forman la apófisis estiloides. En el hombre los cartílagos del ceratohial son inconstantes, pueden estar ausentes, ó bien ubicados inicialmente en el ligamento estilohioideo, distal al cartílago de Reichert, y endocondralmente pueden osificarse y formar otro hueso tan grande o más que el estilohial. El hueso del ceratohial se puede fusionar al extremo distal del estilohial formando un proceso estilohioideo muy largo, o se puede unir al asta menor

del hioides, o bien permanecer suspendido en el ligamento estilohioideo. Los cartílagos del hipohial se osifican para constituir el asta menor del hioides. Por último el cartílago medio y único, basihial se une con los cartílagos del tercer arco faríngeo, para conjuntamente y por osificación endocondral formar el cuerpo del hueso hioides.

Grégoire en 1910 indica la semejanza anatómica del aparato hioideo del hombre, que aunque modificado, reproduce pieza a pieza el esqueleto hioideo de los primeros vertebrados. El esqueleto hioideo que primitivamente se encuentra anexo al aparato respiratorio pierde su función con la desaparición de las branquias integrándose para formar parte del esqueleto de sostén de la lengua y suelo bucal. Para comprender la forma de este aparato, la disposición de sus diversas partes constituyentes, así como las relaciones con la base del cráneo y la caja del tímpano, es indispensable retomar el aparato completo existente en los primeros vertebrados y llegar al sistema simplificado de los vertebrados superiores. Los diversos estadios evolutivos se suceden de manera continua.

El esqueleto cefálico de los animales con respiración branquial está constituido por dos partes distintas: cráneo y sistema visceral. El segundo arco o hioideo está unido en la línea media al del lado opuesto y es fijo e inmóvil. Soporta con los arcos faríngeos la cavidad bucofaringea y está formado por dos segmentos de una o varias piezas cada uno de ellos. El segmento superior o craneal, directamente en relación con la base del cráneo, lo integra el hio-mandibular. El segmento basal o inferior, está constituido por una serie de piezas alargadas y unidas entre sí por sus extremos: estilohial, epihial, ceratohial, hypohial o apohial y por último el basihial que uniéndose con el del lado opuesto forma una única pieza media y ventral. El arco hioideo por su naturaleza y por su situación sería en opinión de Grégoire, 1910, una estructura intermedia entre los verdaderos arcos faríngeos y el arco

mandibular. En los animales con branquias, el arco hioideo estaría relacionado con el funcionamiento del aparato respiratorio.

Al tiempo que el sistema branquial desaparece un nuevo órgano se forma, la lengua. A medida que se asciende en la escala de los vertebrados, el esqueleto hioideo se simplifica cada vez más. Primeramente el segmento superior o craneal, el hiomandibular de los peces abandona toda conexión con el sistema inferior o basal libre y subyacente a la base del cráneo; en los anfibios, reptiles y aves se va incorporando intensamente en esta base para transformarse en un anexo del oído y constituir la columela auditiva. En los mamíferos, su transformación es menos conocida pero parece sin embargo que el esbozo del estribo representaría un resto del hiomandibular. El aparato hioideo de estos vertebrados se encontraría representado por el segmento inferior o basal de los peces. En los anfibios, reptiles y aves, el aparato hioideo está reducido solamente al hueso hioides, y un ligamento más o menos considerable representaría en ciertas especies los restos de unión del esqueleto visceral a la cavidad craneal.

En los mamíferos el aparato hioideo está formado por un hueso hioides unido al cráneo por una serie ininterrumpida de huesecillos alargados: la cadena hioidea. Las astas menores presentan con frecuencia grandes dimensiones. Se dirigen hacia arriba, paralelamente y por dentro de las ramas de la mandíbula y representan el primer segmento de la cadena hioidea. Esta cadena se encuentra bastante completa en los mamíferos, a excepción del hombre, consta de cuatro piezas alargadas como pequeños bastones de diferentes longitudes y articulados por sus dos extremos con la pieza contigua. El apohial o astas menores se articula con el segundo segmento o ceratohial que generalmente está representado por un largo tallo óseo, redondeado, articulado caudalmente con el apohial y cranealmente con el vértice del estilohial. Este, el estilohial, tercer segmento de la cadena, constituido al igual que los anteriores por un vástago óseo redondeado,

generalmente más corto que los precedentes y articulado con el ceratohial y cranealmente con un cuarto y último segmento, el epihial, denominado a veces como artrohial. Esta formación se insinúa entre los huesos del cráneo y se encuentra comprendido entre el hueso timpánico y el peñasco del temporal con los que se fusiona más adelante.

Las astas menores del hioides se presentan, según Grégoire, 1910, bajo un aspecto muy variable según los sujetos.

Hilloowala, 1975, en su estudio sobre el aparato hioideo en determinados primates observó que de las cuatro partes de que consta la cadena, el hipohial y ceratohial son los únicos elementos que están presentes en los primates estudiados por Hillowala. El hipohial es el más observado, conectado con el basihial por una articulación sinovial, aunque no existe en el *Alouattavillosa*.

El ceratohial sólo está presente en una especie de primate (*Sanguinusoedipus*) que además está articulado con el extremo del hipohial por una articulación sinovial. El área estiloidea del rhesus (*Macaca mulata*), es plana. Medial a la unión de las porciones timpánica y petrosa del hueso temporal una pequeña protuberancia ósea se encuentra dirigida hacia abajo y algo hacia delante, esta protuberancia ocupa la posición habitual del proceso estiloides, con el conducto carotídeo situado anteromedialmente, el foramen yugular medialmente y dorsolateral a ella, el foramen estilomastoideo. Esta pequeña protuberancia también fue observada por Hartman y Straus, 1933, y denominada por Zuckerman y cols., 1962, como falsa estiloides. Sólo el mandril (*Papiopapio*), tiene un proceso estiloides definido, situado en la unión de las porciones timpánica y petrosa del hueso temporal, fue también observado por Swindler y Wood, 1973, en el cual el proceso estiloides articulado tenía un movimiento considerable. El ligamento estilomandibular en los primates se extiende desde el área estilohioidea al ángulo de la mandíbula, y en aquellos primates que poseen tuba y cavidad timpánica, el ligamento se

disponía medial al músculo pterigoideo medial, mientras que en los que poseen bulla expandida, el ligamento se disponía más lateral hasta la porción posterosuperior del ángulo de la mandíbula, casi en el mismo plano sagital que su ramo ascendente.

Hilloowala, 1975, observó que en el mono *Alouattavillosa*, no existía ningún ligamento estilomandibular. De este ligamento estilomandibular y mediante un origen común salen los músculos estilofaríngeo, estilohiideo (inconstante en una especie) y estilogloso. El músculo estilohiideo, a nivel de su inserción en el basihial, es agujereado por el tendón intermedio del músculo digástrico pero en algunas especies esta disposición no se presentaba. En las observaciones realizadas en cráneos de diferentes especies de primates, y también en el hombre, se apreciaba que la configuración del músculo digástrico podría estar en relación con el grado de flexión de la base del cráneo. Así, de esta manera, en el *Papio papio* y *Alouattavillosa*, el foramen magnum se localizaba muy posterior, con una flexión anterior de la base craneal relativamente muy pequeña en oposición a otras formas de otros primates. Como consecuencia el músculo digástrico podría actuar en una línea directa desde su origen en el cráneo hasta el lugar de inserción en la mandíbula. En el *Rhesus* y *Cebus capucinus* al presentar la base del cráneo una flexión más anterior y debido al acortamiento de la mandíbula, la dirección de la tracción rectilínea no es efectiva para la depresión mandibular y por ello, para poder solventar este problema biomecánico el músculo estilohiideo actúa como una polea para el tendón intermedio del músculo digástrico, determinando un cambio en la dirección de la tracción del vientre anterior de dicho músculo que de posterior y superior pasa ahora a posterior e inferior. Esta desviación en la dirección de la tracción de los vientres anterior y posterior del músculo digástrico, es aún más pronunciada en el hombre (Thompson, 1915).

Hartman y Straus, 1933, observaron que en el *Rhesus*, en algunos casos, el tendón del músculo estilohioideo se insertaba solamente en la parte lateral del tendón intermedio del músculo digástrico en lugar del hueso hioides, indicando también que el tendón del estilohioideo no era perforado por el del digástrico.

Para Hilloowala, 1975, la presencia inconstante del músculo estilohioideo en el *Sanguinusoedipus* puede ser una manifestación de degeneración filogenética, ya que cuando está presente en estos primates muestra un vientre relativamente corto y un largo tendón, características que indican un proceso regresivo.

Uno de los elementos que integra la cadena estilohioidea es el hueso hioides. La morfogénesis del mismo, está relacionado con la aparición y transformación de los arcos viscerales. El origen de las astas mayores parece estar en las partes laterales de los cartílagos del tercer arco visceral. El asta menor se origina de la porción distal del cartílago de Reichert, el denominado apohial. Para el cuerpo, según Koebke, 1978, hay dos opiniones: la primera mantiene que el cuerpo se origina exclusivamente de la parte ventral del tercer arco y la segunda teoría dice que está formado por la unión del segundo y tercer arco visceral.

Koebke, 1978, observa en embriones de 18 a 30 mm. G-L que el cuerpo del hioides se disponía como una barra ligeramente curvada, que presentaba en su superficie anterior convexa, una pequeña eminencia en la línea media. Las astas mayores estaban unidos al cuerpo mediante un tejido mesenquimal denso. Las astas menores son notables, y su porción cartilaginosa, que corresponde a la porción distal del cartílago de Reichert, se sitúa craneolateralmente en relación al asta mayor. La unión del asta menor con el cuerpo y del cuerpo con el asta mayor, se realizaba por una densa zona celular muy condensada. En los fetos de 38 a 54 mm. G-L, las proporciones del cuerpo habían cambiado en sentido frontal y horizontal. Las astas mayores

y los extremos laterales del cuerpo estaban separados por una pequeña pero densa capa de células cuyas características eran semejantes al pericondrio que recubre los cartílagos. Las astas menores, se encontraban al igual que en fases anteriores fijos al cuerpo, por la misma banda de tejido denso. En fetos de 80 mm. G-L, el asta menor se unía al asta mayor, cerca de la unión entre asta mayor y cuerpo. El tejido que conectaba el asta menor con el cuerpo disminuía notablemente. En fetos de cinco y seis meses y recién nacidos, Koebke, 1978, observó que entre el cuerpo y el asta mayor existían dos tipos diferentes de uniones, bien una cavidad articular (seis de los diez casos estudiados) donde las porciones cartilagosas estaban unidas periféricamente por un tejido como si fuera una cápsula fibrosa, o bien el cuerpo y el asta mayor eran casi un elemento continuo, de tal manera que una pequeña línea de células cartilagosas marcaba el límite entre los dos segmentos. En todos los casos examinados por este autor, el asta menor se fijaba al asta mayor o a la unión entre el cuerpo y el asta mayor, conectándose al cuerpo por tejido fibroso.

El asta menor se une en la mayoría de los casos al asta mayor por una articulación de tipo diartrodial, que a veces esta anquilosada. No poseyendo ningún contacto directo con el cuerpo del hioides (en contraste con la mayoría de las descripciones). En opinión de Koebke, 1978, el desarrollo de la unión entre el cuerpo y las astas mayores no ofrecen las características que son típicas en la formación de una articulación sinovial, ya que ambos elementos están separados por una masa de células blastemáticas condensadas y continuas con la condensación periférica que forma el pericondrio. La estructura de descritas por Bernays, 1878; Schulin, 1879; Langer, 1929; y Haines, 1947; de tal manera que esta interzona corresponde al remanente del blastema que no se condifica. Koebke, 1978, acepta la influencia este disco blastemático, según Koebke, 1978, se parece a las tres capas de la interzona funcional en el desarrollo de estas articulaciones durante el periodo prenatal. Por otro lado el hecho de las articulaciones sean observadas en fases

avanzadas del desarrollo es consecuencia de la osificación tardía de los elementos del hueso hioides.

Grégoire, 1910, ya describió en su trabajo que el modo de unión de las astas mayores al cuerpo del hioides era muy variable, constituyendo una verdadera articulación ó formando una unión ósea. En un mismo sujeto se pueden encontrar en un lado la articulación y en el otro la unión ósea, siendo este último el más frecuente. La variedad en la disposición depende de la edad y de los sujetos. El tipo articular presenta un desarrollo tardío y se formaría después del nacimiento, concretamente hacia el segundo año. Para este autor la articulación cerato-basal se encontraba constituida por sus superficies articulares, ligamentos y una pequeña sinovial. Las superficies articulares están situadas sobre la extremidad anterior del asta mayor, y sobre el borde externo del cuerpo del hioides. En ocasiones fue observado un repliegue que se delaminaba de la cápsula y se insinuaba entre las dos superficies articulares, esbozando un pequeño menisco interarticular incompleto. La fusión ósea puede ser total o parcial. En la parcial, puede llegar a persistir la pequeña cavidad articular. La anquilosis comienza aparecer hacia los veinticinco años. Las astas menores, en opinión de Grégoire, 1910, se presentan de manera muy variable. En el recién nacido aparecen como un núcleo cartilaginoso incluido en la base del ligamento estilohioideo, formándose a los cuatro ó cinco años un núcleo óseo. La zona de unión se sitúa un poco por dentro de la articulación del asta mayor con el cuerpo. Lo más frecuente es que la unión entre el asta menor y el resto del hioides se realice por medio de una articulación móvil, pero a veces hay una unión ósea. Se encuentra unido al cuerpo por un fascículo ligamentoso extremadamente corto, que le permite movimientos, semejante al que une el asta menor con la apófisis estiloides ó ligamento estilohioideo.

En el hombre, el ceratohial correspondería al elemento del segundo arco faríngeo que al degenerar y persistir su vaina fibrosa forma el ligamento

estilohioideo, estructura que posee potencial cartilaginoso y óseo (Dwight, 1907; Stafne y Hollinshead, 1962; Hollinshead, 1969; Friedman, 1970; Frommer, 1974; Bhaskar, 1976).

Grégoire, 1910, también observó que contrariamente a lo descrito por los anatómicos clásicos que le precedieron, la disposición de un ligamento estilohioideo bien constituido y aislado se presentaba raramente. Únicamente en tres casos de veintidós, encontró un cordón fibroso de un milímetro de diámetro que se extendía desde la punta de la apófisis estiloides, muy larga, al vértice del asta menor. En uno de los casos existía a nivel del tercio medio del ligamento derecho una pequeña barra cartilaginosa de doce a quince milímetros de larga, redondeada en el centro y afilada en sus extremos que se encontraba en el espesor de las fibras del ligamento estilohioideo. En ocasiones desde la punta de la estiloides o un poco por debajo de su borde posterior se delaminaba un fascículo fibroso que se dispersaba en medio de los fascículos musculares del constrictor medio de la faringe. Según Grégoire este ligamento posee forma y volumen muy variable e incluso su misma existencia es discutida. Algunas veces es reemplazado por fibras musculares en cuyo caso dicho músculo se insertaría por un lado en la vecindad del vértice de la apófisis estiloides y por otro lado en el asta menor, siempre ha sido descrito como un fascículo supernumerario del músculo estilohioideo, corresponde al músculo stylo-hyoideus de Albinus, pequeño estilohioideo de Gavard (Grégoire, 1910), estilohioideo profundo de Sappey, 1869, que considera que el mencionado músculo no reemplaza al ligamento.

Según Lengele y Dhem, 1989, los procesos estiloides cortos, tienen por su estructuración ósea las características de un cartílago calcificado. A pesar de la gran variabilidad, los procesos estiloides largos presentan la misma estructura fundamental que los cortos. Es más, estos autores han observado en ellos nódulos cartilaginosos parcialmente calcificados similares a los observados en los procesos cortos. A veces éstos son muy numerosos y están

completamente calcificados, formando una cadena que se extiende desde la base a la punta del proceso, donde puede observarse un nódulo de cartílago calcificado. Por tanto Lengele y Dhem, 1989, no observaron ninguna diferencia fundamental en la estructura de un proceso largo o muy largo. Sin embargo en las apófisis cortas, la presencia de una cubierta cartilaginosa rodeando al hueso compacto, parece indicar, según estos autores, una detención precoz de la formación de hueso. La ausencia de diferencias entre los procesos largos y los muy largos indica que estos deben ser considerados procesos más largos de los que ya lo son (Lengele y Dhem, 1988 y 1989). En base a lo anterior para Lengele y Dhem, 1989, es difícil admitir la conclusión de Boedts, 1978, quién consideró que las apófisis estiloides largas están constituidas en su parte distal por la porción proximal del ligamento estilohioideo osificado. En opinión de Lengele y Dhem, 1989, la existencia de tejido periestiloideo calcificado no es un argumento válido para la presencia de un proceso estiloideo largo, ya que estos fenómenos suceden también en las apófisis cortas. La calcificación del hueso precede a la de los tejidos blandos durante la morfogénesis del proceso, y esto difiere con lo observado en patologías degenerativas o inflamatorias, en las que la calcificación del tejido fibroso sucede antes de su osificación. Por ello Lengele y Dhem, 1989, piensan que todos estos factores, junto a una independencia de la edad en la longitud del proceso, están en contra de que un proceso degenerativo sea la patogénesis de la calcificación del proceso estiloides en los síndromes estilohioideos. Estos autores ya señalaron que el origen congénito de los síndromes estilohioideos, fue indicado por la mayoría de los autores a excepción de Dwight, 1907, Eagle, 1948 y Wayoff, 1960.

Dwight, 1907, ya consideró en su clásico trabajo que el término osificación del ligamento estilohioideo era incorrecto y engañoso, y que para él la mineralización del ligamento estilohioideo era el resultado del crecimiento continuado y osificación subsiguiente del segundo arco faríngeo en lugar de la

mineralización del ligamento por un proceso degenerativo o de envejecimiento.

Lengele y Dhem, 1988, enfatizaron la existencia de dos tipos de apófisis estiloides que podrían explicarse por la participación inconstante de las diferentes partes del segundo arco faríngeo en la morfogénesis del proceso. Según ellos el cartílago de Reichert se divide en cuatro fragmentos como hemos indicado previamente, que se denominan craneocaudalmente timpanohial, estilohial, ceratohial e hypohial. El timpanohial y ceratohial al osificarse durante los ocho primeros años de vida dan lugar a un proceso estiloides que pertenece al tipo largo. Al mismo tiempo el ceratohial degenera siendo reemplazado por el ligamento estilohioideo. El hipohial se fusiona con el cartílago del tercer arco faríngeo para transformarse en el asta menor del hueso hioides. El proceso corto se origina únicamente por la osificación del segmento timpanohial, afectando el fenómeno degenerativo a los fragmentos estilo y ceratohial. Por ello Lengele y Dhem, 1989, observan que los estudios microradiográficos de los procesos largos y cortos están en consonancia con esta teoría. Las numerosas islas de tejido cartilaginoso encontrados tanto en los procesos largos, como en los cortos son probablemente remanentes del cartílago de Reichert. Su presencia en todos los tipos de procesos está relacionada con el origen endocondral de cada uno de ellos. La degeneración del cartílago de Reichert es a menudo incompleta demostrándose por la persistencia de numerosas "islas" fibrocartilaginosas en el ligamento estilohioideo, como indicó Frommer, 1974, así como en el tejido periostiloideo cerca de la punta del proceso (Lengele y Dhem, 1989).

En las conclusiones de su trabajo Lengele y Dhem, 1989, dicen que hasta ahora permanecen desconocidos los factores responsables que determinan la variación del timpanohial y estilohial durante la morfogénesis del proceso estilohial. No hay información sobre cuáles son los factores etiológicos que provocan un crecimiento excesivo del proceso. En base a los

hechos clínicos, piensan que las tensiones mecánicas que traccionan al segundo arco faríngeo durante el periodo fetal pudieran ser las responsables de algunas anomalías en el crecimiento, al estimular el capuchón cartilaginoso del proceso.

Las variaciones en la conformación de la cadena estilohioidea, consideradas al principio como meras e interesante variaciones anatómicas, fueron posteriormente reconocidas como posibles causas de sintomatología clínica. Ya en 1907, Dwight relacionó las observaciones anatómicas con los datos obtenidos a través de casos clínicos, y en su estudio anatómico sobre 19 casos de osificación del ligamento, concluyó que era debido a una osificación del cartílago de Reichert.

Según Baugh y Stocks, 1993, la osificación de varias de las porciones del cartílago de Reichert puede producir el alargamiento del proceso estiloides y/o asta menor del hioides, la osificación del ligamento estilohioideo o más infrecuente la osificación de todas las partes, creando una sólida banda ósea desde el proceso estiloides al hueso hioides.

Grégoire en 1910, ya indicó, que son muy numerosas los tipos de osificación clasificándolas en tres tipos:

- normal
- completo
- intermedio

Tipo normal: Es el más frecuente. Formado por el hueso hioides constituido por el cuerpo, astas mayores y menores, el ligamento estilohioideo y la apófisis estiloides, que presenta en ocasiones dos nódulos, uno en el punto que emerge del peñasco y otro en su parte media o a corta distancia de su punta.

Tipo completo: En él se encuentran todos los elementos que constituyen el aparato. Este tipo reproduce el que existe en la mayor parte de los vertebrados superiores, formado por una cadena de huesecillos alargados y articulados entre ellos por sus extremos (basihial, apohial, ceratohial, estilohial y epihial).

Tipo intermedio: En este grupo las variaciones son muy numerosas. La apófisis estiloides puede estar articulada a la base del cráneo es decir con la prolongación hioidea que penetra hacia el oído medio entre el timpánico y el borde anterior del peñasco. Otras veces presenta una longitud desmesurada, de cinco o seis centímetros. En estos casos presenta en su superficie uno o dos nódulos, restos de sus uniones. Infrecuentemente, puede alcanzar hasta el asta menor del hioides. O bien puede encontrarse en el espesor del ligamento estilohioideo un pequeño hueso alargado libre, en contigüidad con el asta menor o con la apófisis estiloides que en estos casos es muy corta.

Para Arnould y cols., 1969, las anomalías se pueden clasificar en dos tipos:

1. La anomalía más frecuente es la apófisis estiloides anormalmente larga. El ligamento estilohioideo es reducido. También llamado cerato-hioideo en base a que el alargamiento de la apófisis estiloides puede ser debida a la fusión ósea con el ceratohial, que en el caso que persista se apreciaría en el ligamento estilohioideo.
2. Aparato hioideo completo. El aparato hioideo a veces forma una cadena ósea continua desde el cráneo al hueso hioides y en estos casos el ligamento estilohioideo sería reemplazado por uno o dos segmentos óseos, el ceratohial y el ceratohial accesorio. El ceratohial está articulado cranealmente con el estilohial y caudalmente con el hipohial. Está soldado al estilohial y más raramente al hipohial. Puede existir un tipo en el que existan cuatro huesos: timpanohial, estilohial, ceratohial

e hipohial, o bien de cinco si existe bajo el ceratohial, el ceratohial accesorio.

La incidencia de una apófisis estiloides larga es del 1 al 4% de la población (Eagle, 1958; Handa, 1971; Kaufman y cols., 1970). En lo concerniente al aparato estilohioideo completo la frecuencia según estos autores es de es del 0.5 al 1%. Las anomalías son bilaterales en el 50% de los casos y raramente simétricas. A veces se asocian con una malformación occipito-vertebral, en cuyo caso existe una impresión basilar asociada a una asimilación del atlas y anomalías en la apófisis odontoides.

Por otro lado, se ha observado que en los estudios efectuados sobre disección en cadáveres humanos (Frommer, 1974), inspección de cráneos (Lengele y Dhem, 1988) o análisis radiográfico en sujetos humanos vivos (Porrath, 1969; Kaufman y cols., 1970; Correll y cols., 1979; O´Carroll, 1984; Monsour y Young, 1986; Ruprecht y cols., 1988; Camarda y cols., 1989 a y b; Ferrario y cols., 1990) la cadena estilohioidea presenta una considerable variabilidad anatómica. Estas variaciones afectan tanto a la longitud del proceso estiloides, a su osificación, y segmentación del ligamento estilohioideo como al alargamiento del asta menor del hioides (Monsour y Young, 1986), también al grosor y angulación de las porciones óseas, así como a su dirección y curvatura (Frommer, 1974). En casos extremos la cadena estilohioidea está completamente osificada (Frommer, 1974; Dwight, 1907; Leonhart, 1914). Muchos autores han comparado la edad del paciente con la prevalencia y extensión de los lugares osificados en el ligamento.

Ferrario y cols., 1990, consideraron como medidas radiográficas normales del proceso estiloides de 25 a 32 mm. En los cráneos mide aproximadamente 25 mm., su extremo se encuentra en un plano que conecta la apófisis mastoides con la espina nasal anterior. El 84.4% de los pacientes demostraron segmentos calcificados de diferente longitud. Dependiendo del criterio radiográfico y selección del paciente los valores varían

extraordinariamente del 1.4% de Gossman y Tarsitano, 1977, al 78% de O'Carroll, 1984. Por ello Ferrario y cols., 1990, utilizan como criterio para considerar a un proceso anormal aquel que rebase el plano mencionado.

Para Camarda y cols., 1989 a y b, entre el 2 y el 4% de la población presentan evidencias radiográficas de una mineralización del complejo estilohioideo, aunque la mayoría de ellos son asintomáticos. Según Yetiser y cols., 1997, todos los casos que se detectan sin sintomatología deben considerarse como variaciones anatómicas de la normalidad.

Los segmentos pueden tener distinta longitud y posicionarse de manera diferente en dependencia a las relaciones que posean con los otros segmentos de la cadena. O'Carroll, 1984, observa en su estudio que en un 17.5% la calcificación era unilateral y en el 61% bilateral, sin tener relación alguna con la raza.

Desde un punto de vista radiográfico consideraron que existe un proceso estiloides largo cuando este presenta una longitud que excede más de 30 milímetros. Para Keur y cols., 1986, la incidencia es similar en hombres y mujeres. Ahora bien la sintomatología típica del síndrome de Eagle, se presentó con más frecuencia en las mujeres; únicamente el dolor facial y el dolor al girar la cabeza eran síntomas que estaban en relación con el hallazgo radiológico de un proceso estiloides largo.

Para Yetiser y cols., 1997, la longitud normal de las apófisis estiloides es de 1.5 a 2.5 cm. Longitudes por encima de 2.5 cm., pueden ser el factor causal de la sintomatología por la compresión de estructuras vasculares y neurales, como arterias carótida, facial y lingual, venas yugular interna y facial y nervios glosofaríngeo, lingual, hipogloso, vago y espinal. Pero en ocasiones y como indican Fanibunda y Lovelock, 1997, pueden encontrarse otros síntomas como son la obstrucción de la glándula submandibular, con aumento de tamaño de la región, dolor punzante al bostezar y con el movimiento brusco

de la cabeza, debidos a la calcificación del ligamento estilohioideo cuyo extremo observaron que estaba situado a 2 mm por dentro del asta menor del hioides, desplazando lateralmente el conducto de la glándula submandibular.

La cadena estilohioidea se forma del segundo arco faríngeo a partir del cartílago de Reichert. Es este cartílago el que posee centros de osificación que se pueden mineralizar (Baddour y cols., 1978; Sivers y Johnson, 1985, Keur y cols., 1986). El ceratohial correspondería a la porción que poseería dichos vestigios cartilagosos que pueden osificarse (Goldstein y Scopp, 1973), otros en cambio le denominan epihial (Goodman, 1981; McCorkell, 1985) ya que en muchos animales cuando el ceratohial se osifica constituyen un hueso independiente, llamado epihial (Lavine y cols., 1968; Pirruccello y Sullivan, 1972; Jackson, 1974).

La apófisis estiloides se osifica normalmente a los 5-8 años después del nacimiento, de tal manera que la variación en dicha osificación y fusión de los cuatro elementos del segundo arco faríngeo (bajo el estímulo apropiado), según Stafne y Hollinshead, 1962, puede conducir a una variación muy marcada de la cadena estilohioidea en la juventud. En opinión de estos autores, el segmento de hueso formado es mucho más grande que el espesor que posee el ligamento estilohioideo motivo por el cual considera que no puede ser el resultado de cambios degenerativos, sino que en estos casos, parece obvio, que es la porción epihial del cartílago de Reichert, que al persistir se osificó. Patni y cols., 1986, consideraron que la osificación parcial del ligamento estilohioideo puede producir una elongación del proceso estiloides y por consiguiente el extremo del proceso estiloides largo corresponde a la porción proximal del ligamento que secundariamente se ha osificado.

Gossman y Tarsitano, 1977, interpretan al igual que Stafne y Hollinshead, 1962, que en la mayoría de los casos hay una verdadera

osificación de la cadena estilohioidea, y que ésta sucede frecuentemente en personas de menos de 31 años de edad. Estimaron que entre un 2 y un 4% de la población general presentan evidencias radiográficas de un segmento calcificado de la cadena estilohioidea. La mayoría de estos pacientes son asintomáticos y en aquellos que tienen sintomatología no hay relación entre la magnitud de los síntomas y la severidad de la calcificación.

Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, observaron que al final del periodo embrionario el cartílago del segundo arco faríngeo o cartílago de Reichert se había formado únicamente en los segmentos craneal e inferior del arco. El segmento posterocraneal o estíleo, más largo, era continuo con la cápsula otica. El segmento inferior de pequeña longitud contactaba con el hioides. Entre ambos segmentos no se había formada cartílago, existiendo un tejido mesenquimal casi inapreciable que unía los dos segmentos cartilagosos citados.

Para Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, el cartílago de Reichert no constituye un elemento continuo, como indican los textos de embriología humana (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O'Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999). Estos autores, consideran que en la región media del arco, el cartílago de Reichert no ha degenerado a tejido fibroso como dicen Hamilton y Mossman, 1975; Sperber, 1989; Sadler, 1996; Moore y Persaud, 1999, sino que pueden afirmar según sus observaciones que nunca llega a constituirse cartílago de Reichert. En el desarrollo humano, según Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, no existe o no se forma constantemente el segmento cartilaginoso denominado ceratohial (Lesoine, 1966; Stafne y Hollinshead, 1968; Arnould y cols., 1969; Ommell y cols., 1998) que al degenerar y persistir su vaina fibrosa forma el ligamento estilohioideo (Dwight, 1907; Stafne y Hollinshead, 1962; Hollinshead, 1969; Friedman, 1970; Frommer, 1974; Bhaskar, 1976; Hamilton y Mossman, 1975; Sperber, 1989; Moore y Persaud, 1999; Corliss, 1979;

Montalbetti y col., 1995; Sadler, 1996; O´Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997). Esta teoría o concepción embriológica de que es el pericondrio del cartílago de Reichert es el que forma el ligamento estilohioideo, o sirve de guía para su formación debiera ser revisada con los datos aportados por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006 y 2015.

A diferencia del cartílago de Meckel (Rodríguez-Vázquez y cols., 1992, 1997) el cartílago de Reichert no es una estructura continua que recorre todo el arco. En el periodo fetal queda claramente determinado el patrón morfológico del cartílago de Reichert, presentando dos áreas o segmentos: uno craneal de mayor longitud continuo a la cápsula otica, otro caudal más pequeño en relación con el hioides. Entre ambos segmentos no se forma ningún cartílago.

Para Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, no es correcta la aseveración de Revilla y Stuyt, 1989 de que a partir del tercer mes de vida intrauterina se segmenta en cinco porciones. En consecuencia, en el desarrollo humano, no existe la segmentación hasta ahora señalada del aparato estilohioideo: timpanohial, estilohial, ceratohial e hipohial (Stafne y Hollinshead, 1968; Lesoine, 1966; Arnould y cols., 1969; Ommell y cols., 1998). En su estudio Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, únicamente observaron el segmento posterosuperior del cartílago de Reichert que correspondería al estilohial y el correspondiente a las astas menores o hipohial.

La variabilidad de la forma y longitud del segmento craneal del cartílago de Reichert o estilohial, según Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, determinará que al osificarse después del nacimiento (Paturet, 1951; Testut, 1975; Orts, 1986; Williams y Warwick, 1985) de lugar a una apófisis estiloides de longitud variable y más o menos angulada. Esta consideración que hacen está en concordancia con las investigaciones de Lengele y Dhem, 1989, en las que demuestran que los procesos estiloides cortos y largos, tienen las mismas características de cartílago calcificado. Por tanto, según Rodríguez Vázquez y

cols., 2006, la existencia de un proceso estiloides de longitud y morfología variable, estará en dependencia a la longitud y morfología que presenta el segmento posterocraneal o estíleo del cartílago de Reichert, de donde se formará por osificación endocondral.

Recientemente Rodríguez-Vazquez y cols., 2011, describe como el cuerpo del hioides se origina a partir de la eminencia hipobranquial. A los 11 mm de longitud G-L, la eminencia hipobranquial fue identificada, por estos autores como una estructura que hace relieve en la línea media de la luz de la faringe y, que ventralmente se correspondía con una condensación mesenquimal que se extendía caudalmente entre los nervios hipoglosos. El extremo caudal del mesénquima se relacionaba con la parte ventral del anlage de la glándula tiroideas. Las eminencias aritenoideas en desarrollo se disponían dorsolateralmente a las condensaciones mesenquimales de la eminencia hipobranquial. En el lado ventral de la eminencia aritenoidea, observaron una condensación a manera de barras mesenquimales, que correspondían al cartílago de Reichert o del segundo arco. Dorsalmente al anlage del cartílago Reichert, fue observada bilateralmente la condensación mesenquimal de los terceros arcos. Estos autores observaron como la formación de cartílago se produjo en las partes superomedial y dorsal de la condensación mesenquimal del tercer arco. El cartílago superomedial parecía corresponder al asta mayor del hioides, mientras que el cartílago dorsal parecía corresponder al cartílago tiroideas. Las condensaciones del segundo y tercer arco mesenquimales nunca llegaron a la línea media.

Describen como a los 21 mm de longitud G-L, en un espacio angosto entre los extremos mediales bilaterales de los anlages de los cartílagos de Reichert o del segundo arco, existía una condensación mesenquimal aislada y que era independiente de las condensaciones mesenquimales de los segundos y terceros arcos. La condensación mesenquimal de la línea media presentaba una forma triangular. Esta condensación de la línea media formaba en

especímenes mayores una masa de cartílago que daría lugar al cuerpo del hioides.

En contraste con la teoría dual del origen del cuerpo del hioides, Zaw-Tun y Burdi, 1985, sugieren que el cuerpo y el asta mayor del hioides, así como las astas superiores del cartílago tiroides se desarrollan de una sola condensación mesenquimal en forma de cinta durante el estadio 19 de O'Rahilly. Además, O'Rahilly y Muller, 1996, describen una teoría de origen único en el que el tercer arco desarrolla todas las partes del cuerpo del hioides.

Una interrogante, por tanto es, si el cartílago de Reichert contribuye a formar una parte del cuerpo del hioides. Por otro lado, un resto de la fusión entre el asta mayor y cuerpo del hioides se mantiene hasta por lo menos 12 semanas, (Rodríguez-Vázquez y cols., 2006).

Justificación, hipótesis y objetivos

Tras el análisis de la literatura existente sobre el origen del hueso hioides, consideramos que se siguen manteniendo las teorías clásicas que aparecen reflejadas en los libros de texto (Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Moore y Persaud, 1999) y que pueden ser resumidas en la tabla adjunta.

Los actuales trabajos sobre el cartílago del segundo arco faríngeo (Rodríguez-Vázquez y cols., 2005, 2006, 2015) han determinado que el concepto que se tenía sobre el cartílago de Reichert haya cambiado y esto a su vez ha influido en las teorías hasta ahora aceptadas sobre el origen del hioides.

El objetivo de nuestro trabajo es realizar un estudio en conjunto sobre el origen y desarrollo del hueso hioides, ya que hasta ahora no había sido abordado. Se ha realizado este análisis en el período embrionario puesto que es en esta etapa del desarrollo donde aparecen los anlagen cartilagosos de los arcos faríngeos que intervienen en la formación del hueso hioides.

Estructuras derivadas de los componentes de los arcos faríngeos

Arco	Nervio	Músculos	Estructuras Esqueléticas	Ligamentos
Segundo	Facial (PC VII)	Músculos de la expresión facial Músculo del estribo Estilohioideo Ventre posterior del digástrico	Estribo Apófisis estiloides Asta menor del hueso hioides Parte superior del cuerpo del hueso hioides	Ligamento estilohioideo
Tercero	Glossofaríngeo (PC IX)	Estilofaríngeo	Asta mayor del hueso hioides Parte inferior del cuerpo del hueso hioides	

Materiales y métodos

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se han analizado 21 embriones humanos pertenecientes al Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid. De los 21 especímenes previamente observados se eligieron 9 para su descripción, en base a su tamaño, grado de conservación, tinción y datos que aportan para este estudio.

Estos 9 especímenes están comprendidos entre los 11 mm y 28.5 mm. de longitud (G-L), de 38 días a 56 días de edad gestacional, estadios 16 a 23 de la Carnegie (O'Rahilly y Müller, 2010).

En su día, y por el servicio de laboratorio, siguiendo técnicas habituales, fueron fijados en formol neutro al 10%. A continuación se deshidrataron con etanol a concentraciones crecientes, aclarando con butanol o benceno; para más tarde hacer su inclusión en parafina. Con posterioridad se practicaron secciones seriadas, en los tres planos del espacio, con grosores variables de 10-15 μm dependiendo del tamaño del espécimen. Los cortes fueron teñidos según las técnicas de McManus y Mowry, 1968, con hematoxilina de Harris y eosina, azocarmín y Bielschowsky.

El material fue examinado en un microscopio Nikon Eclipse 80i. Haciéndose un estudio morfodescriptivo y practicándose las microfotografías con cámara digital Nikon DS-L1 de aquellos planos de sección que consideramos de mayor utilidad para cumplir el objetivo de nuestro trabajo. En las tablas 1 y 2, se detallan las características de los especímenes y las firmas utilizadas en las microfotografías.

Tabla I ► Embriones humanos

Embrión Humano	Sección	Longitud G-L	Estadio
BOT-9	Transversal	9 mm	16
CIV-3	Transversal	10. 75 mm	16
BOT	Transversal	11mm	16
MAR-12	Transversal	12mm	17
GV-6	Transversal	13mm	17
FAUS-6	Transversal	13. 6mm	17
GV-8	Transversal	14. 5mm	18
NO	Transversal	15mm	18
CIV-2	Transversal	16mm	18
CN	Transversal	16mm	18
PA	Transversal	17mm	19
MAR-2	Transversal	18mm	19
CIV-1	Transversal	18mm	19
PR	Sagital	19mm	20
BR-3	Sagital	19mm	20
GI	Sagital	20. 5mm	20
CN-3	Transversal	21mm	20
AR	Sagital	21. 5mm	20
GV-6	Transversal	22mm	21
GI-4	Transversal	26. 5mm	22
BR-4	Frontal	28mm	23

Tabla II ► Signaturas

1A	Primer arco
2A	Segundo arco
3A	Tercer arco
3B	Tercera bolsa
3C	Condensación mesenquimal / Cartílago del tercer arco
4A	Cuarto arco
4AR	Cuarto arco arterial aórtico
4B	Cuarta bolsa
A	Prominencias aritenoideas
AA	Cartílagos de los terceros arcos que forman las astas mayores
AL	Arteria lingual
AM	Segmento caudal del cartílago de Reichert que forman las astas menores
C	Cartílago cricoides
CC	Arteria carótida común
CE	Arteria carótida externa
CH	Cuerpo del hioides
CI	Arteria carótida interna
CL	Clavícula
CM	Condensación mesenquimal media de la eminencia hipobranquial
CT	Cartílago tiroides
D	Músculo digástrico
EH	Eminencia hipobranquial
ES	Músculo estilogloso
F	Faringe
G	Músculo geniogloso
GH	Músculo genihioides
GN	Ganglio nodoso
GT	Glándula tiroides
H	Músculo hiogloso
I	Nervio alveolar inferior
IX	Nervio glosofaríngeo
L	Nervio lingual
LE	Lengua
LS	Nervio laríngeo superior
M	Cartílago de Meckel
MH	Músculo milohioides
NM	Nervio del milohioides
P3	Paratiroides III
P4	Paratiroides IV
R	Cartílago de Reichert / Anlage del cartílago de Reichert
S	Glándula submandibular
SH	Músculo esternohioides
TH	Músculo tirohioides
VII	Nervio facial
IX	Nervio glosofaríngeo
X	Nervio vago
XII	Nervio hipogloso

Resultados

ESTADIO 16 DE LA CARNEGIE

Embrión humano BOT de 11 mm. de longitud G-L.

Nuestras observaciones en este embrión pretendieron delimitar el área topográfica de la eminencia hipobranquial o "área medio branquial".

Fueron observadas la disposición de los arcos faríngeos, en secciones oblicuas, donde el lado derecho estaba seccionado más craneal que el izquierdo. En el lado derecho se observó el relieve del segundo arco y el nervio facial (Fig. 1).

Los arcos primero, segundo y tercero determinaban unos relieves en la superficie, que en el lado izquierdo al ser la sección más caudal, se observaron mejor. Cranealmente y en el lado derecho se encontraban peor delimitados. El segundo arco rebasaba superficialmente al tercero, constituyendo el seno cervical (Fig. 5). El cuarto arco también determinaba en la superficie un ligero abultamiento en el lado izquierdo (Fig. 5).

Fue posible identificar en el mesénquima indiferenciado los nervios de cada uno de estos arcos. El nervio facial en el segundo arco, el nervio glossofaríngeo en el tercer arco y nervio laríngeo superior, rama del vago, en el cuarto arco (Figs. 2, 4, 6, 8).

En la parte más craneal del suelo de la faringe se observó un relieve medio (EH). Esta prominencia estaba delimitada lateralmente por los relieves más craneales de las prominencias aritenoideas (Figs. 2, 3,4).

Este área central de mesénquima que consideramos corresponde a la eminencia hipobranquial, fusión del tercer y cuarto arco, se encontraba delimitada cranealmente por la tercera bolsa faríngea (anlage del timo) y dorsal a ella el anlage de la paratiroides III (Figs. 1, 2). Algo más caudal, el límite de este área central mesenquimal corresponde al origen de la arteria carótida externa, al tratarse de una sección oblicua pudimos observar el límite lateral de esta área en la misma sección (lado izquierdo Fig. 3). Caudalmente y ventralmente, el nervio glossofaríngeo se localizaba muy próximo a la tercera bolsa. El nervio glossofaríngeo separaba el mesénquima del tercer arco de una condensación mesenquimal localizada en el segundo arco, que correspondía al anlage del cartílago de Reichert, futuras astas menores del hioides (Fig. 4). El nervio glossofaríngeo delimitaba lateralmente el área central mesenquimal (fusión tercer y cuarto arcos) y trataba de introducirse en el mesénquima central.

En la parte más anterior y caudal del área central mesenquimal, por delante de las eminencias aritenoideas, se observó un área de condensación celular, (Figs. 5 y 6) que por la situación topográfica de las estructuras, podría corresponder al área del mesénquima del tercer arco y cuarto arco. Esta condensación (círculo Fig. 6) se localizaba cranealmente al anlage del tiroides medio y a los cuartos arcos arteriales (Figs. 7 y 8). Los nervios hipoglosos se disponían lateralmente y muy próximos a esta condensación mesenquimal (Figs. 6, 7 y 8).

Por tanto el área del tercer arco y eminencia hipobranquial, quedaría delimitada cranealmente por los orígenes de las arterias carótidas externas.

Caudalmente el relieve de la eminencia hipobranquial (área de unión de los terceros y cuartos arcos) se encontraba delimitada por los relieves más craneales de las prominencias aritenoideas, donde fue posible observar el nervio laríngeo superior (cuarto arco) (Fig. 8).

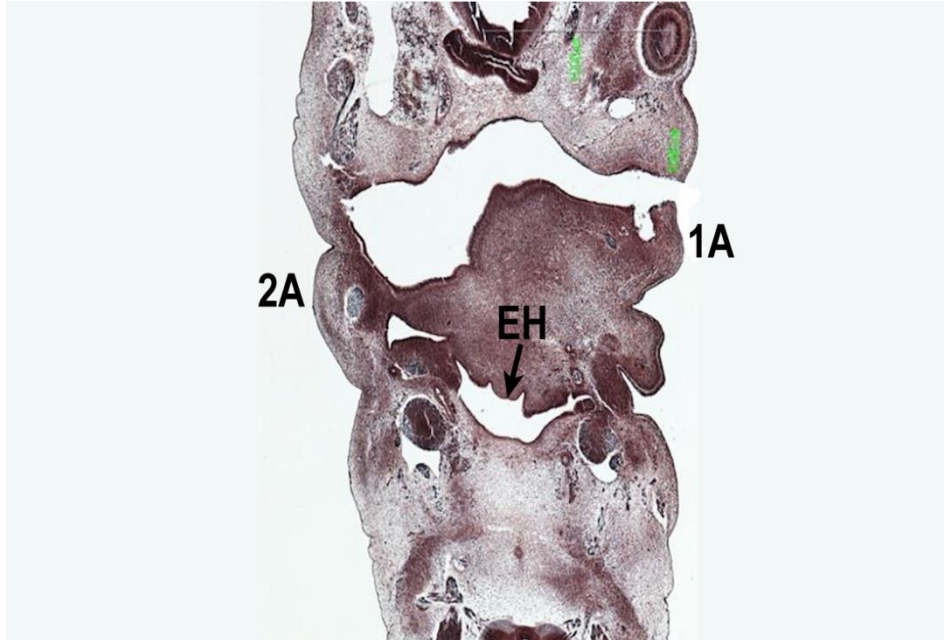


Figura 1

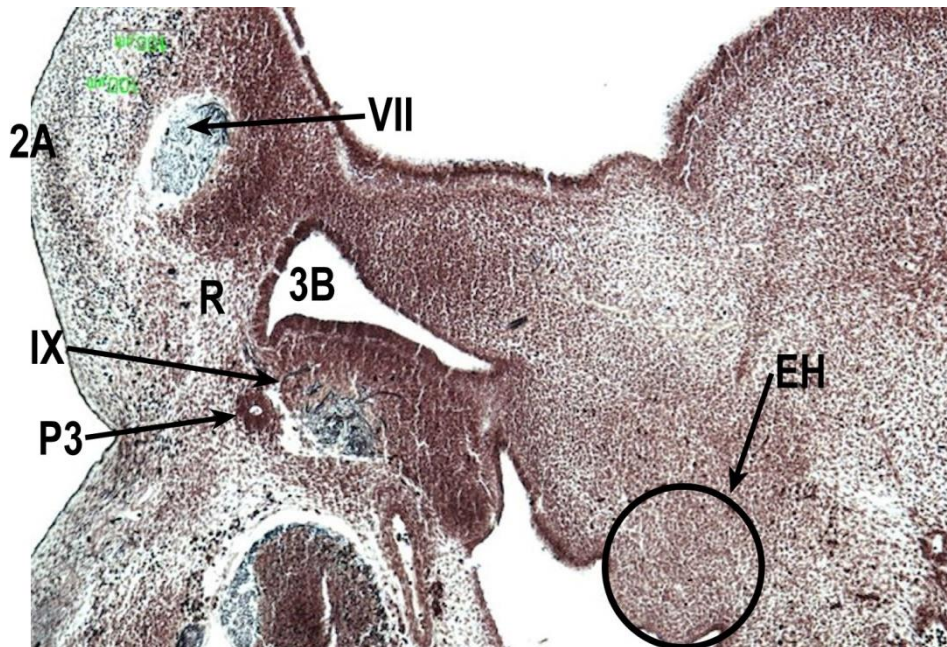


Figura 2

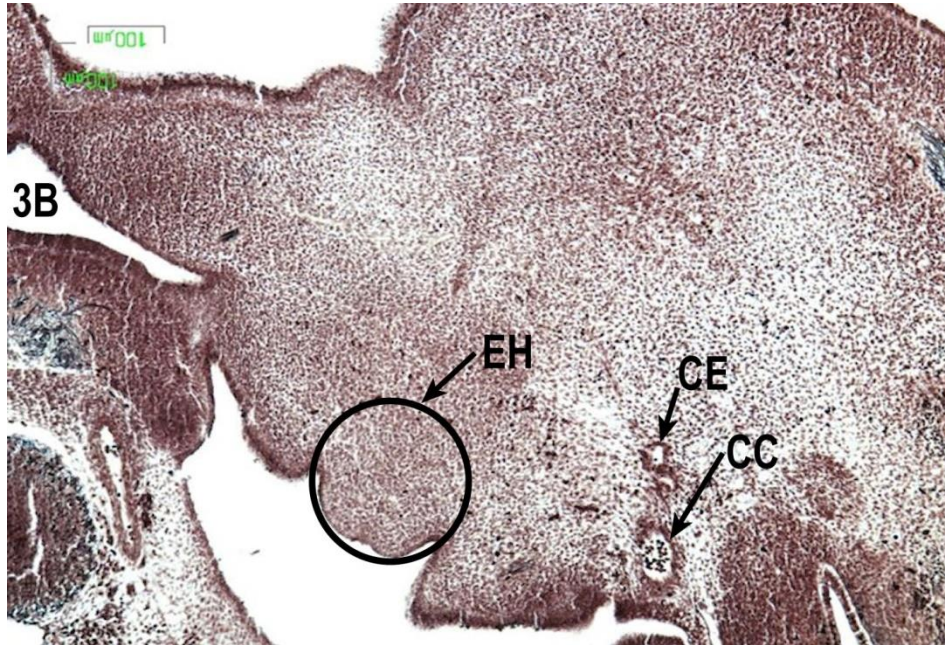


Figura 3

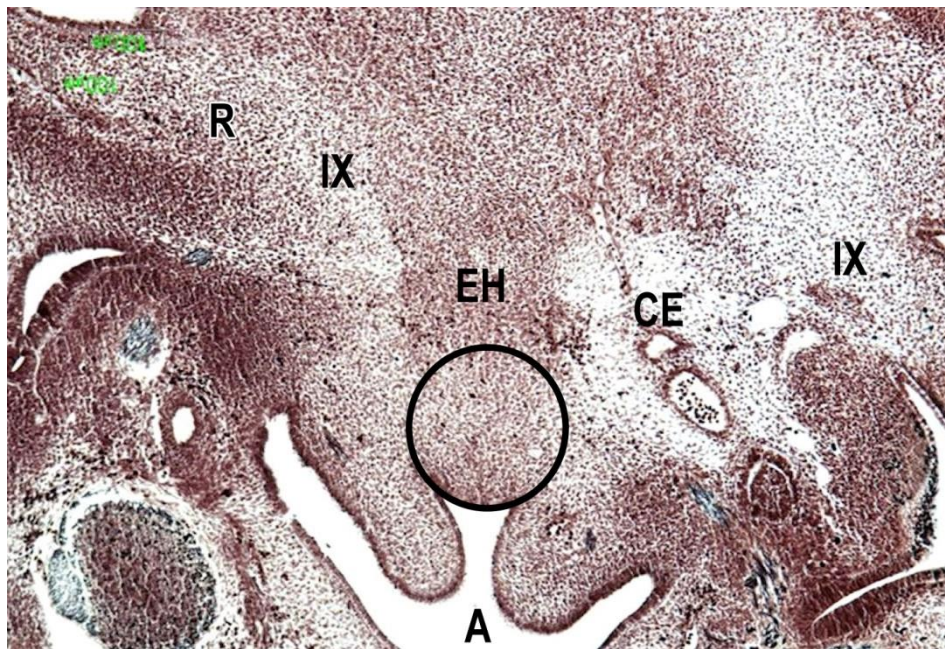


Figura 4

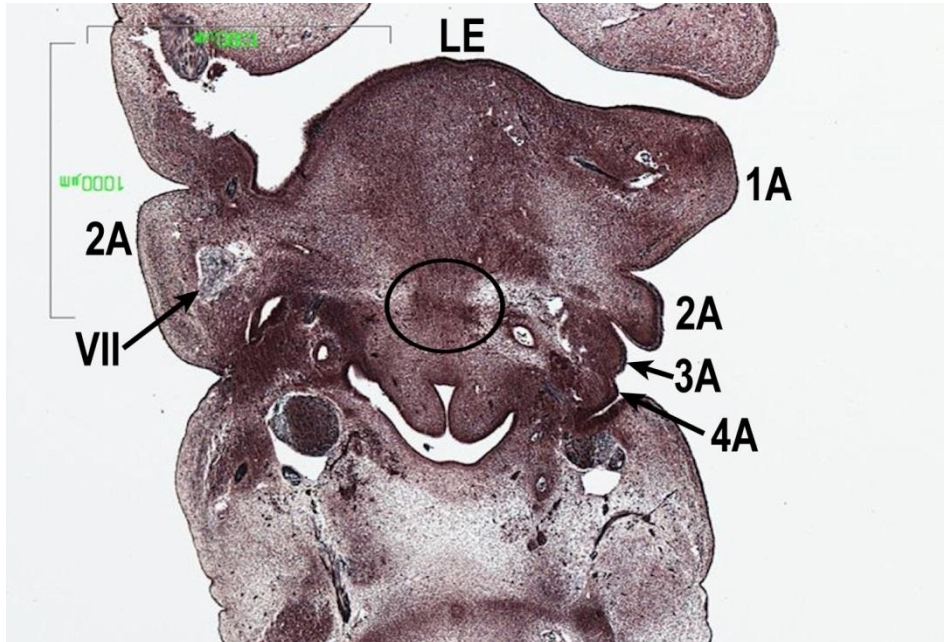


Figura 5

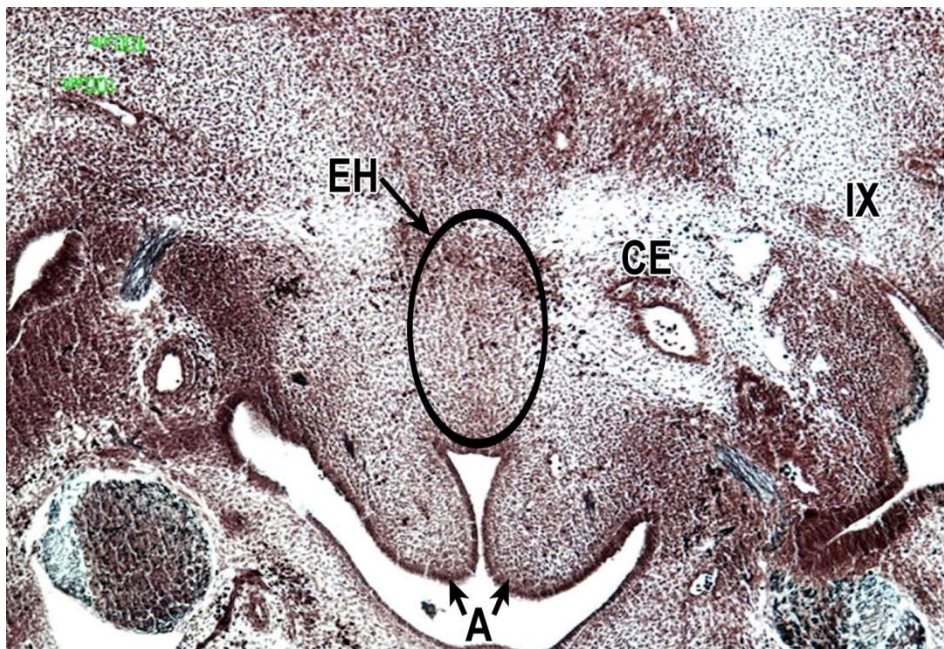


Figura 6

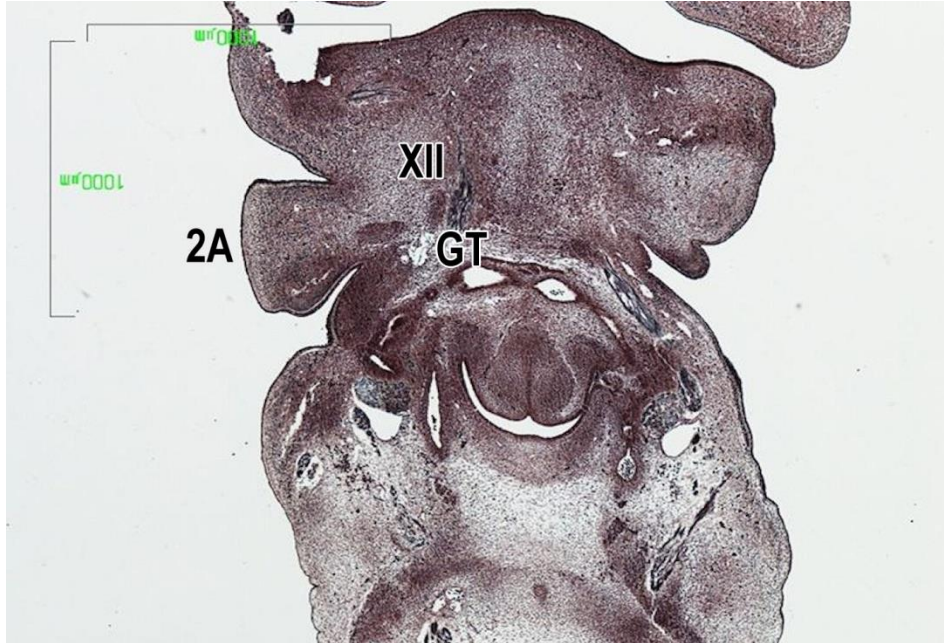


Figura 7

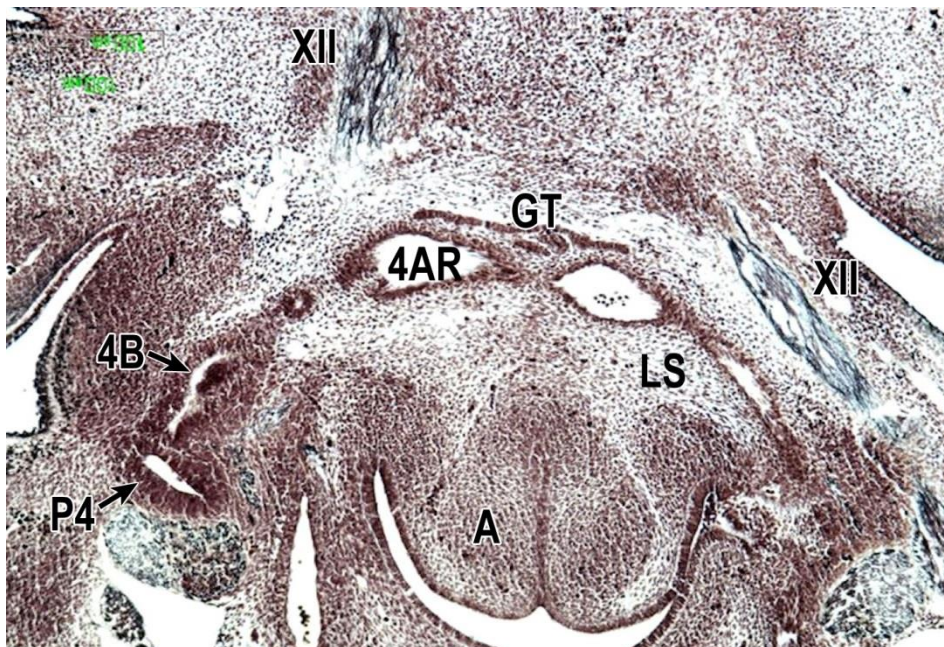


Figura 8

ESTADIO 18 DE LA CARNEGIE

Embrión humano CN de 16 mm. de longitud G-L.

Este embrión humano fue muy interesante para su estudio ya que presentaba secciones transversales muy simétricas.

En este estadio se habían formado las condensaciones mesenquimales de los anlagen de los cartílagos que formarían el hueso hioides. La parte menos desarrollada era la del cuerpo del hioides.

En la parte craneal y posterior se observaron la faringe y las prominencias aritenoideas (Figs. 9, 10, 11 y 12). A los lados, el anlage del segmento caudal de los cartílagos de Reichert, anlage de las astas menores del hioides que en este espécimen eran muy largos, y al lado el nervio facial, nervio del segundo arco (Figs. 10, 11, 12 y 13). Estos segmentos presentaban una dirección caudo-ventro-medial, pero nunca fueron observados que tuvieran una continuidad en la línea media. Finalizaban a ambos lados de la línea media y establecían contacto con los extremos anteriores de las condensaciones mesenquimales correspondientes a los anlagen de los cartílagos del tercer arco (Figs. 17 y 18).

Las condensaciones mesenquimales que formarían los cartílagos del tercer arco, tenían menor longitud, cranealmente a ellas se observó el nervio glosofaríngeo, nervio del tercer arco (Fig. 14). Estas condensaciones tenían una forma de arcos incompletos y se disponían lateral y ventralmente a la laringe. Estaban situadas caudalmente a las condensaciones mesenquimales del segundo arco (esbozos de los cartílagos de Reichert) (Figs. 17, 18 y 19).

Los anlagen de los cartílagos del tercer arco se aproximaban mucho a la línea media aunque tampoco fue observado que se continuaran entre ellos. Los cartílagos de los terceros arcos formaban los anlagen de las astas mayores del hioides (Figs. 16, 17, 18, 19, 20, 21).

En secciones más caudales y anteriores, se interponían entre ellos (anlagen de los cartílagos del tercer arco), una pequeña condensación mesenquimal redondeada (Figs. 17 y 18). Dorsalmente a ellos se observaron las condensaciones mesenquimales representativas de los esbozos de las láminas de los cartílagos tiroideos, muy próximas al nervio del cuarto arco, nervio laríngeo superior. (Fig. 20).

Esta disposición era importante para nosotros ya que existía una condensación mesenquimal central donde confluían lateralmente las condensaciones de los segundos arcos y dorsalmente las de los terceros arcos. (Figs. 14, 15, 16 y 17).

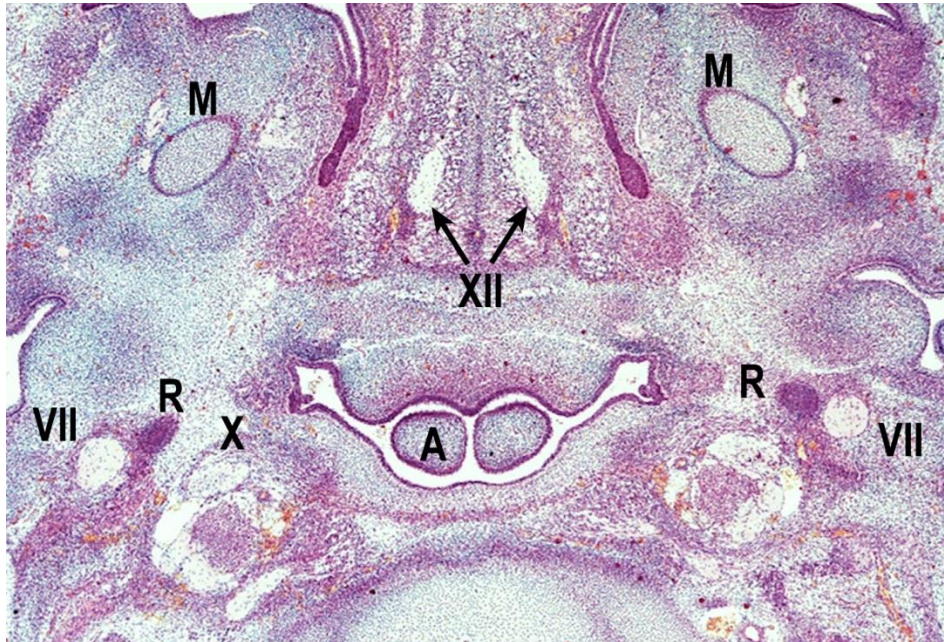


Figura 9

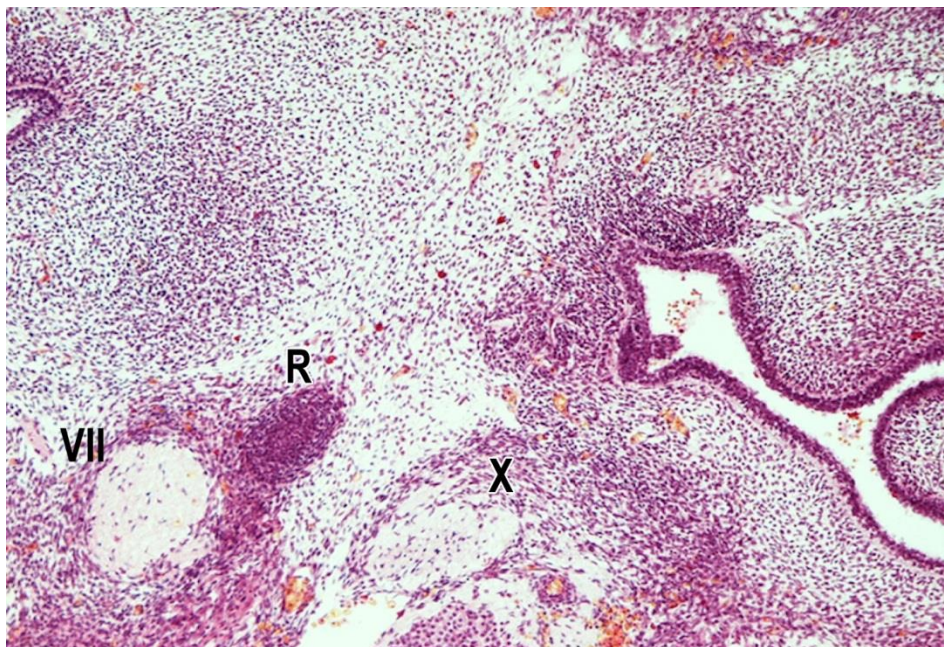


Figura 10

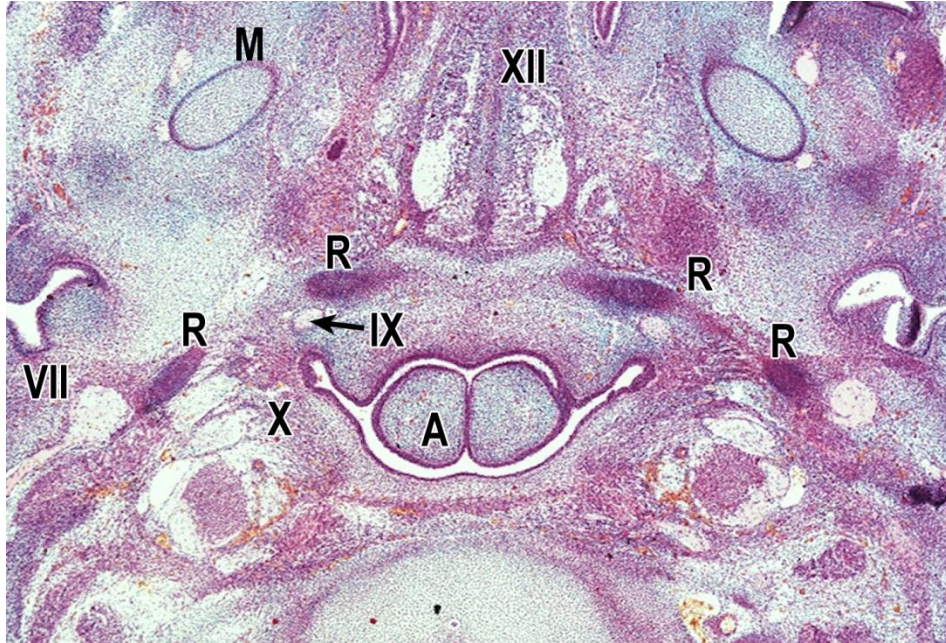


Figura 11

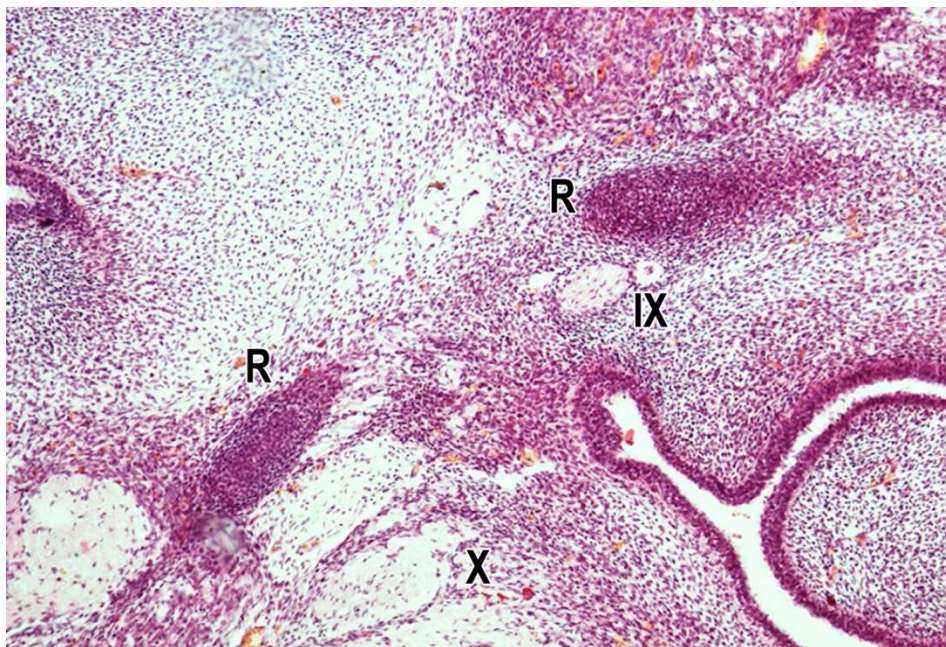


Figura 12

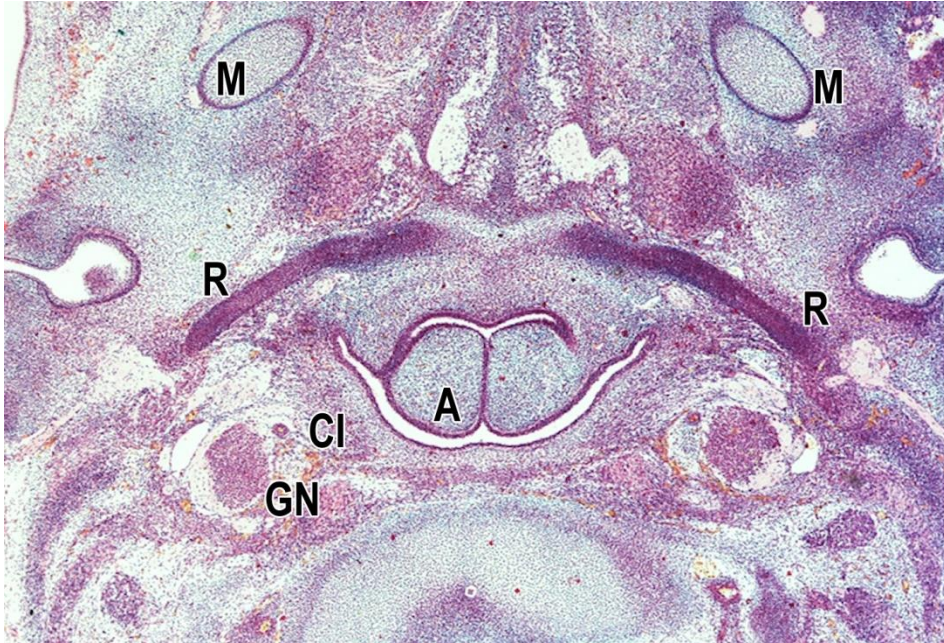


Figura 13

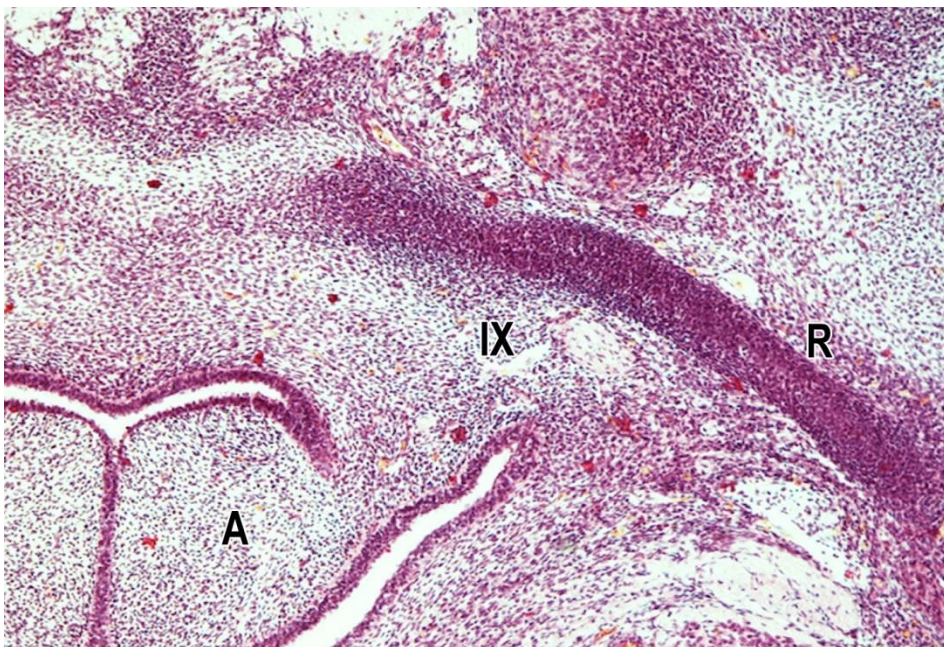


Figura 14

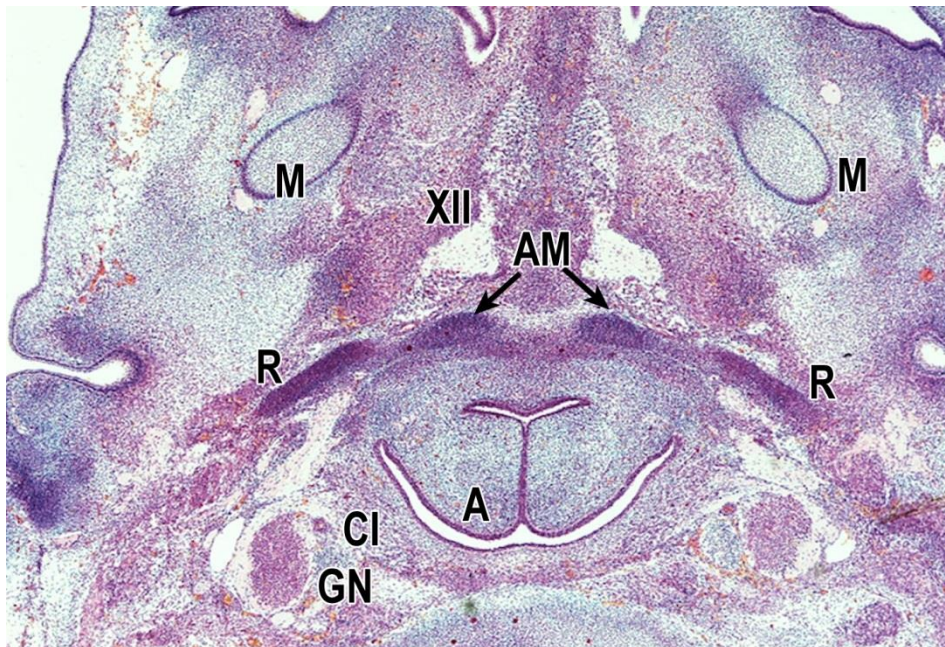


Figura 15

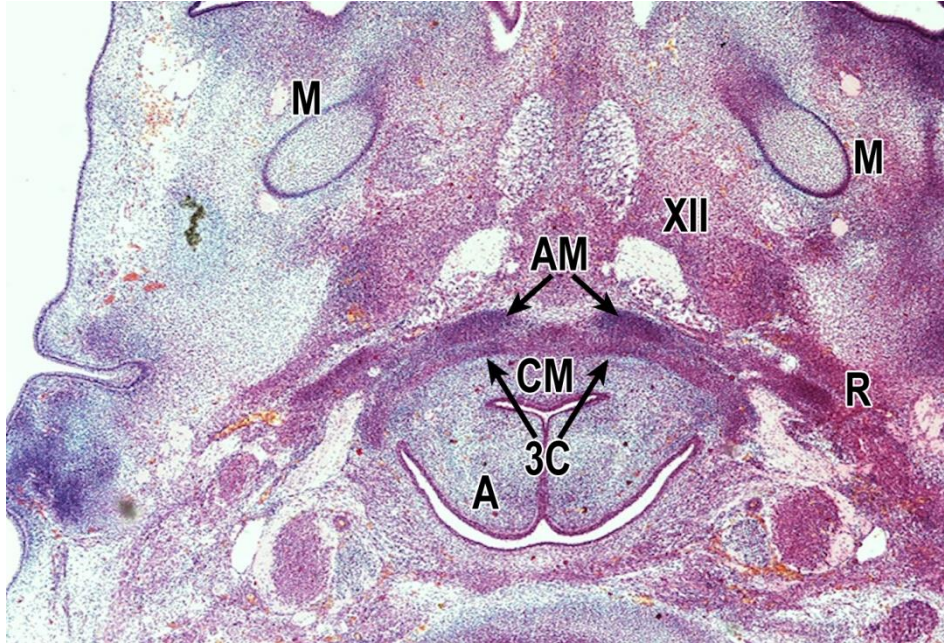


Figura 16

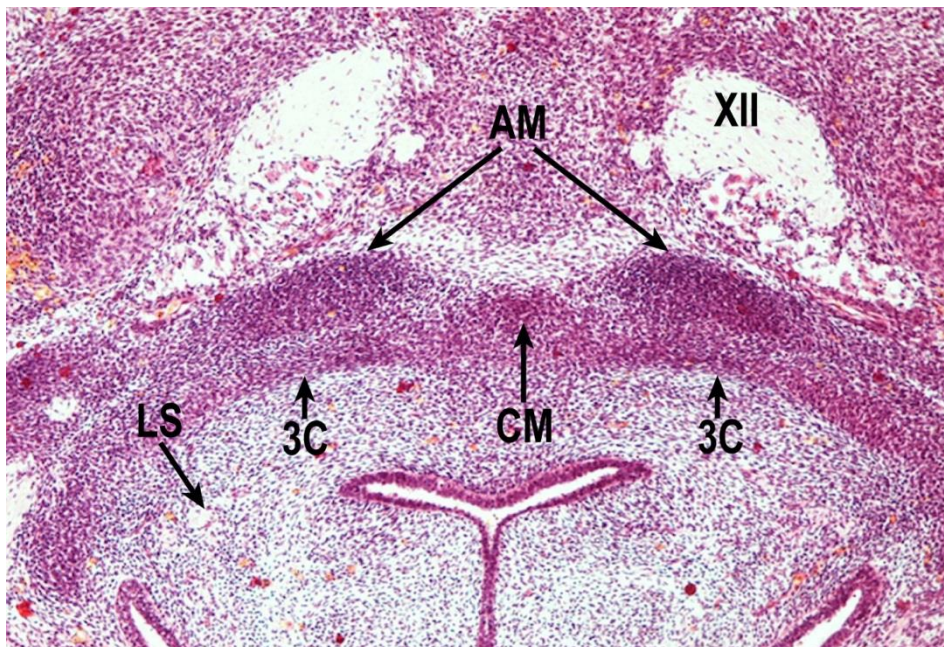


Figura 17

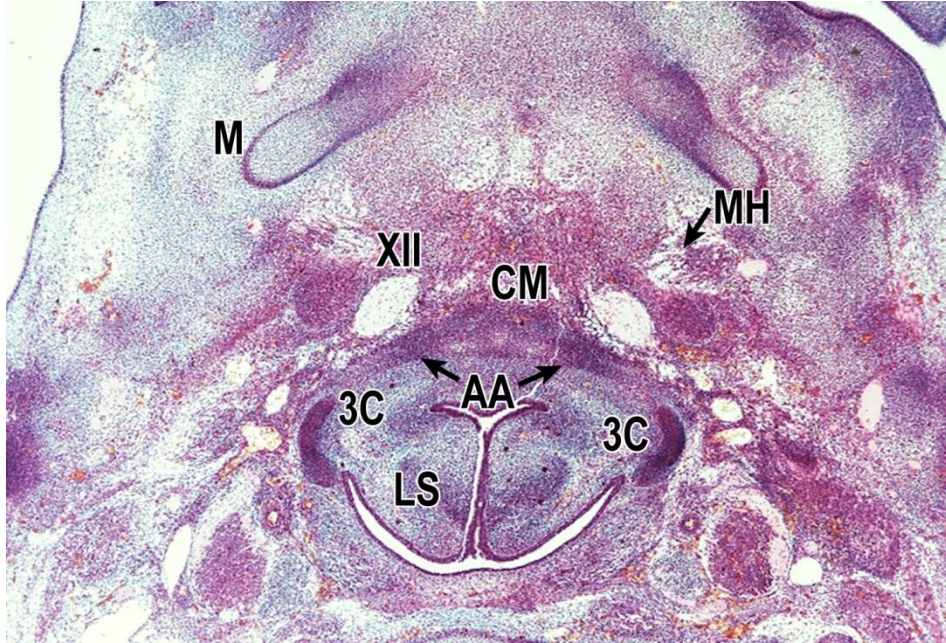


Figura 18

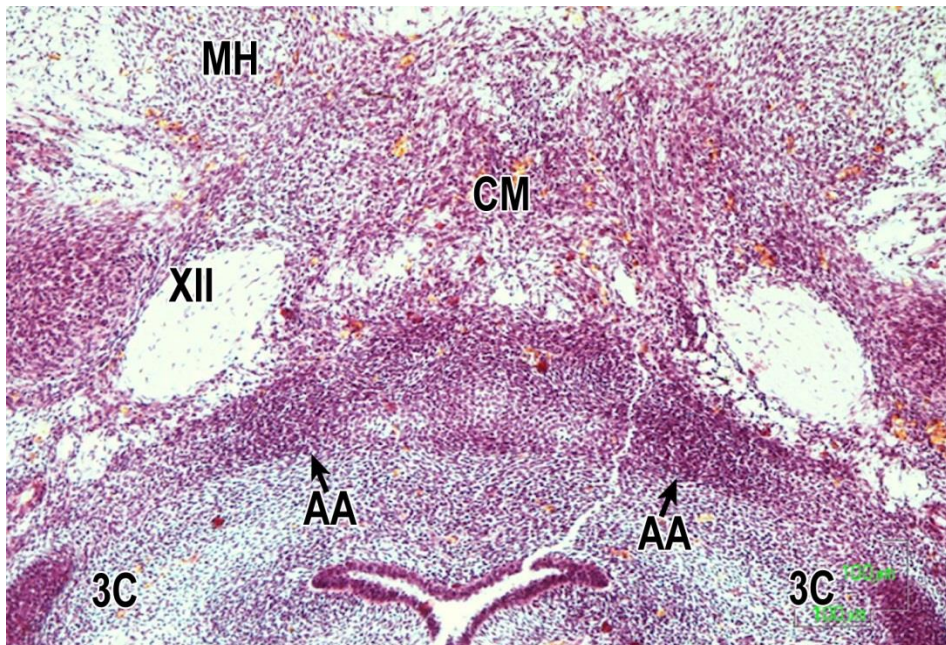


Figura 19

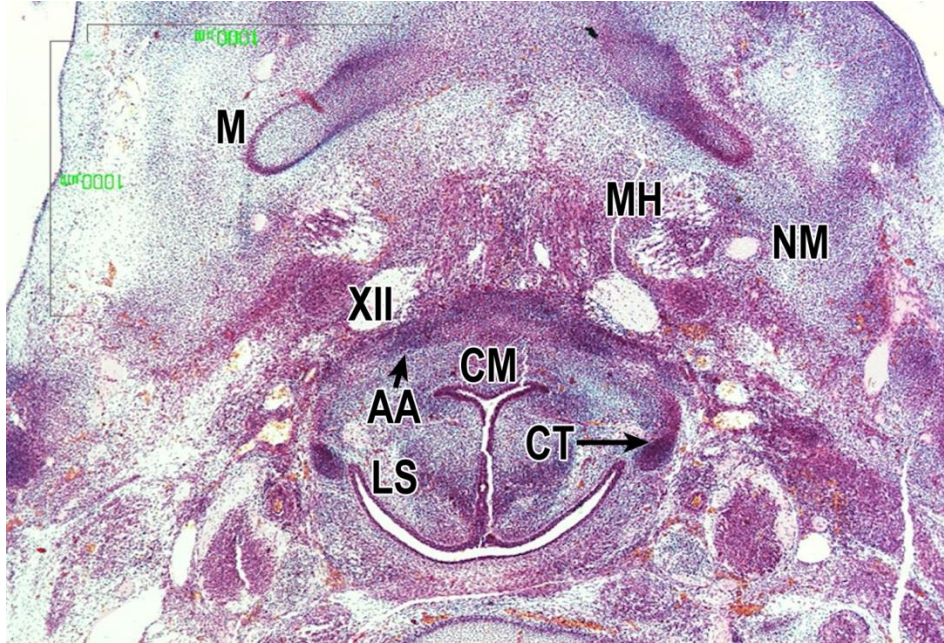


Figura 20

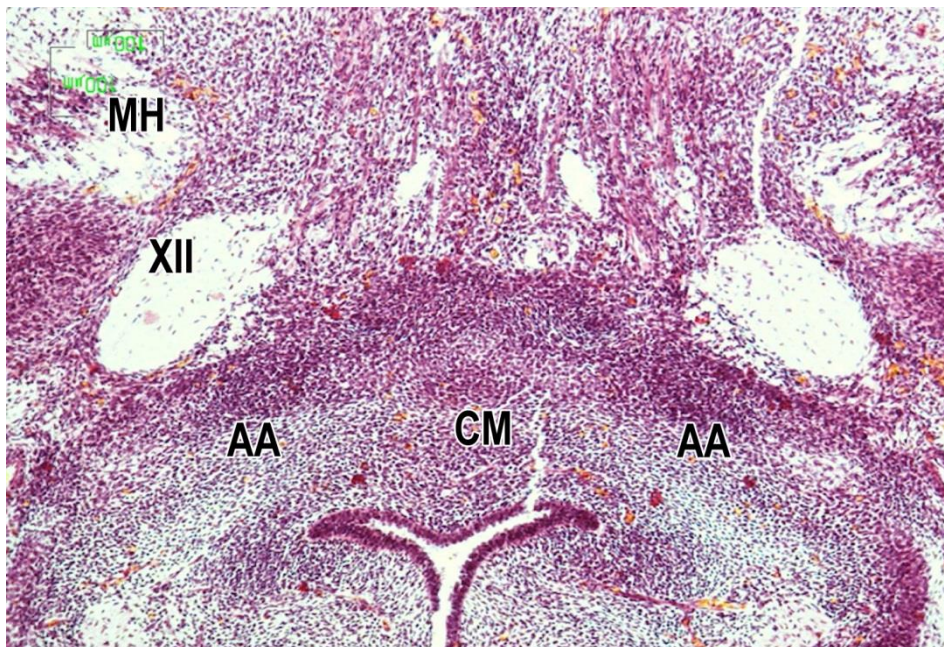


Figura 21

ESTADIO 19 DE LA CARNEGIE

Embrión humano CIV-1 de 18 mm. de longitud G-L.

En este embrión humano pudimos estudiar la topografía e histología de las condensaciones mesenquimales que darán origen al hueso hioides, en secciones transversales. En las secciones más craneales, fueron observados los cartílagos de Reichert que corresponden en realidad a los segmentos caudales de los cartílagos de los segundos arcos faríngeos (Figs. 22 y 23). Los extremos de ambos segmentos cartilagosos, anlagen de las astas menores, no se unían o continuaban en la línea media, sino que por el contrario finalizaban a uno y otro lado, en la parte craneal de una condensación mesenquimal central. Esta condensación en su parte media aparecía más prominente y correspondía a la unión en el área media de los mesénquimas de los terceros y cuartos arcos, eminencia hipobranquial. Topográficamente estas estructuras estaban localizadas dorsal y caudal al relieve de la lengua y cranealmente a las promiencias aritenoideas de la futura laringe (Figs. 24, 25, 26 y 27).

En secciones algo más caudales fueron observados dorsal y concéntricamente a los cartílagos de los segundos arcos faríngeos, e independientes de ellos, los cartílagos de los terceros arcos, anlagen de las astas mayores. Estos de forma curva presentaban unos extremos anteriores, situados a uno y otro lado, del mesénquima central, esbozo del cuerpo hioideo. Dorsalmente se continuaban con los anlagen del cartílago que organizará el tiroides (Figs. 28, 29 y 30).

Por tanto, una condensación mesenquimal independiente fue observada como el anlage del cuerpo del hioides, en ella terminaban los cartílagos de los segundos arcos, anlages de las astas menores del hioides y también los cartílagos de los terceros arcos, anlage de las astas mayores (Figs. 30, 31, 32 y 33).

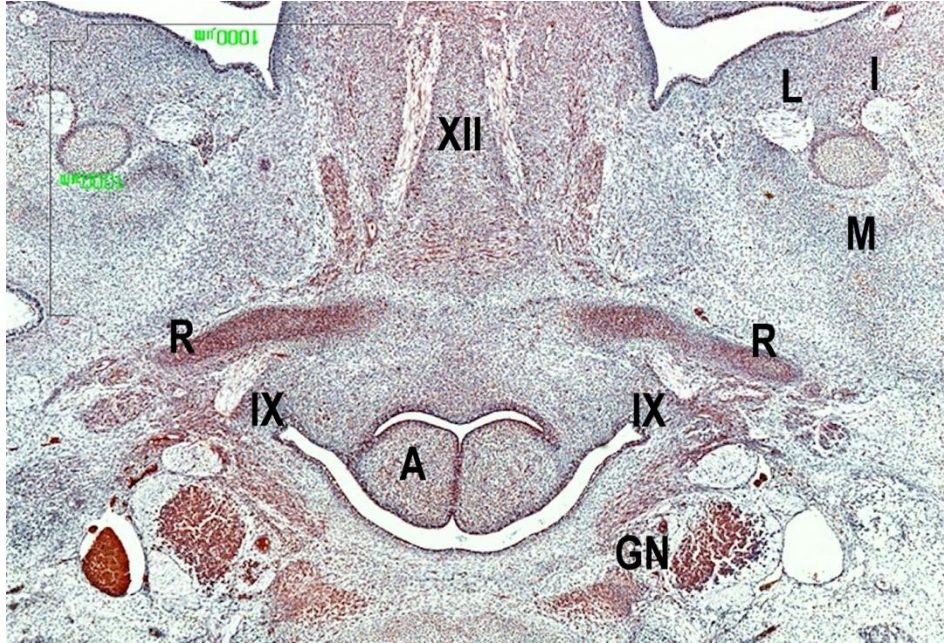


Figura 22

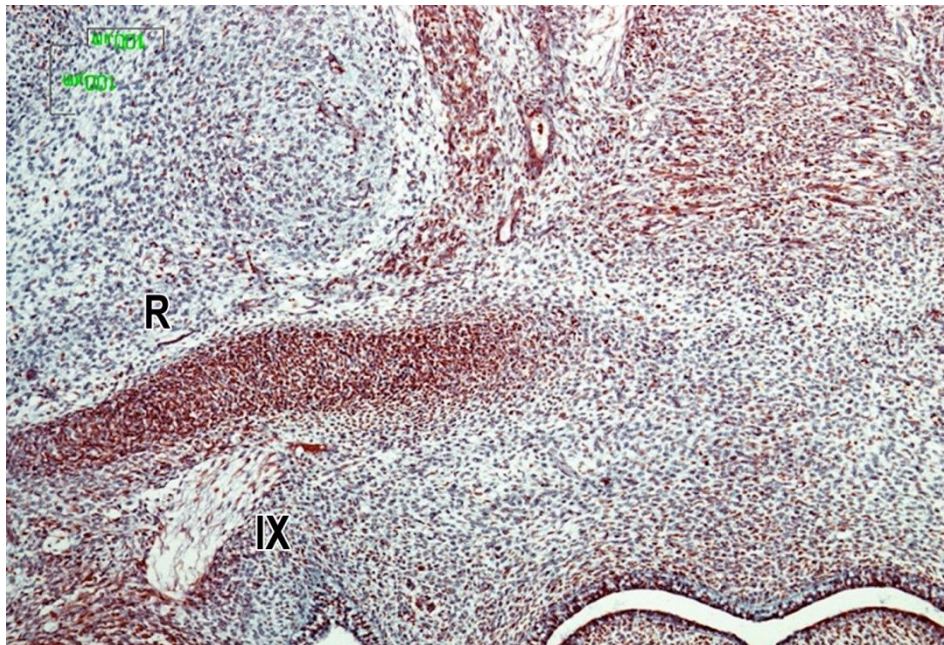


Figura 23

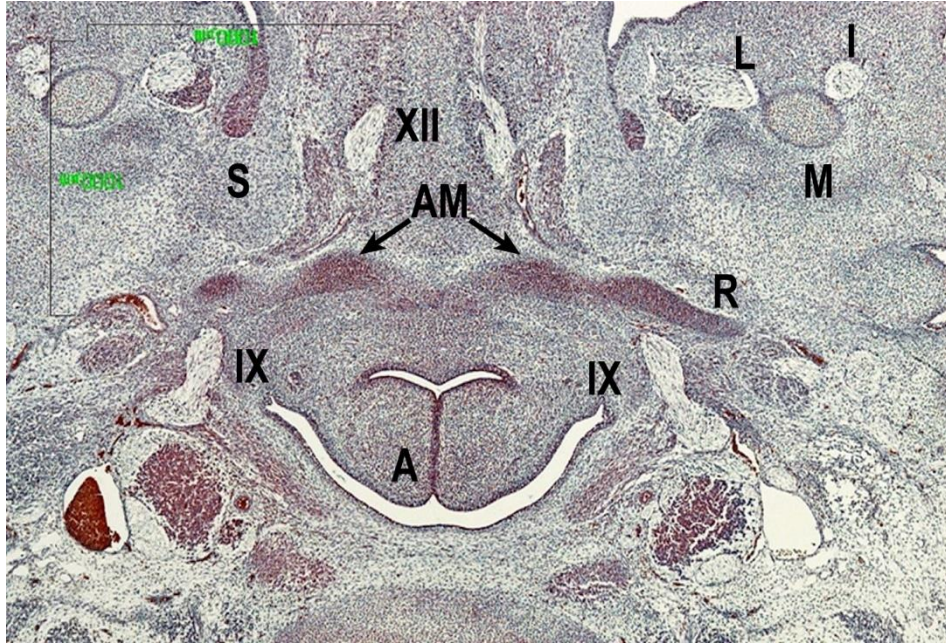


Figura 24

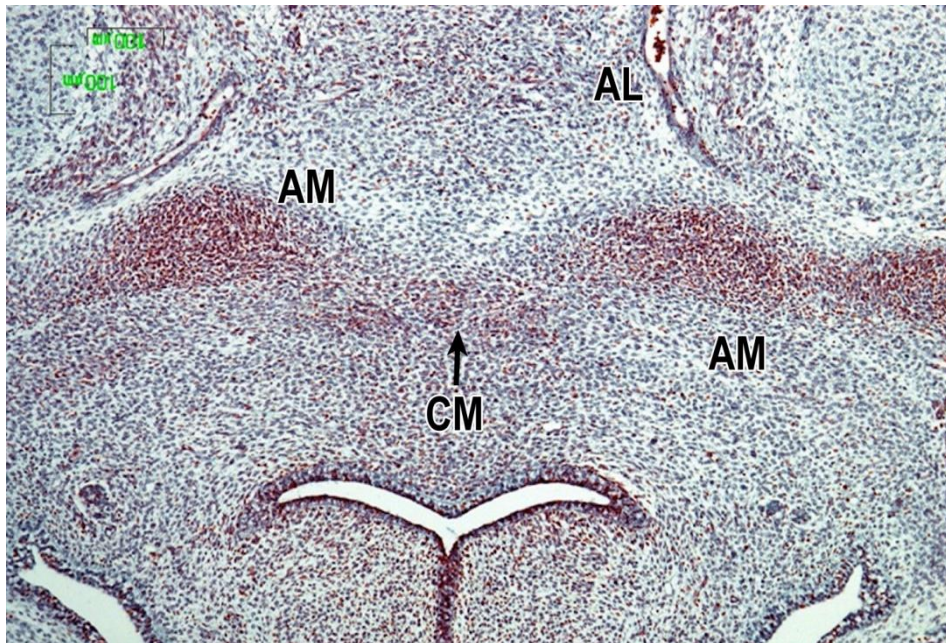


Figura 25

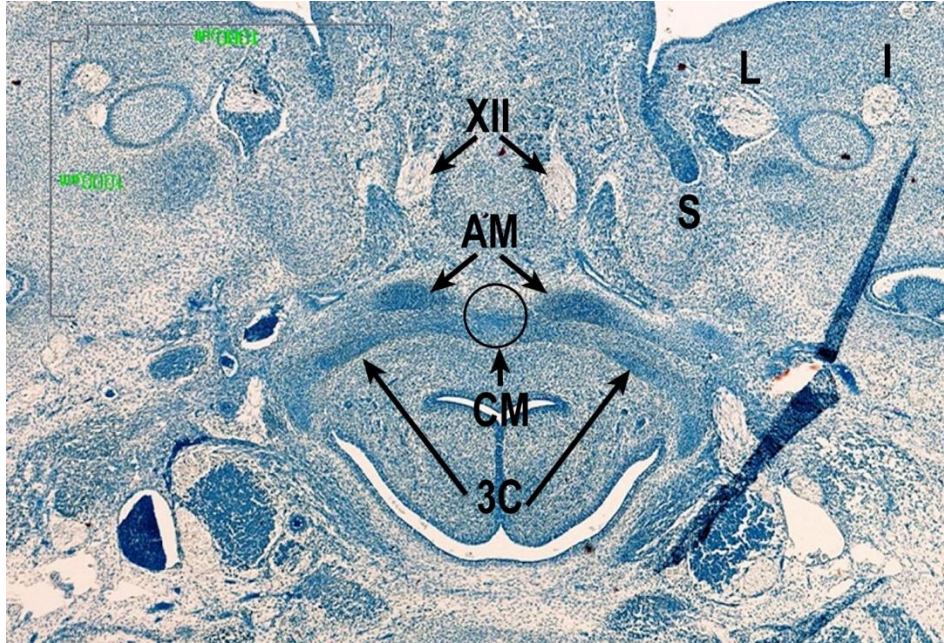


Figura 26

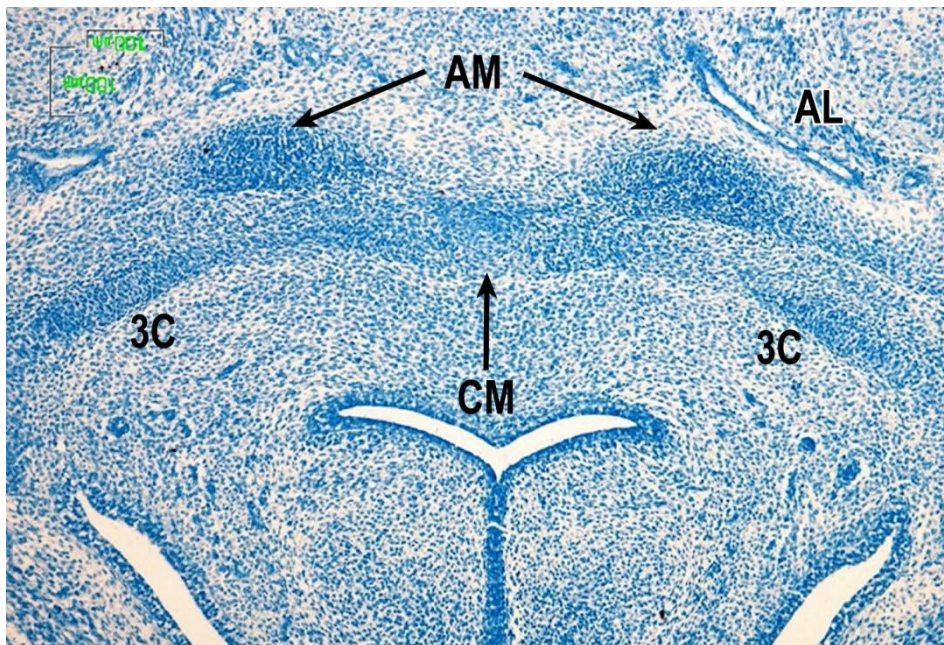


Figura 27

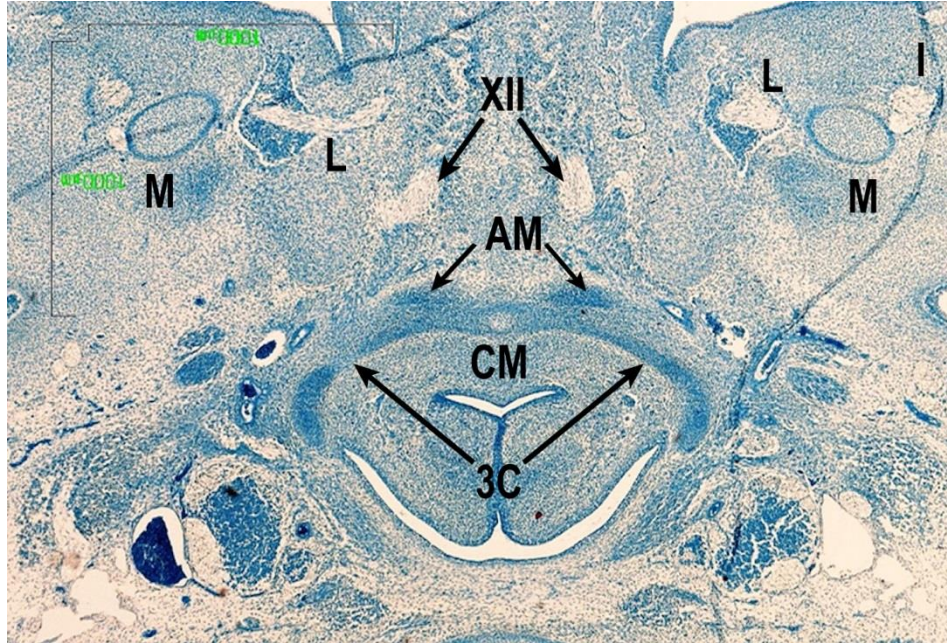


Figura 28

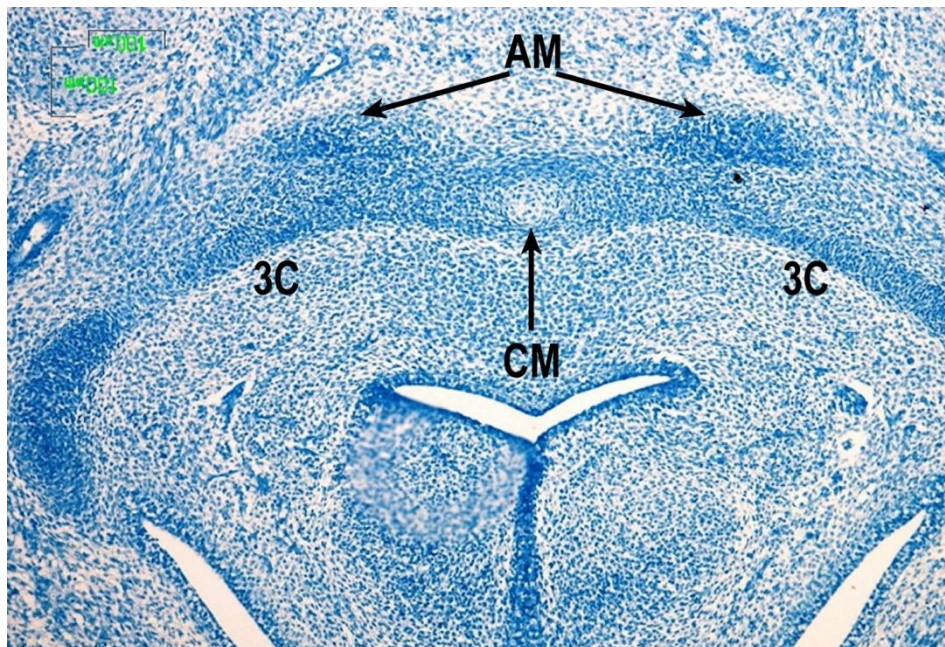


Figura 29

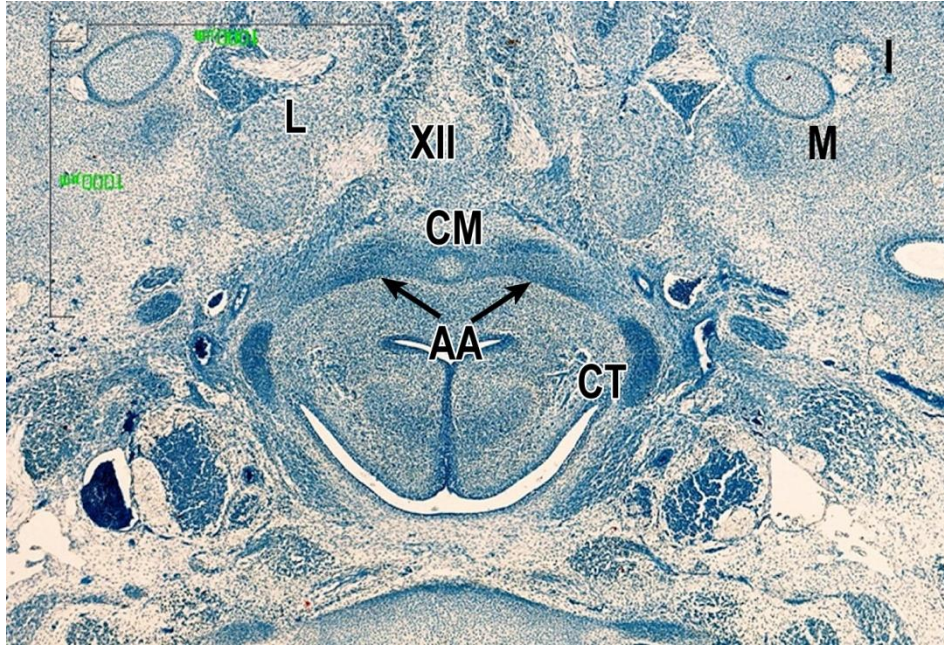


Figura 30

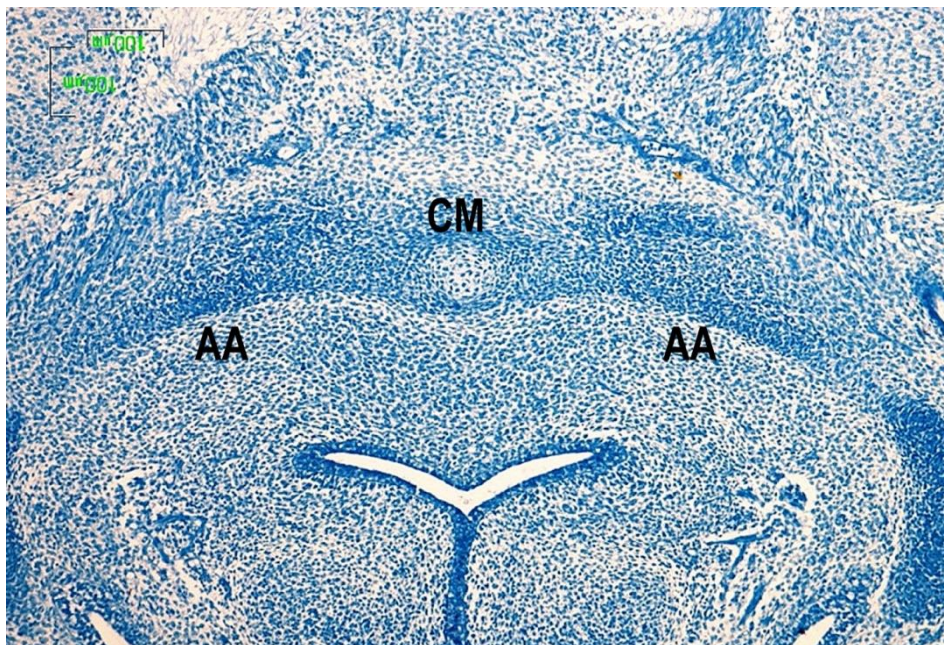


Figura 31

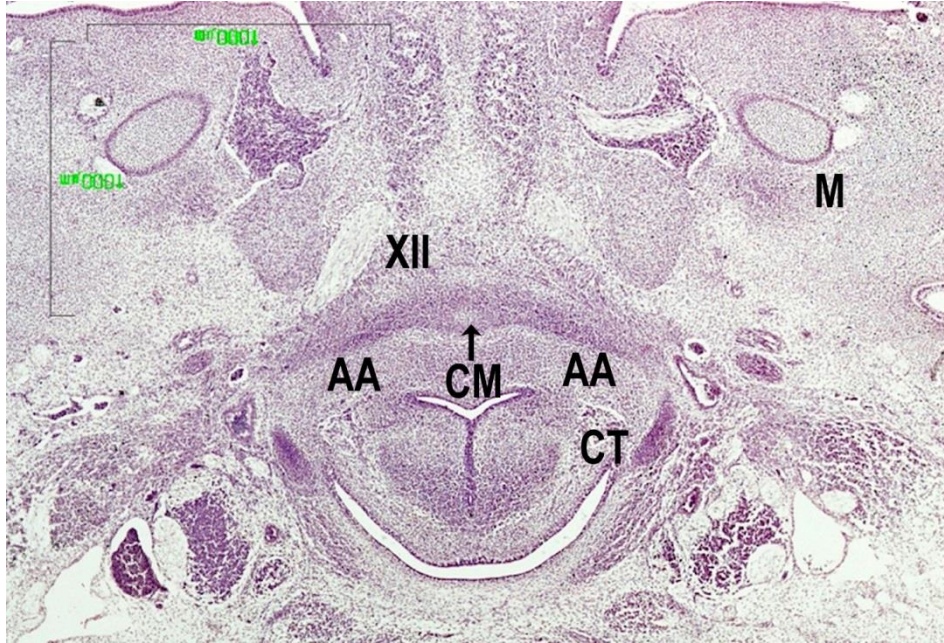


Figura 32

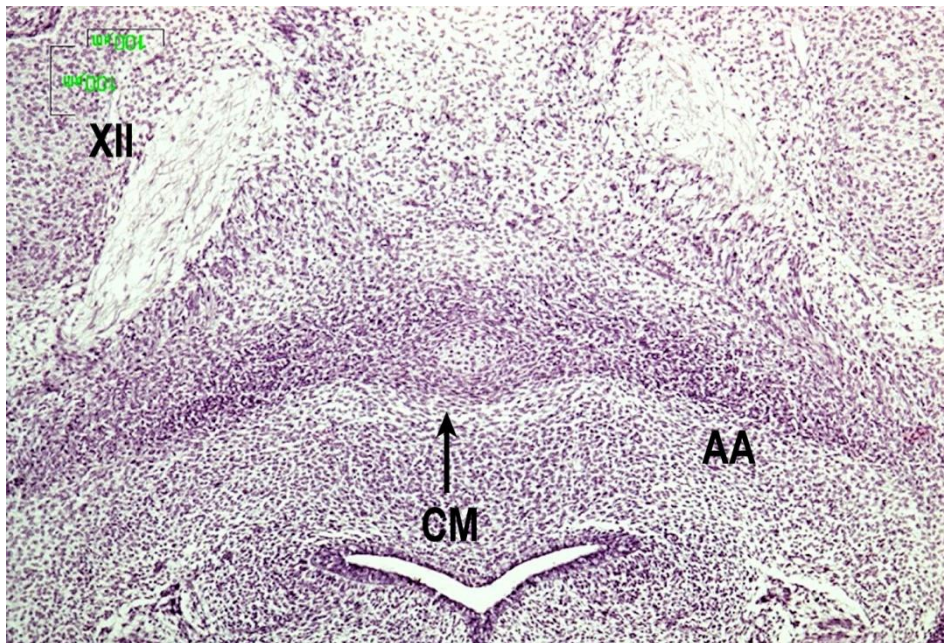


Figura 33

ESTADIO 20 DE LA CARNEGIE

Embrion humano PR de 19 mm de longitud G-L.

Este embrión humano nos ofrece una nueva perspectiva para el estudio de la formación del hioides ya que las secciones son sagitales. En este estadio, los distintos anlagen que formarán el hueso hioides se encontraban en diferentes fases de desarrollo.

Los cartílagos de los terceros arcos (Figs. 34 y 35), estaban en fase cartilaginosa. El extremo dorsal de cada uno se encontraba contactando con el anlage del asta superior del cartílago tiroides (Figs. 34 y 35). Este área se localizaba a nivel de la bifurcación carotidea (Fig. 35).

Los cartílagos de los terceros arcos, futuras astas mayores, contactaban por medio de un tejido mesenquimal denso, con las partes laterales de un cartílago central, que correspondía al futuro cuerpo del hioides (Figs. 37 y 38). En este mismo área también terminaba el extremo ventral del esbozo de las astas menores, correspondiente al segmento caudal del cartílago de Reichert. Estaba en fase precartilaginosa, menos desarrollado que el cartílago del tercer arco y que el cartílago del cuerpo (Figs. 36 y 37). El precartilago de Reichert, o del segundo arco, prácticamente desaparecía dorsal y cranealmente (Figs. 34 y 35). Por otro lado el cartílago central, correspondiente al esbozo del cuerpo del hioides, tenía una forma ovalada a la sección y estaba localizado ventral al cartílago tiroides (Fig. 38).

Por tanto en este espécimen, fueron observados los esbozos de:

1. Asta mayor del hioides: originados a partir de los cartílagos de los terceros arcos. Los cartílagos del tercer arco contactaban con las astas superiores del cartílago tiroides en fase precartilaginosa.
2. Astas menores del hioides: anlage de los segmentos caudales del cartílago de Reichert, en fase precartilaginosa.
3. Cuerpo del hioides: formado por un cartílago central e independiente.

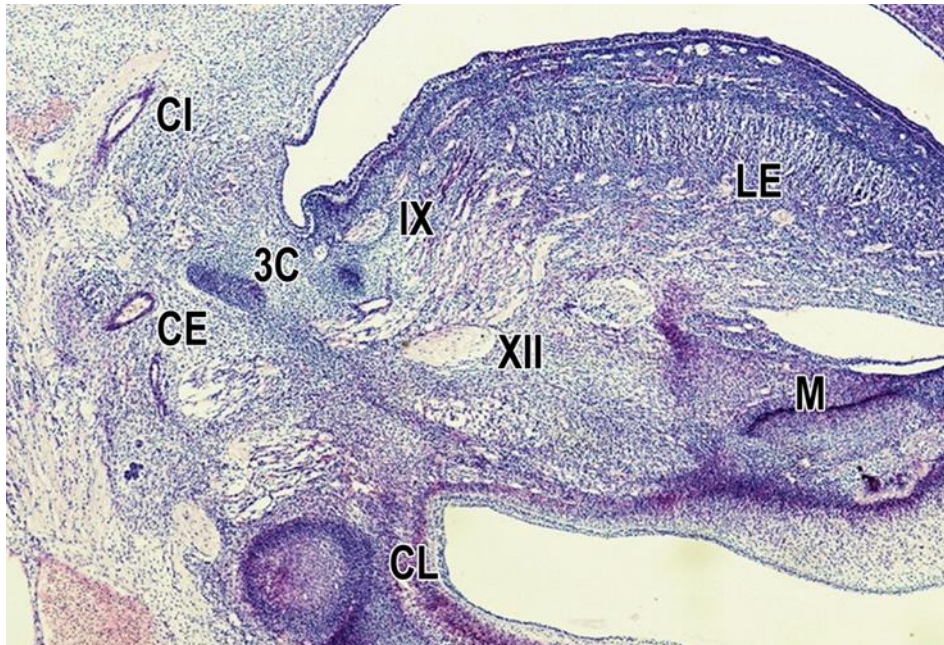


Figura 34

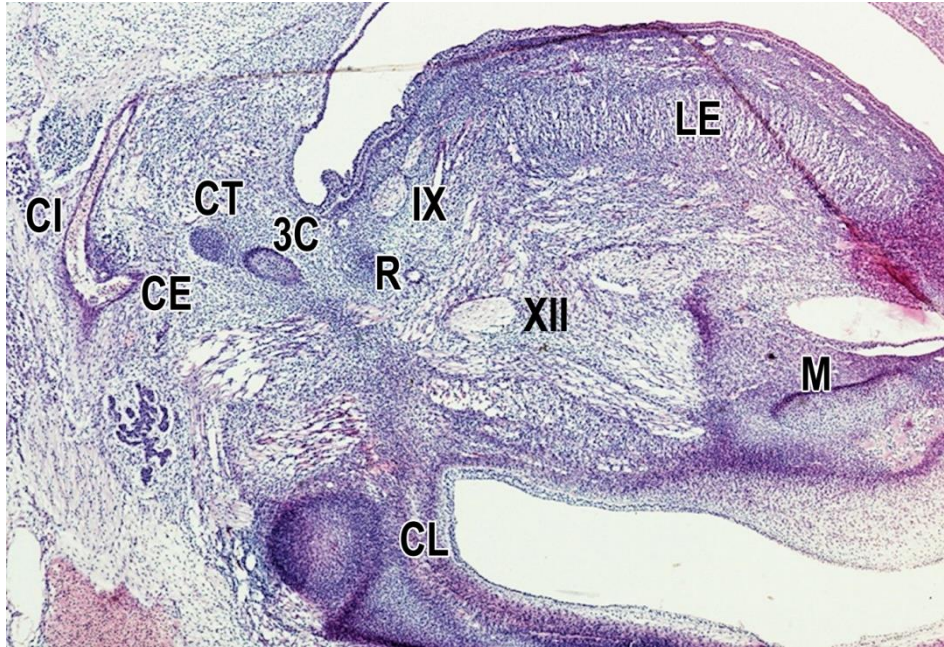


Figura 35

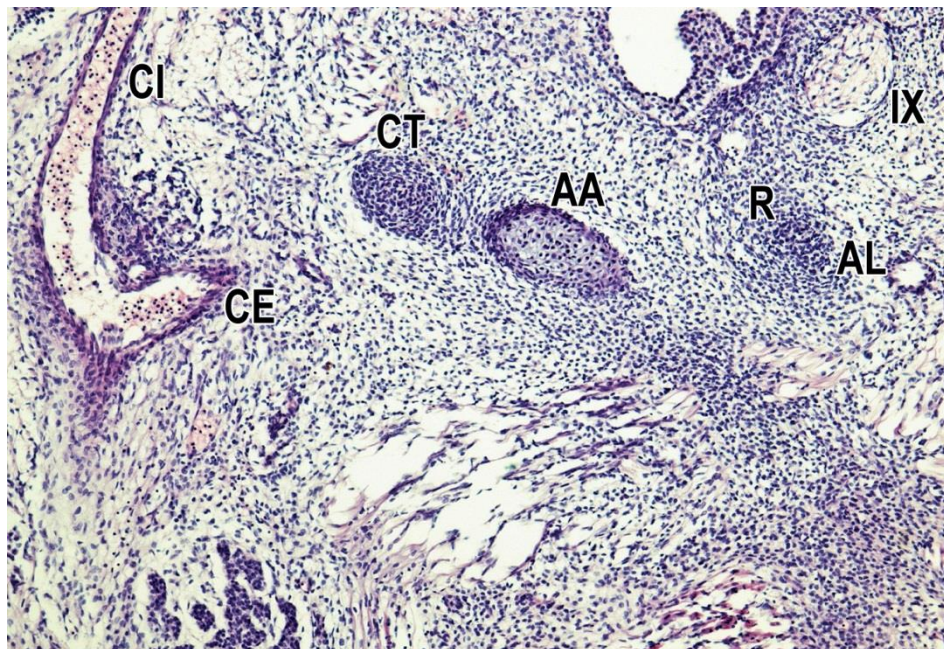


Figura 36

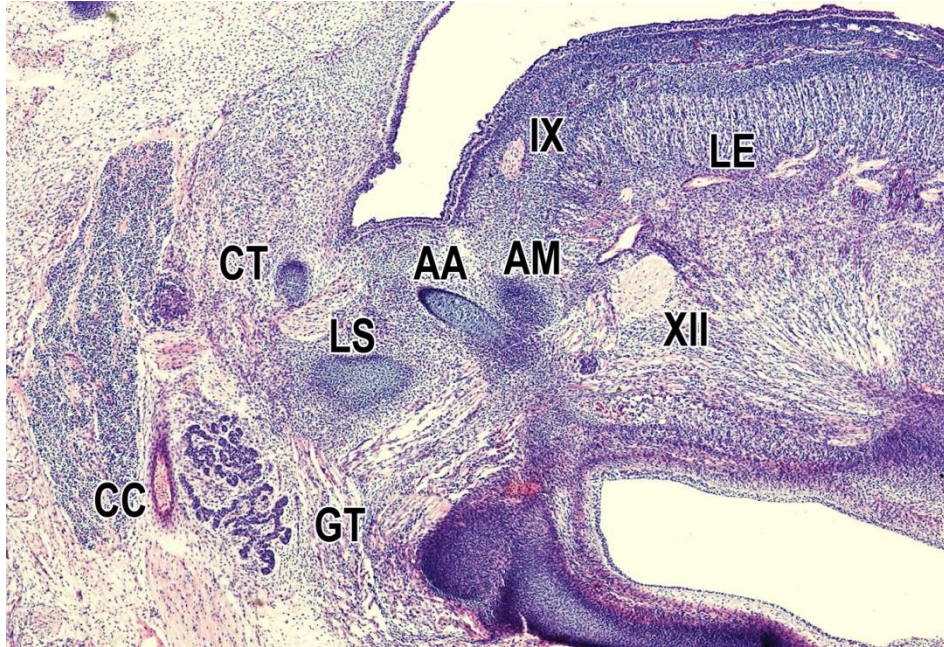


Figura 37

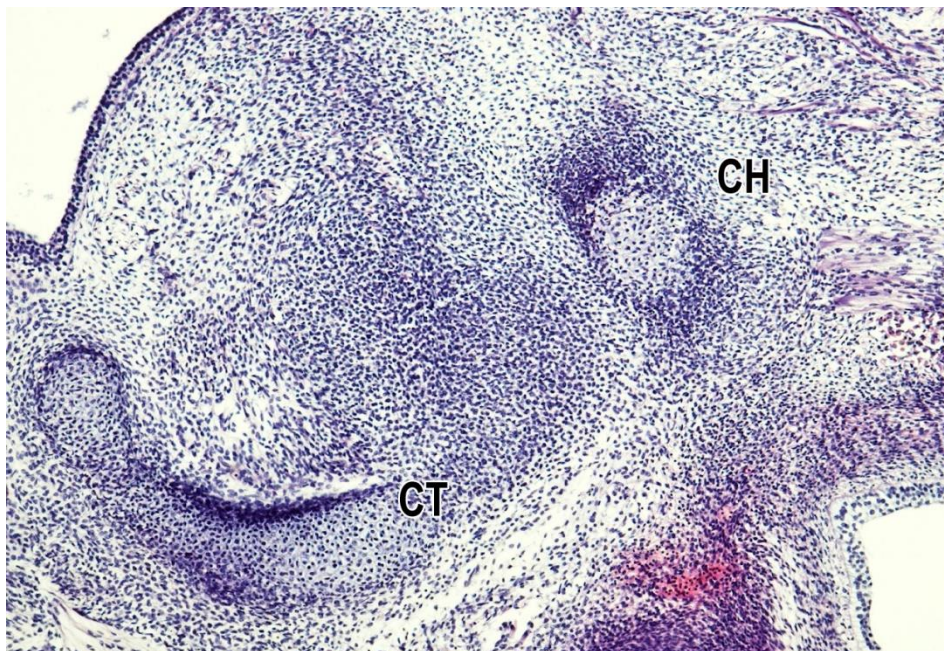


Figura 38

ESTADIO 20 DE LA CARNEGIE

Embrión humano GI de 20. 5 mm. de longitud G-L.

En secciones sagitales muy próximas a la línea media fue observado el cartílago central esbozo del cuerpo del hioides. Este cartílago medio estaba localizado ventralmente al cartílago que formara el tiroideo. Presentaba una disposición inclinada, con una cara orientada ventro-cranealmente y la otra dorso-caudalmente. En la cara ventro-craneal se insertaban los músculos milohioideo y geniioideo, mientras que en el borde inferior lo hacía el músculo esternohioideo (Figs. 39 y 40).

Lateralmente y en ambos lados, el cartílago del cuerpo del hioides establecía contacto, a través de un mesénquima denso, con otras dos formaciones (Figs. 41 y 42). Una de ellas situada craneal y lateral al cuerpo hioideo, correspondiente al extremo inferior del cartílago de Reichert, aún en fase precartilaginosa, anlage del asta menor correspondiente. El otro, con el cartílago del tercer arco, esbozo del asta mayor del hioides. En esta zona de confluencia de los cartílagos del cuerpo, asta mayor y astas menores, se insertaban los músculos geniioideo ventralmente, milohioideo e hiogloso y caudalmente el esternohioideo y músculo tirohioideo (Figs. 41, 42, 43 y 44).

En secciones laterales, fue observada la disposición del cartílago del tercer arco, primordio del asta mayor (Figs. 45 y 46), y el mesénquima redondeado y condensado del segundo arco, menos evolucionada que dará origen al segmento inferior del cartílago de Reichert, y en consecuencia al esbozo del asta menor del hioides (Figs. 44, 45 y 46), por otro lado en secciones más laterales y por tanto seccionado más cranealmente se hacía

casi insignificante (Figs. 47, 48 y 49). Caudalmente, al área de contacto entre estas estructuras, se observó un tejido mesenquimal muy denso, donde se insertaron los músculos anteriormente citados. El músculo hiogloso separaba el nervio hipogloso de la arteria lingual (Figs. 46, 47 y 48).

El cartílago del tercer arco (esbozo de las astas mayores del hioides) se extendía lateral y dorsalmente para terminar contactando en ambos lados, (Figs. 47, 48 y 49) y a través de un mesénquima muy denso, con los cartílagos que formarán el asta superior del cartílago tiroides (Figs. 50 y 51) y en estrecha relación con el nervio laríngeo superior (Figs. 49, 50 y 51).

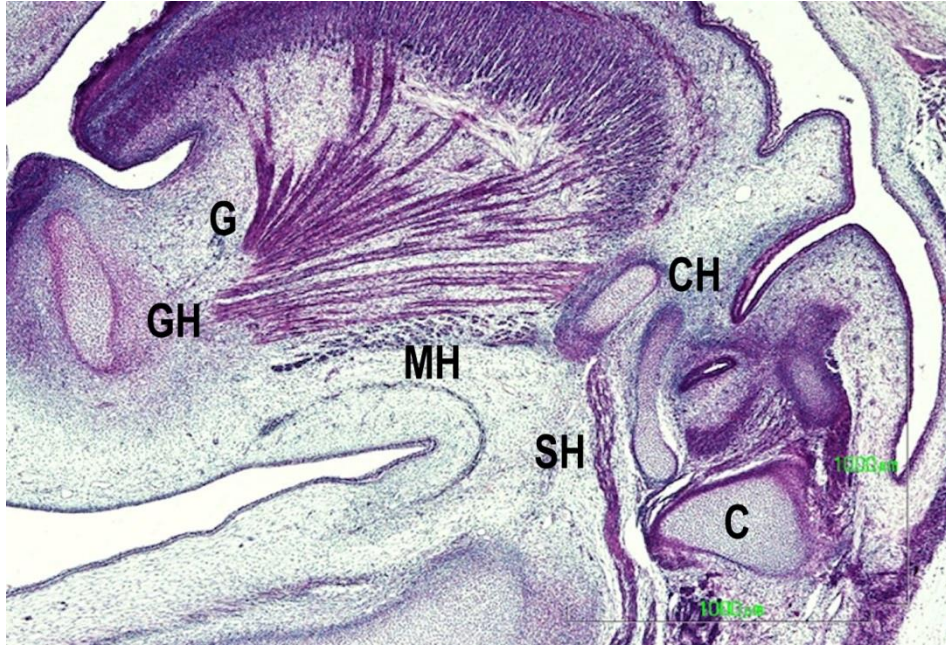


Figura 39



Figura 40

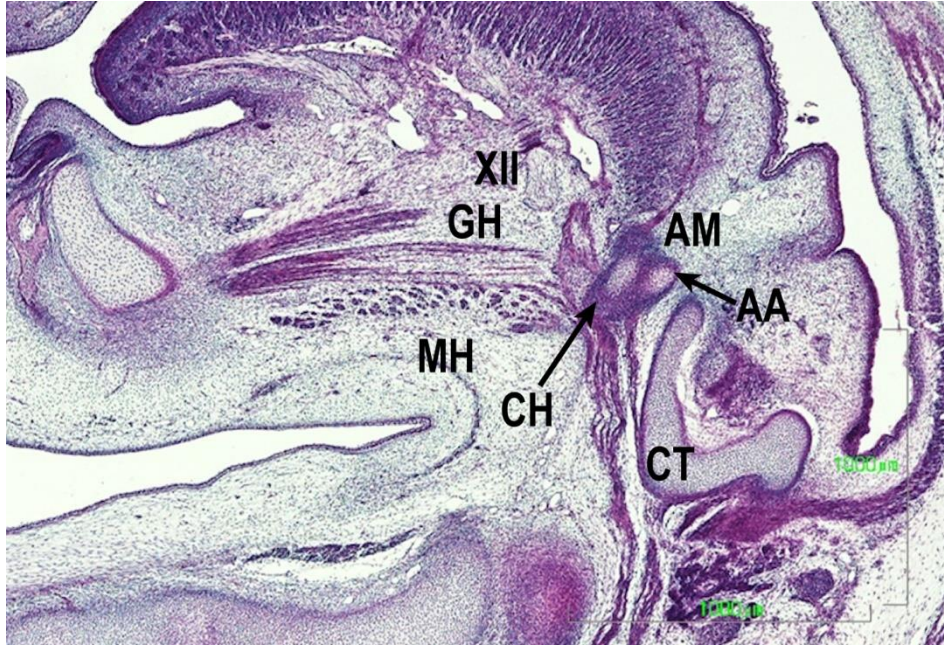


Figura 41



Figura 42

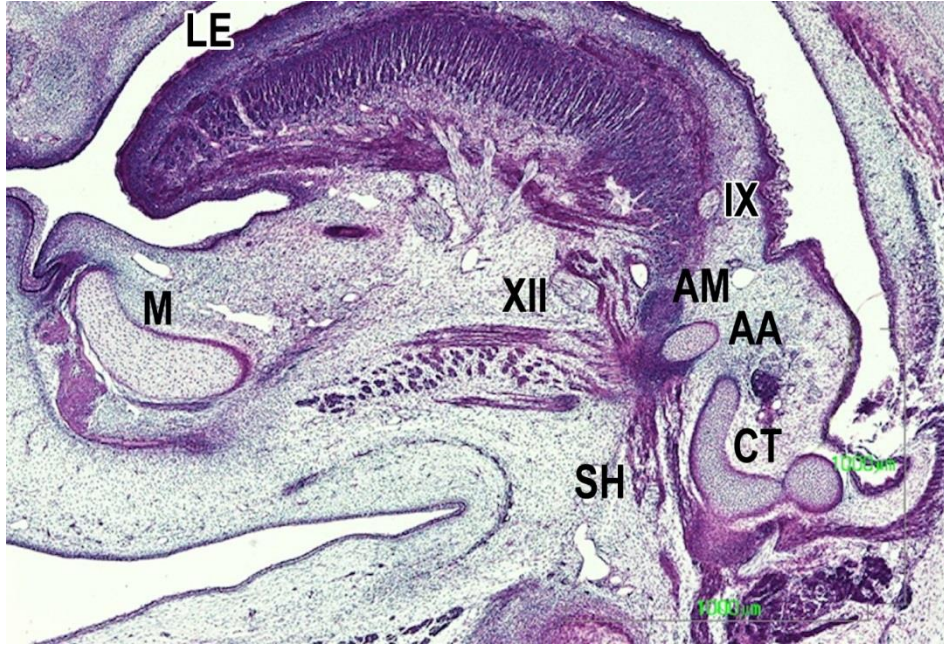


Figura 43

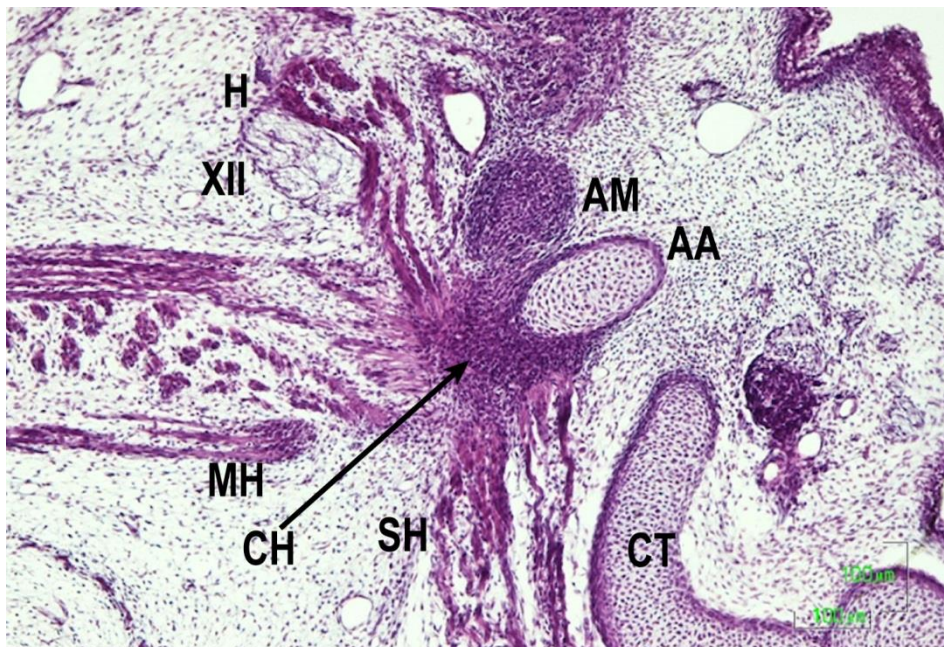


Figura 44

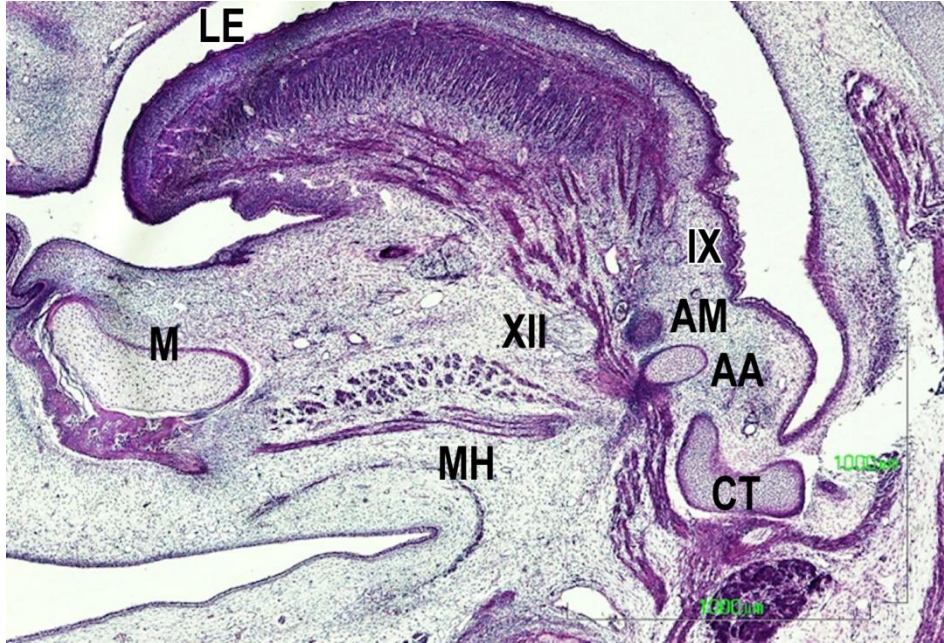


Figura 45

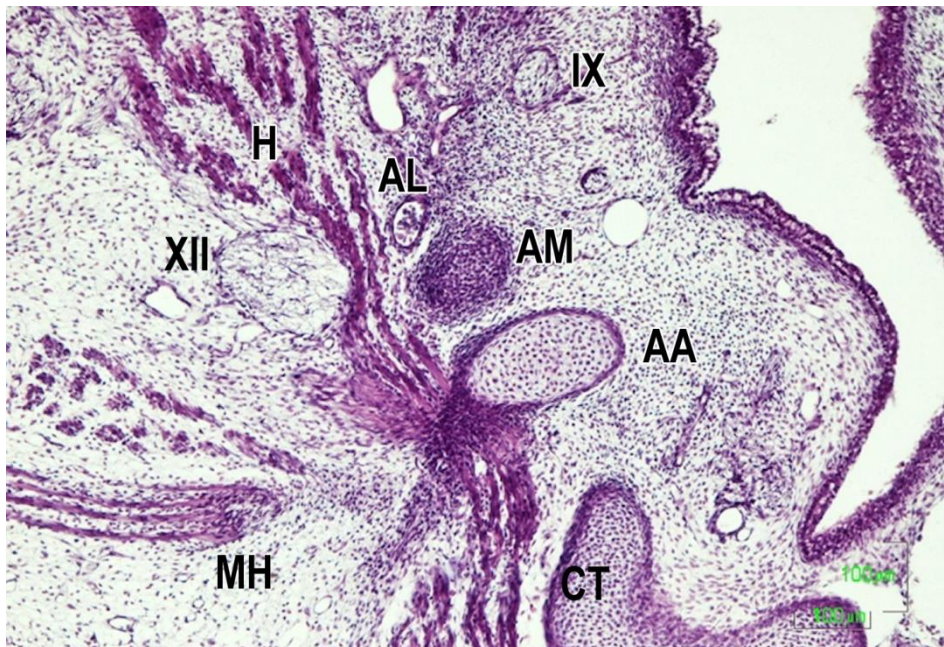


Figura 46

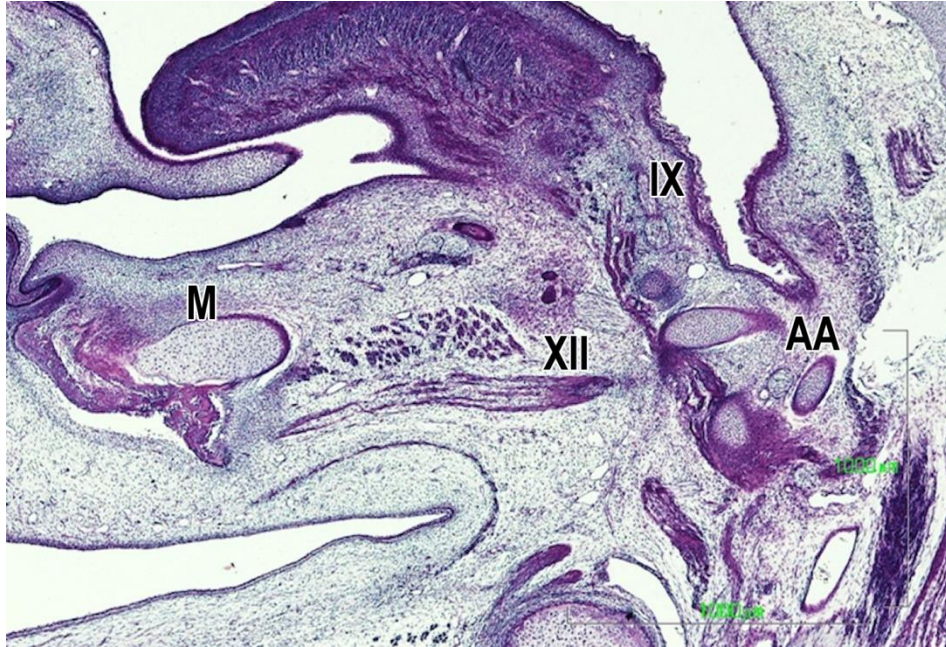


Figura 47

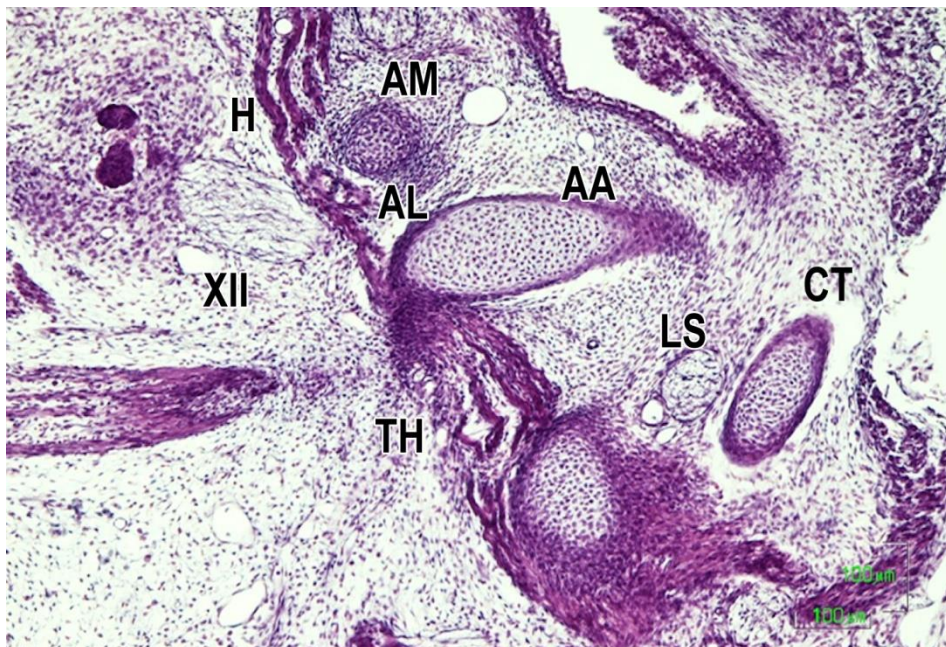


Figura 48



Figura 49

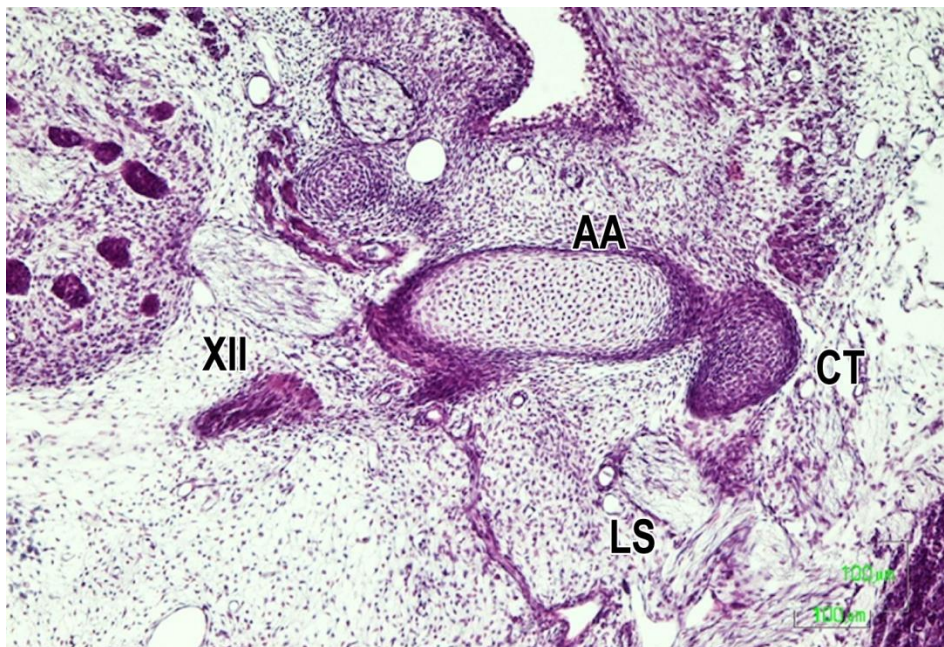


Figura 50

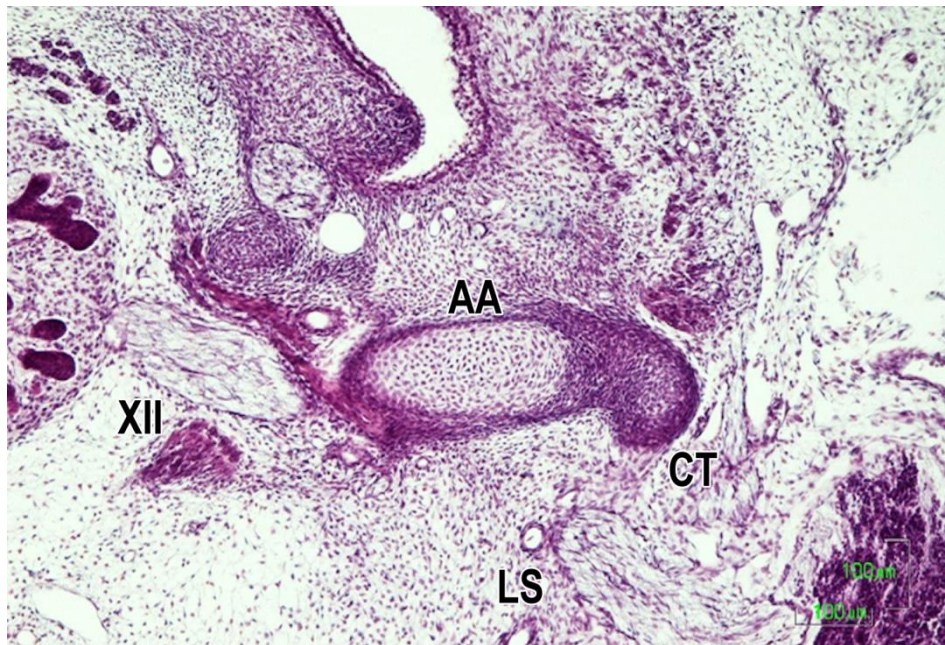


Figura 51

ESTADIO 20 DE LA CARNEGIE

Embrión humano CN-3 de 21mm. de longitud G-L.

Este embrión humano fue muy interesante para su estudio ya que presentaba secciones transversales muy simétricas. Fue estudiada la topohistología de los segundos y terceros arcos alrededor de la laringe. El cartílago del tercer arco se ha desarrollado en las astas mayores del hioides y en el cartílago tiroides.

En este estadio se podían observar todos los anlagen de los cartílagos que formaran el hueso hioides aunque menos desarrollados que en el embrión cortado sagitalmente del mismo estadio. La parte menos desarrollada era la del cuerpo del hioides.

En la parte craneal y posterior se observaron la faringe y las prominencias aritenoideas. A ambos lados, el anlage del segmento caudal de los cartílagos de Reichert, anlage de las astas menores que en este espécimen eran muy largos (Figs. 52 y 53). Estos segmentos presentaban una dirección caudo-ventro-medial, pero nunca fueron observados que tuvieran una continuidad en la línea media. Estos segmentos del cartílago de Reichert finalizaban a ambos lados de la línea media, estableciendo contacto con los extremos anteriores de los cartílagos del tercer arco, anlage de las astas mayores (Figs. 56 y 57).

Los esbozos de las astas mayores formados por los cartílagos del tercer arco, tenían menor longitud, a su lado se observaron el nervio glossofaríngeo, nervio del tercer arco. Estas condensaciones tenían una forma de arcos

incompletos y se disponían lateral y ventralmente a la laringe. Estaban situadas caudalmente a los cartílagos del segundo arco, cartílago de Reichert (Figs. 52, 53, 54, 55, 56 y 57). Los cartílagos del tercer arco se aproximaban mucho a la línea media aunque tampoco fue observado que se continuaran entre ellos (Fig. 56).

En secciones más caudales y anteriores, se interponían entre los cartílagos del tercer arco el anlage del cuerpo del hioides (Figs. 56 y 57). Dorsalmente a ellos se observaron las astas superiores de los cartílagos tiroides, muy próximos al nervio del cuarto arco, nervio laríngeo superior. (Fig. 56).

El hueso hioides estaba constituido por el anlage central del cuerpo donde confluían lateralmente los esbozos de las astas menores y dorsalmente los de las astas mayores del hioides (Figs. 54, 55, 56 y 57).

Por tanto en la parte central se observó una estructura alargada transversalmente de morfología rectangular que representaba el esbozo del cuerpo del hioides y en su parte media aparecía discretamente elevada (Figs. 54 y 55). Lateralmente y a ambos lados del esbozo del cuerpo se disponían los anlages cartilagosos de las astas menores y de las astas mayores. Los primeros se localizaban sobre la parte anterior y lateral del cuerpo y se prolongaban cranealmente y lateralmente, disponiéndose por fuera del nervio hipogloso. Sus extremos contactaban lateralmente con el anlage central del cuerpo del hioides. Las futuras astas mayores estaban localizadas dorsalmente a los cartílagos de Reichert y lateralmente al cuerpo cartilagosos del hioides. Se continuaban dorsalmente por unas condensaciones mesenquimales que alcanzaban las astas superiores del cartílago tiroides (Figs. 53, 54 y 57).

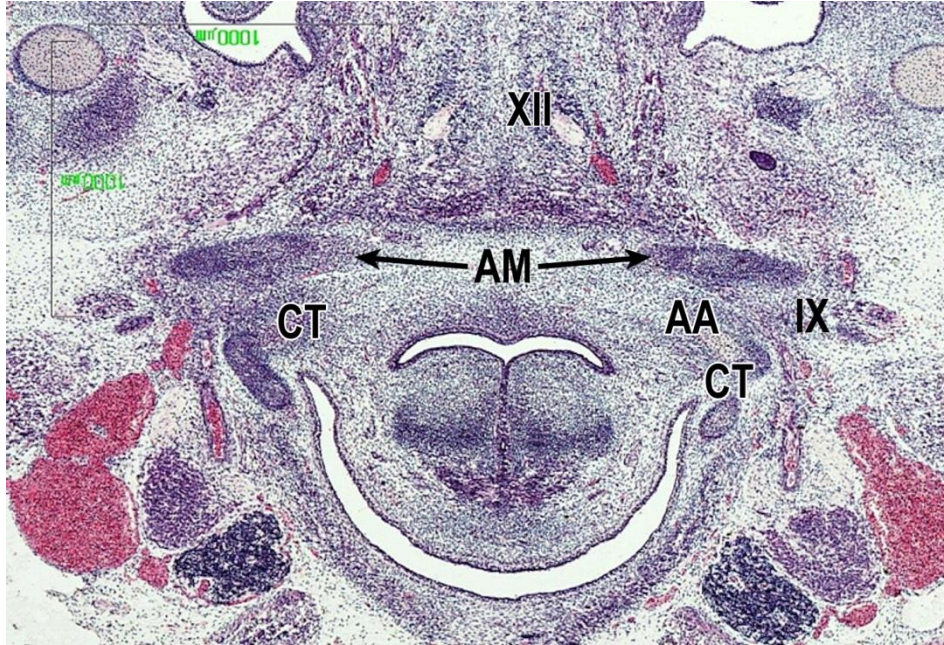


Figura 52

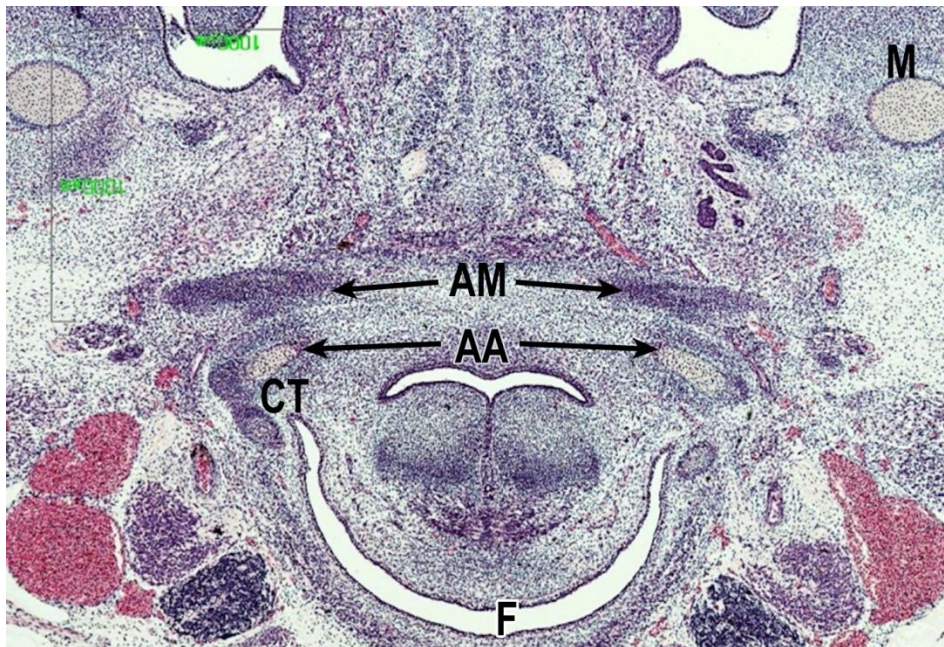


Figura 53

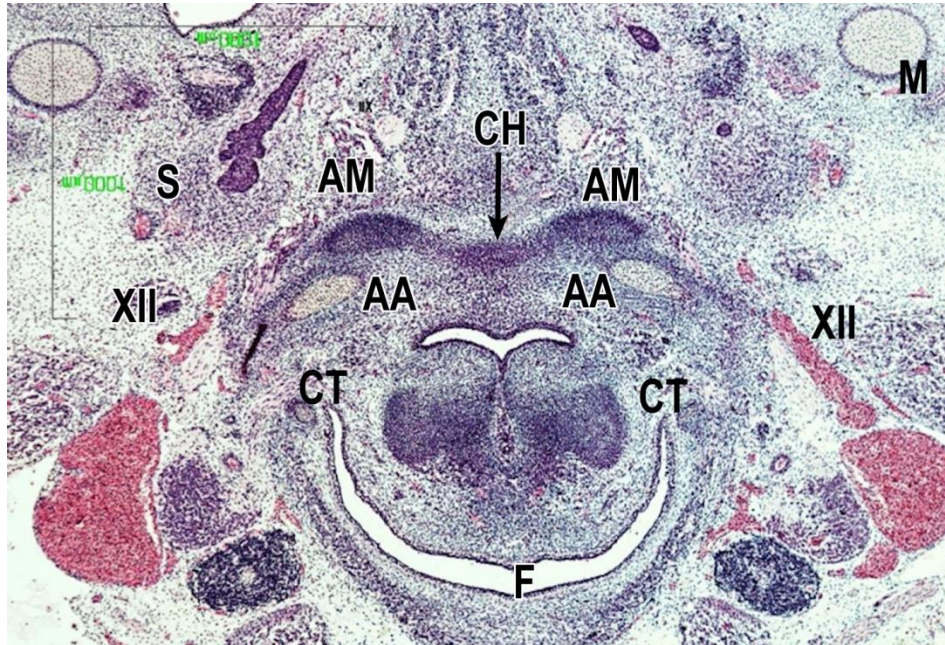


Figura 54

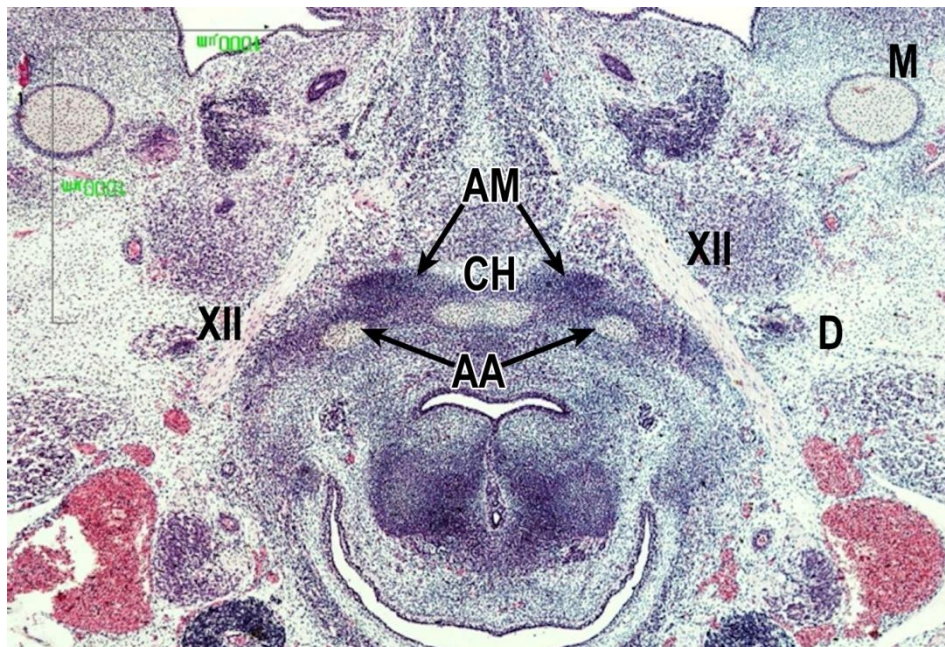


Figura 55

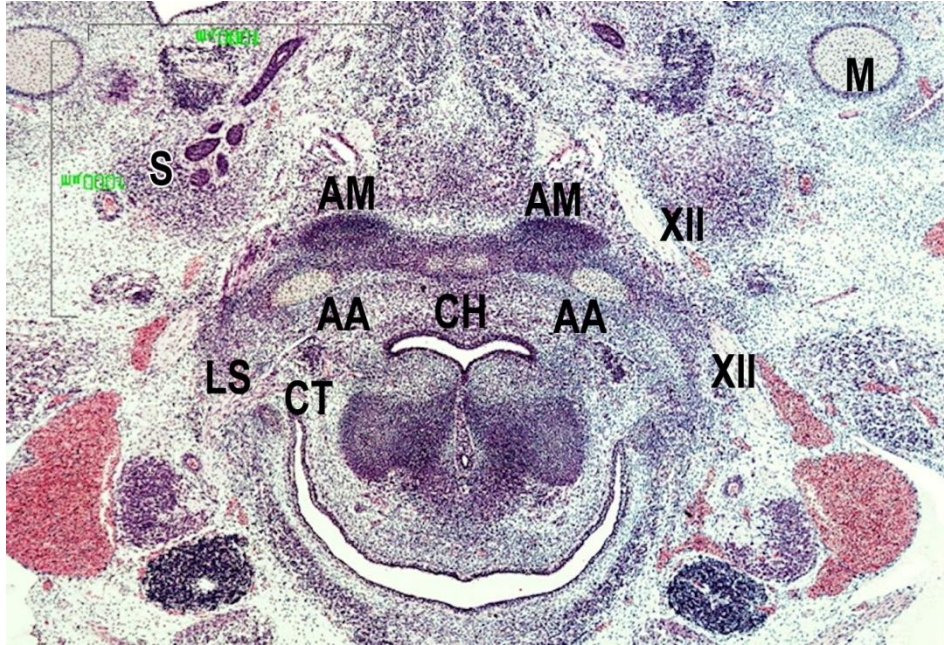


Figura 56

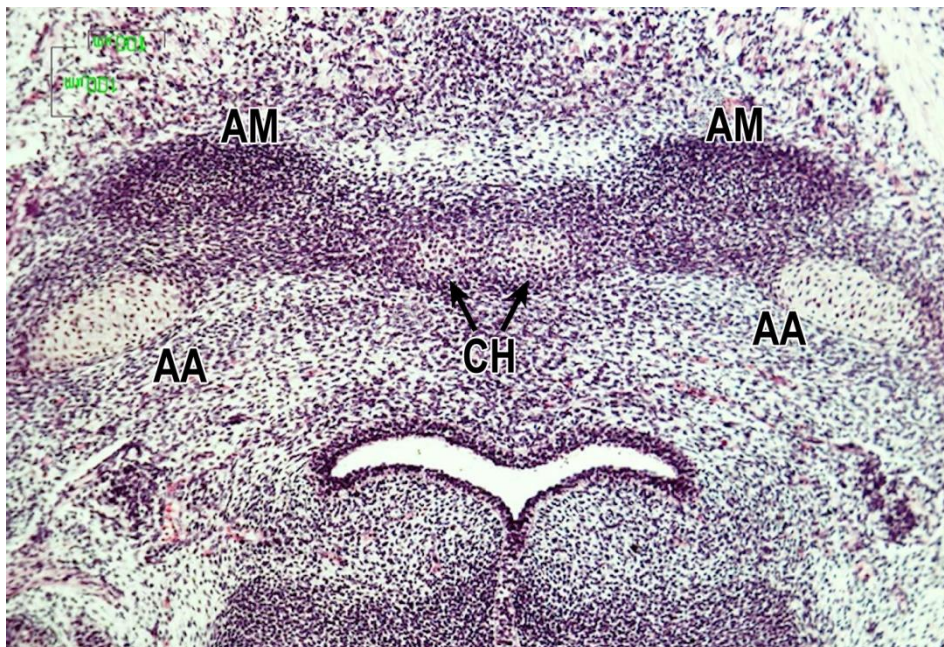


Figura 57

ESTADIO 21 DE LA CARNEGIE

Embrión humano GV-6 de 22 mm. de longitud G-L.

Los esbozos que darán origen al hueso hioides, estaban perfectamente delimitados (Figs. 59, 60, 61, 62, 63, 64 y 65). El cuerpo, claramente en fase cartilaginosa, había experimentado un gran crecimiento, fundamentalmente en sentido transversal, por lo que nos ofrecía, en las secciones frontales una imagen rectangular situada caudal a la lengua y región sublingual y cranealmente a la laringe (Figs. 59, 63, 65 y 66). Aunque su borde craneal sobrepasaba claramente al cartílago tiroides, su borde inferior quedaba situado por delante del borde superior de las láminas del cartílago tiroides (Figs. 58 y 60).

Lateralmente, el cuerpo cartilaginoso, establecía contacto con las astas menores y mayores (Figs. 60, 61, 62, 63 y 64). Las astas menores más cortas que las mayores se disponían sobre la cara cráneo-lateral del cuerpo. Mientras que las astas mayores contactaban con los bordes dorsales o extremos laterales del cuerpo del hioides (Figs. 64 y 65). De esta manera se pudo observar como el hioides estaba claramente conformado por cinco módulos o estructuras, una impar y media rectangular, perteneciente al cuerpo y cuatro pares, dos gruesas y formando sendos arcos cóncavos dorsalmente, pertenecientes a las astas mayores (Figs. 61, 62, 63, 64 y 65). Las otras dos más finas y cortas, correspondientes a las astas menores (Figs. 59, 60, 62 y 63).

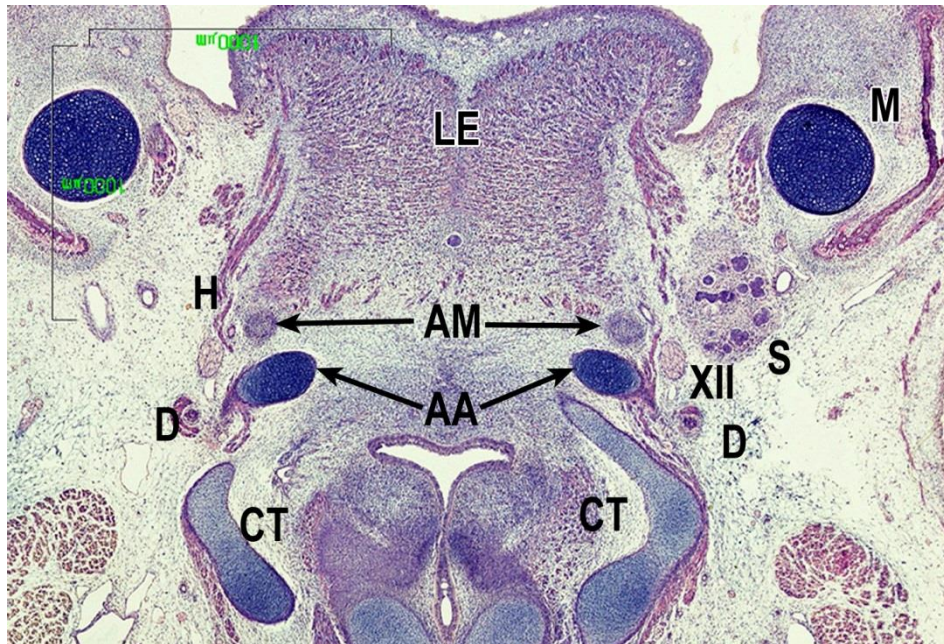


Figura 58

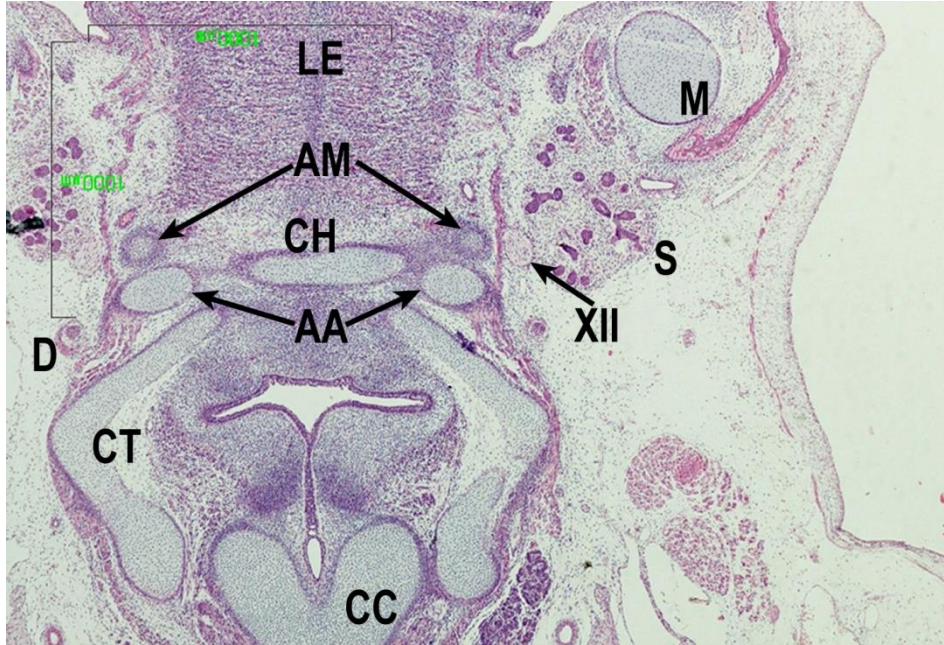


Figura 59

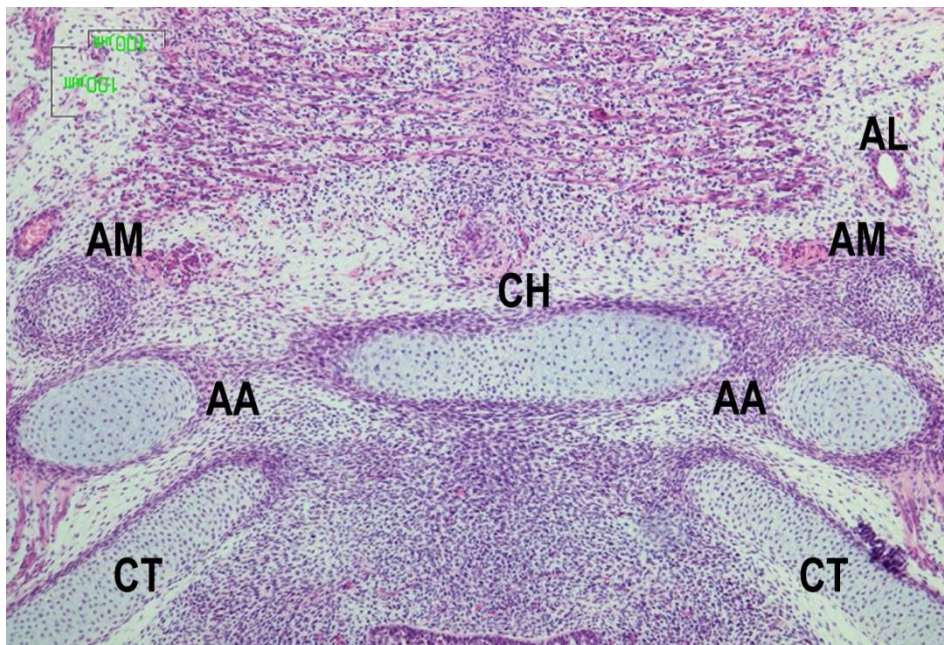


Figura 60

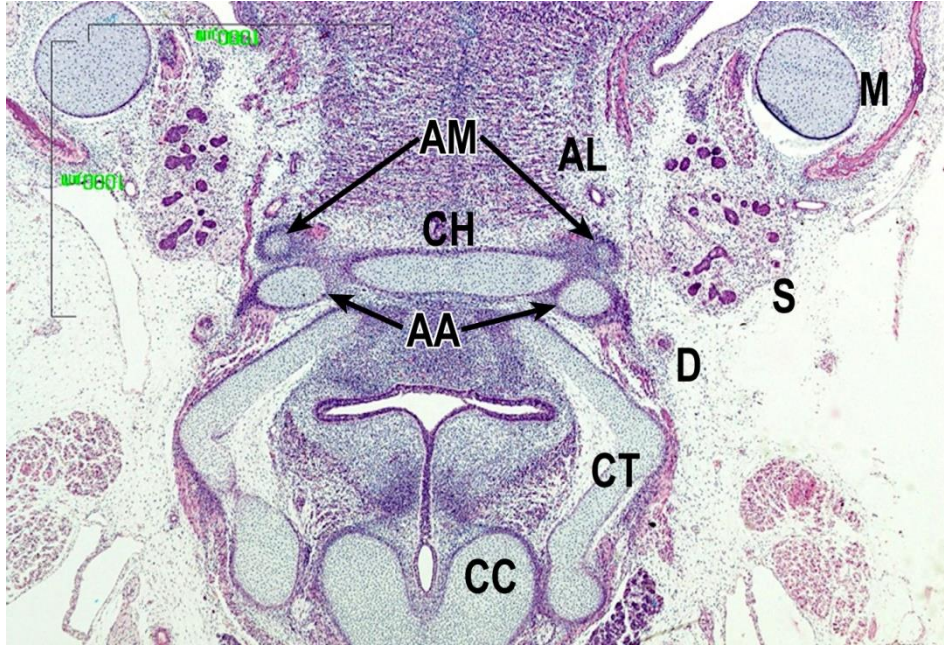


Figura 61

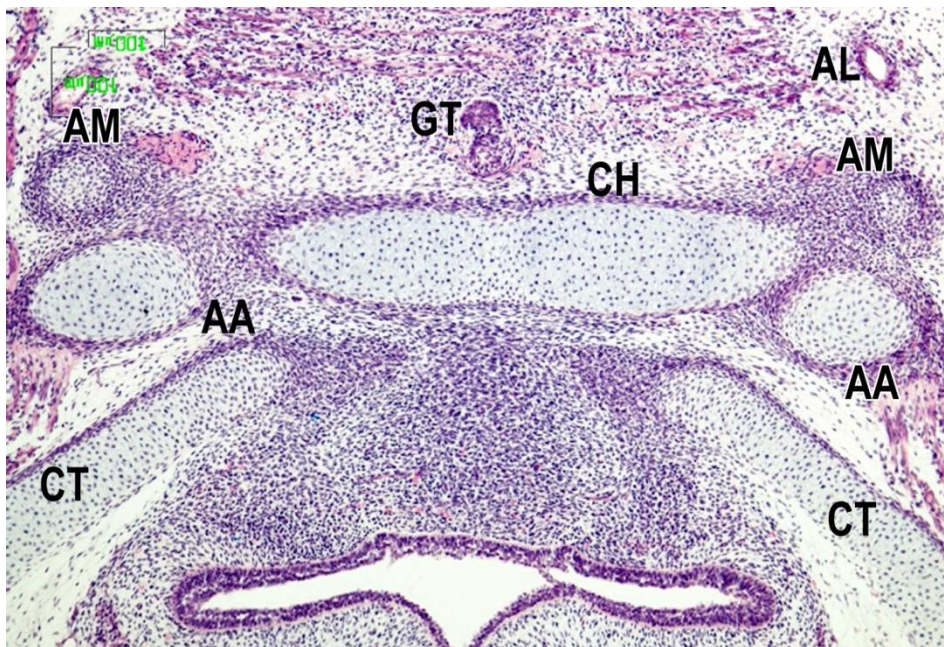


Figura 62

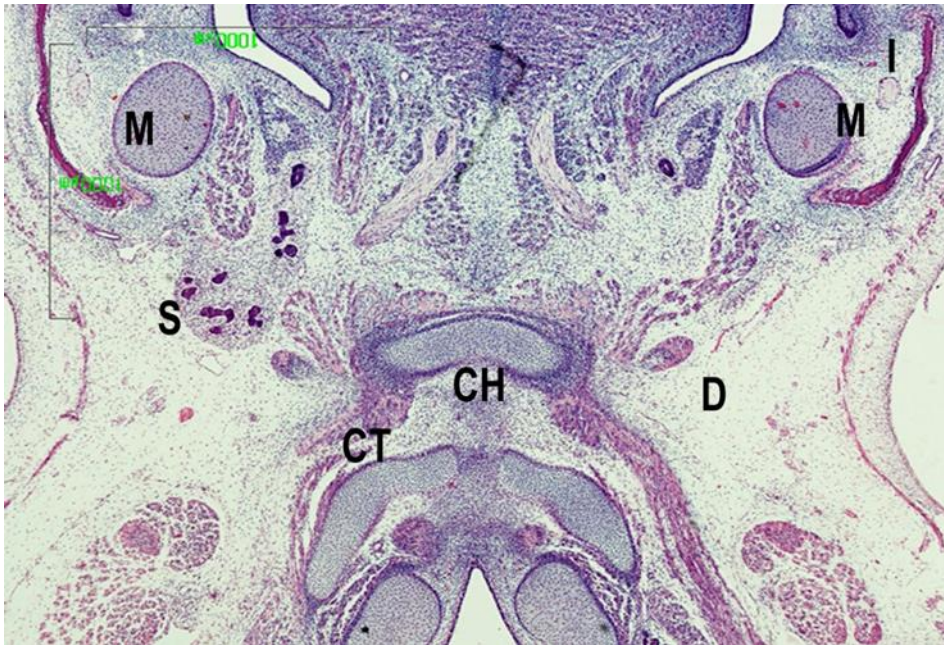


Figura 65

ESTADIO 22 DE LA CARNEGIE

Embrión humano GI-4 de 26. 5 mm. de longitud. G-L.

A las ocho semanas el esbozo cartilaginoso del cuerpo del hioides aparecía claramente delimitado de las astas menores y de las astas mayores por franjas mesenquimales (Fig. 69). Observándose como el anlage del hioides estaba formado por cinco elementos cartilagosos dos pares correspondientes a las astas menores y astas mayores, y uno medio correspondiente al cuerpo (Figs. 67, 68 y 69).

En las secciones más craneales solamente pudieron identificarse cuatro elementos cartilagosos pares, correspondientes a las astas mayores y a las astas menores, estos últimos originados del segmento caudal de los cartílagos de Reichert (Fig. 66). Las astas superiores del cartílago tiroides se disponían a ambos lados de la luz faríngea (Figs. 66 y 67). Por tanto fueron observados anlages cartilagosos independientes que se encontraban bien delimitados unos de otros por franjas mesenquimales (Figs. 68 y 69).

Los elementos cartilagosos constitutivos del hueso hioides, se relacionaban lateralmente con estructuras pertenecientes a la futura región suprahiodea lateral, como el tendón intermedio del músculo digástrico y músculo estilohiideo, lateralmente se disponía el nervio hipogloso y aún más lateralmente la glándula submandibular. En consecuencia el hioides, mantenía parecidas relaciones a las que presentaba en el adulto (Figs. 66, 67, 68, 69 y 70).

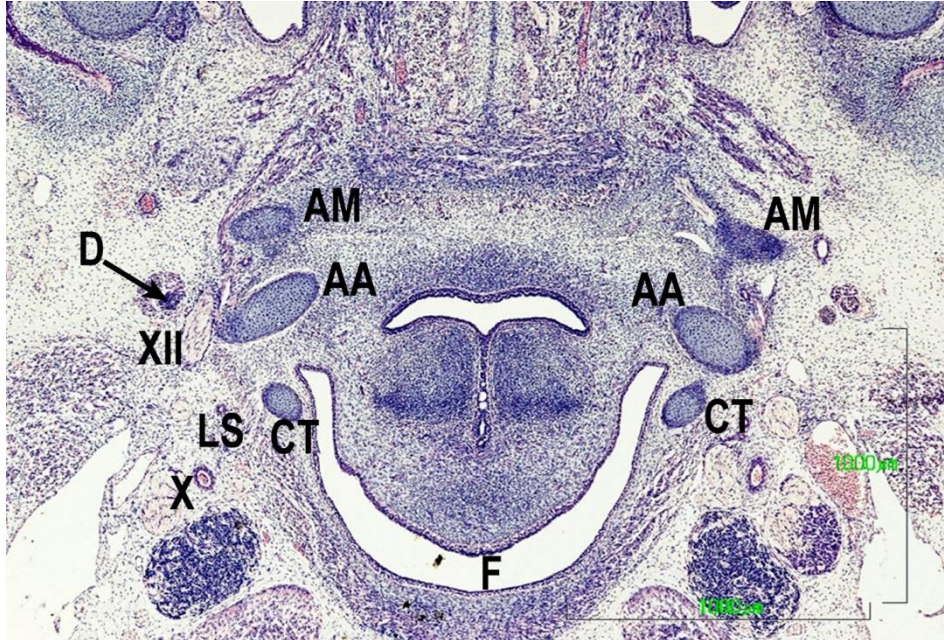


Figura 66

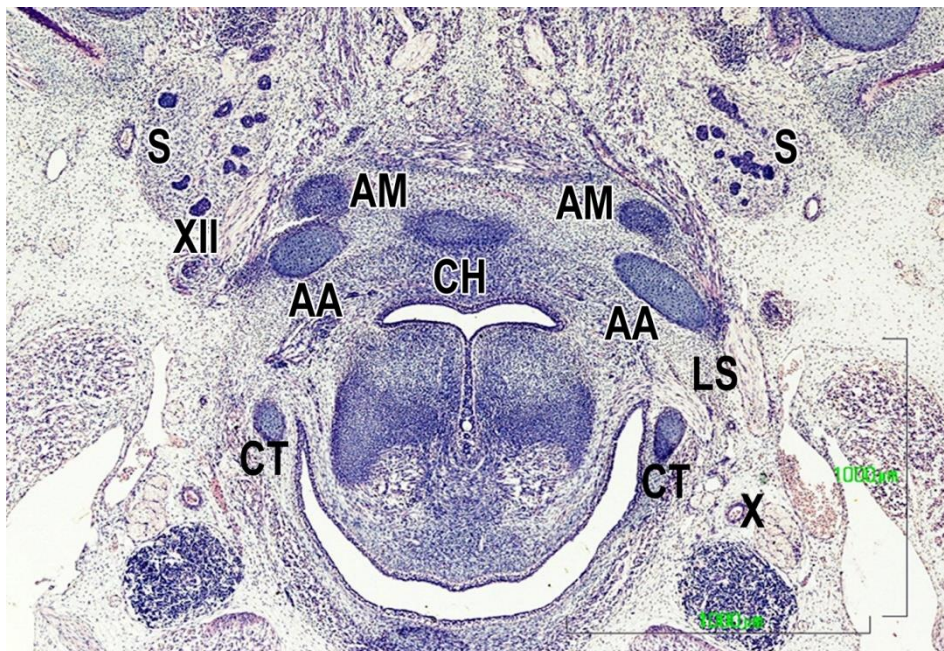


Figura 67

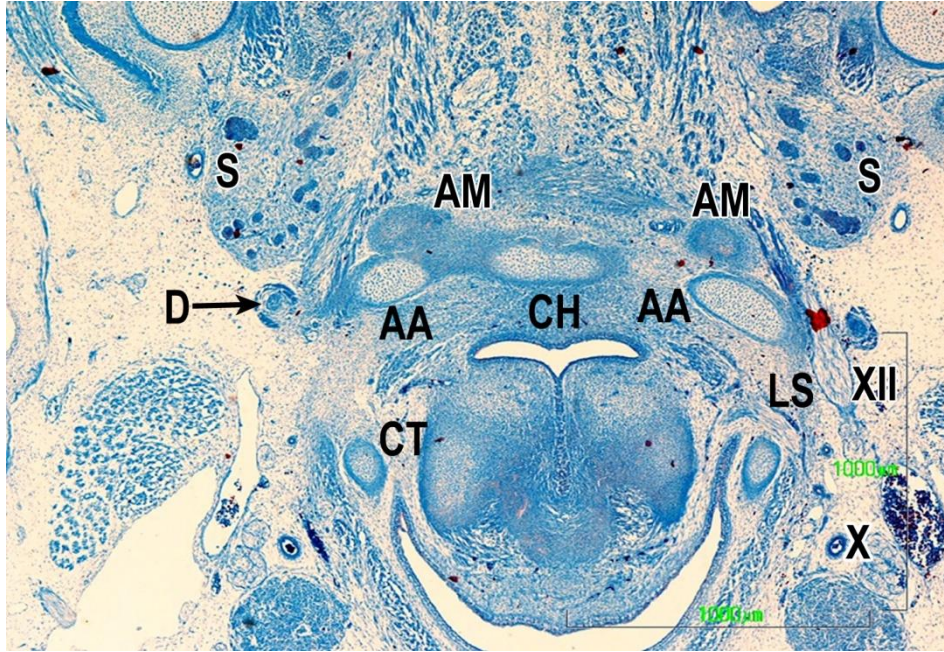


Figura 68

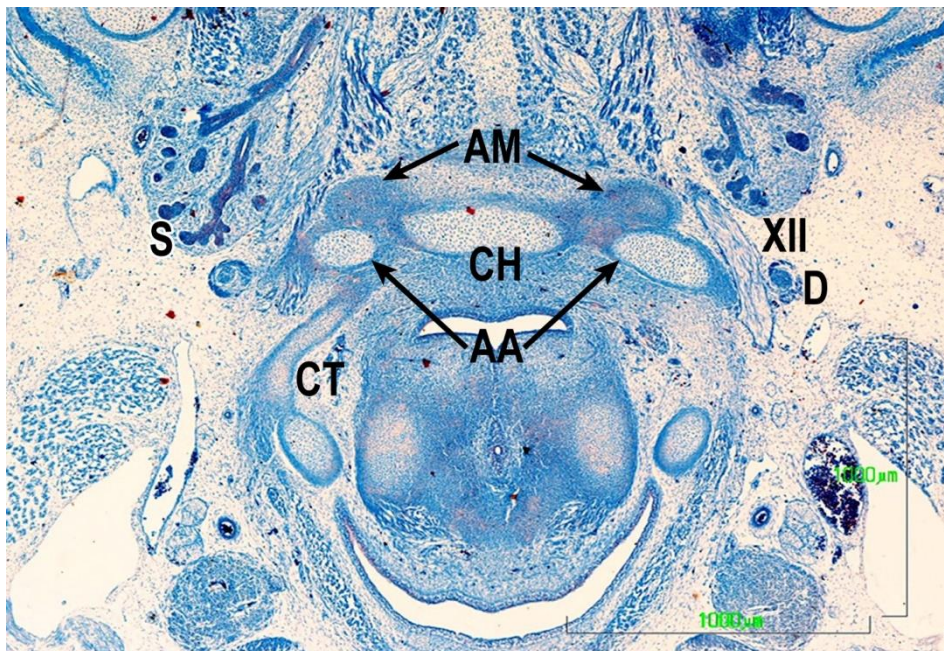


Figura 69

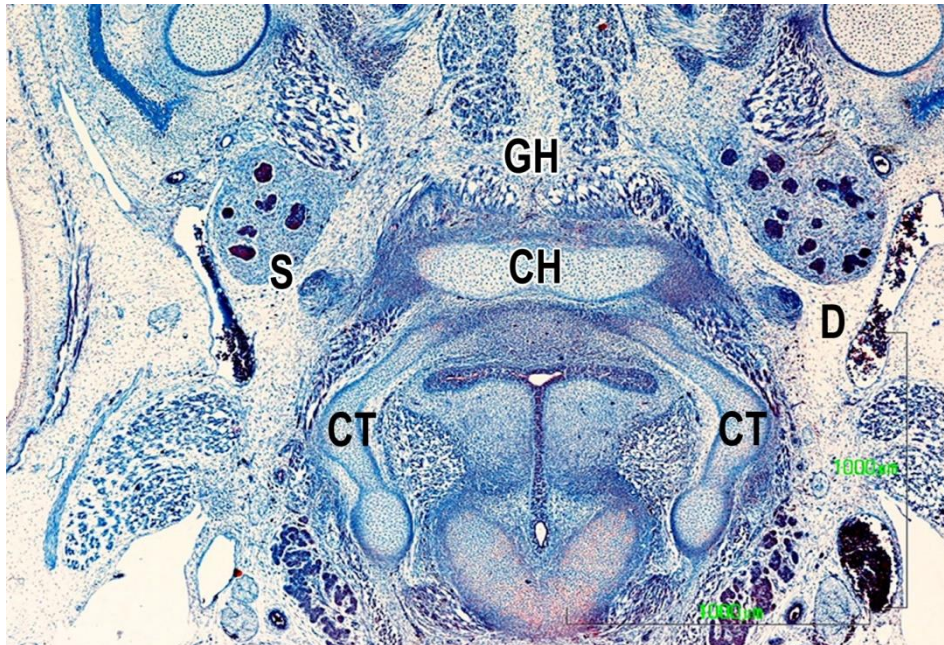


Figura 70

ESTADIO 23 DE LA CARNEGIE

Embrión humano BR-4 de 28 mm. de longitud G-L.

Este embrión se encuentra al final del periodo embrionario. Al tratarse de secciones frontales oblicuas, el lado derecho está seccionado en un plano más posterior que el izquierdo. Los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert, astas menores, se unían con las otras partes que constituirán el cuerpo y astas mayores del hioides (Figs. 71 y 72).

Pudimos observar como los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert, astas menores, dorsalmente perdían su estructura cartilaginosa hasta formar una banda mesenquimal que llegaba a continuarse con el segmento craneal del cartílago de Reichert correspondiente (Figs. 71, 72 y 73).

El cartílago de Reichert dorsalmente se lateralizaba, separándose del cartílago del tercer arco y relacionándose con la arteria lingual que se situaba bajo él, mientras que el músculo hiogloso y nervio hipogloso se disponían por fuera y el nervio glossofaríngeo lo hacía craneal al cartílago de Reichert (Figs. 71 y 72).

Al final del período embrionario pudo constatarse como el futuro hueso hioides se encontraba constituido por cinco módulos cartilaginosos. Uno central y alargado transversalmente que corresponde al cuerpo (Figs. 71 y 72) y otros cuatro en dos pares formado por las astas mayores y menores (Figs. 72, 73 y 74). Las astas menores se encontraban conectadas, aún en estos

estadios, por sendas estructuras mesenquimales que alcanzaban los segmentos craneales de los cartílagos de Reichert (Figs. 72, 73 y 74).

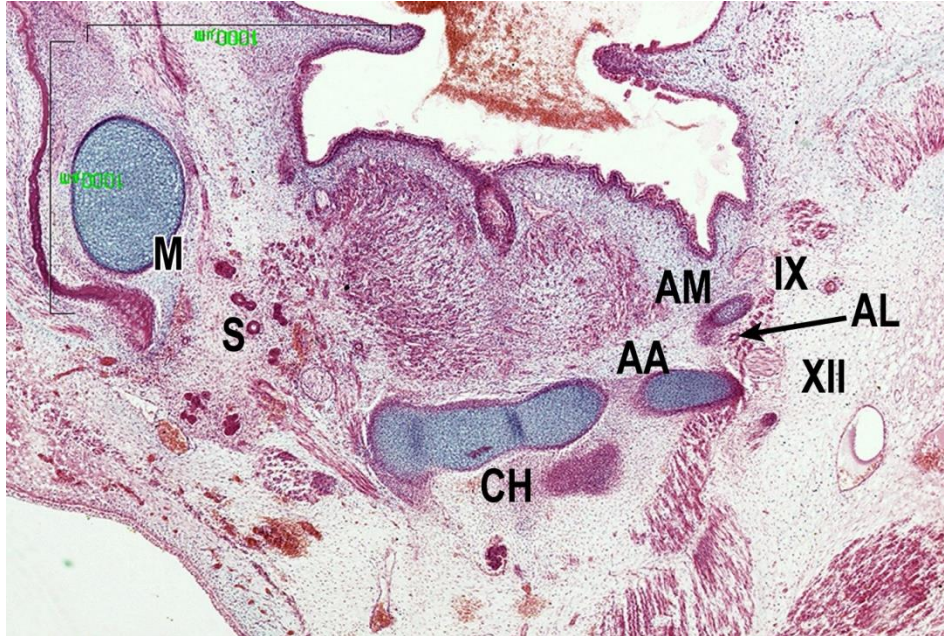


Figura 71

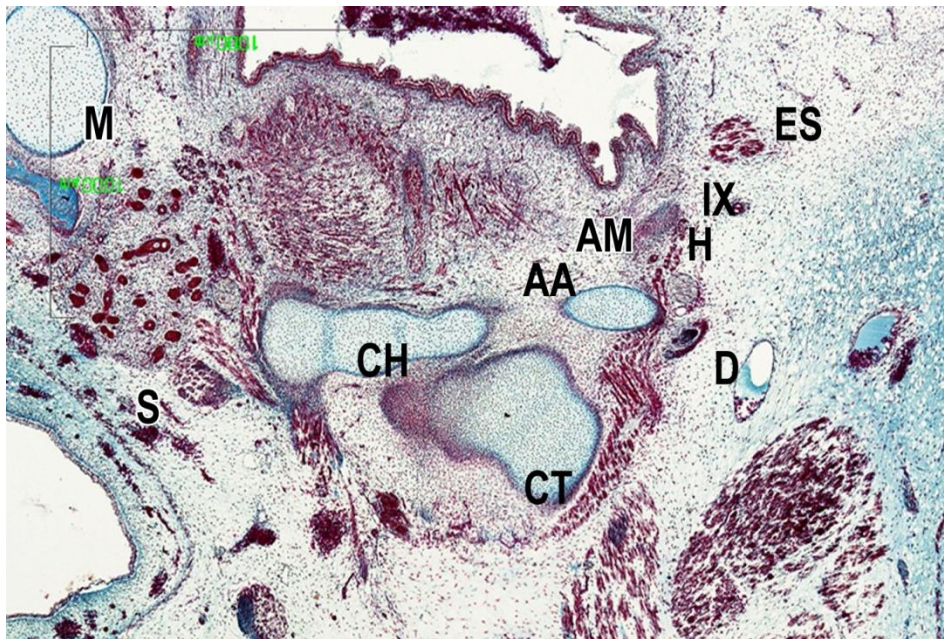


Figura 72

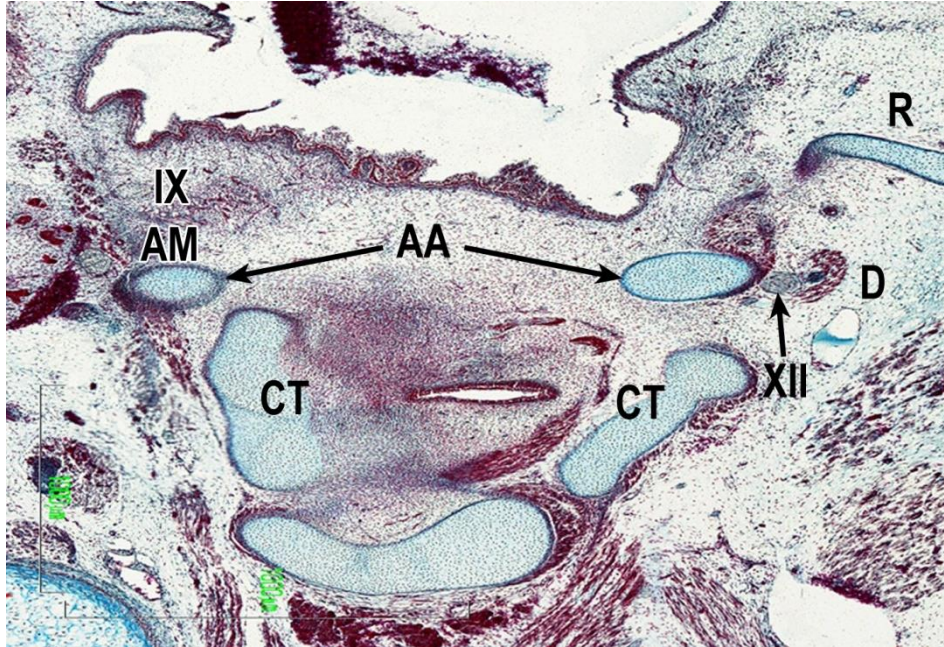


Figura 73

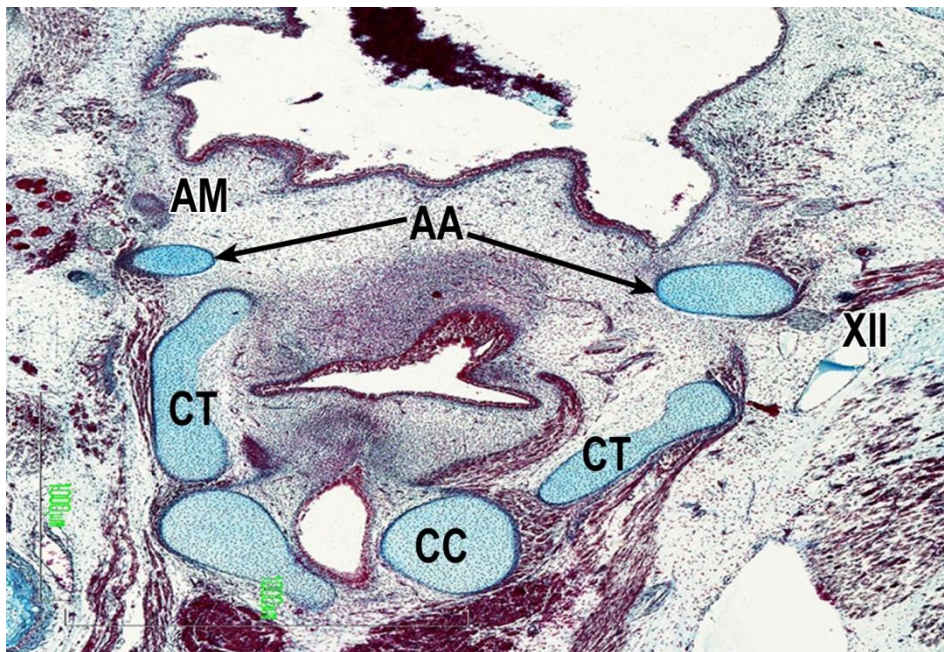


Figura 74

Discusión

Es clásico que el origen del hueso hioides sea considerado como derivado de los cartílagos de los segundos y terceros arcos faríngeos. El asta menor, junto con la parte superior del cuerpo del hioides, se formaría a partir de la extremidad ventral osificada del cartílago del segundo arco y está unida con su similar del lado opuesto. El cartílago del tercer arco se une con la extremidad ventral del cartílago del segundo arco correspondiente y, a través de la línea media, con los cartílagos de los arcos segundo y tercero del lado opuesto. Cuando ocurre la osificación, el cartílago del tercer arco se convierte en el asta mayor y en la porción caudal del cuerpo del hioides, así se expresa Hamilton y Mossman, 1975, y de forma similar los autores en cuyos textos de embriología (Sadler, 1996; Moore y Persaud, 1999, Carlson, 2009) han señalado que las astas menores y la mitad superior del cuerpo derivan del cartílago del segundo arco y la mitad inferior del cuerpo y las astas mayores de los cartílagos de los terceros arcos. En consecuencia esta teoría podría ser denominada teoría dual del hioides (ver esquema en introducción).

Esta teoría desde nuestro punto de vista tiene su origen, en el inmovilismo conceptual que se ha tenido en cuanto al segundo arco faríngeo. Los trabajos de Karl Bogislaus Reichert, 1837, sobre el cartílago del segundo arco, y en general sobre los arcos viscerales, fueron difundidos ampliamente en los libros de textos de Alemania, por lo que sus interpretaciones se mantuvieron durante largo tiempo.

Es por ello, que el concepto de cartílago de Reichert, concebido globalmente seguía siendo interpretado como una estructura cartilaginosa continua que en sus diferentes segmentos o porciones por la que discurre se transforma o da lugar a formaciones tan diversas como pueden ser el estribo del oído medio, la apófisis estiloides, el ligamento estilohioideo, las astas

menores y la mitad superior del cuerpo del hueso hioides, como han señalado los textos de embriología humana (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999). Esta concepción sobre la forma de desarrollarse el cartílago de Reichert fue modificada tras los estudios de Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, realizado en embriones y fetos humanos, donde observó que el cartílago de Reichert no era una barra continua, sino que se constituía en dos segmentos uno superior o estileo y otro inferior o hioideo. Por otro lado, el estribo se formaría por una condensación mesenquimal totalmente independiente del cartílago del segundo arco o cartílago de Reichert (Rodríguez-Vázquez, 2005; Rodríguez-Vázquez, 2009).

En nuestro estudio fue observado como en el estadio 16 de la Carnegie, por delante de las eminencias aritenoideas se observó un área de condensación celular, que por la situación topográfica de las estructuras, fue interpretado como correspondiente al área central del mesenquima del tercer y cuarto arcos. Esta condensación se localizaba cranealmente al anlage del tiroides medio y a los cuartos arcos arteriales. Por tanto, según nuestras observaciones este área corresponde a la eminencia hipobranquial, y quedaría delimitada por los orígenes de la arterias carótidas externas. Esta condensación mesenquimal de la eminencia hipobranquial en nuestra opinión correspondería al anlage del cuerpo del hioides.

En el estadio 18 de la Carnegie fueron observadas las condensaciones mesenquimales de los anlages de los cartílagos que formaran el hueso hioides. La parte menos desarrollada era la del cuerpo del hioides.

En contra de la opinión hasta ahora establecida de que dos condensaciones o dos elementos contribuirán a la formación del cuerpo del hioides (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999), es decir segundo y tercer arcos faríngeos, o más exactamente cartílagos de los

segundos y terceros arcos, nosotros observamos una única condensación mesenquimal, que correspondería al área de confluencia en la línea media de los terceros y cuartos arcos, es decir al mesenquima del área hipobranquial (condensación del mesenquima del área de la eminencia hipobranquial, o copula).

La eminencia hipobranquial y su mesénquima estaría formada por la fusión, en el área media, de los terceros y cuartos arcos. Los anlagen de los cartílagos de los segundos arcos, no alcanzaban la línea media y en consecuencia no eran continuos entre si, como ha sido previamente demostrado por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006. Por tanto, no contribuían a la formación de la mitad superior del cuerpo del hioides, como propone la teoría dual a la que previamente hemos hecho referencia.

La condensación mesenquimal central, se extendía caudal y ventralmente hasta un área media, delimitada por los dos nervios hipoglosos. Esta zona, estaba localizada por delante de la condensación que formara el cartílago tiroides, aunque sin existir una delimitación clara entre ellas. Por tanto en este estadio, según nuestro estudio, se delimitaban las áreas de donde se formará el hueso hioides:

- Las astas menores de los segundos arcos. Sus anlagen o esbozos proceden de los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert, denominados por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, segmentos hioideos.
- Las astas mayores de los terceros arcos. Los anlagen proceden de los cartílagos de los terceros arcos. Corresponden a los segmentos situados dorsalmente al lugar de confluencia con los segundos arcos.
- El cuerpo del hioides se formaría a partir de la condensación mesenquimal central, de la eminencia hipobranquial. Estas observaciones, no coinciden con la teoría hasta ahora admitida, en cuanto a la formación del cuerpo del hioides, o teoría dual, en la que el cuerpo se formaría por los cartílagos de los segundos y terceros arcos (Hamilton y

Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O'Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999).

En el estadio 19 de la Carnegie pudimos estudiar la topografía e histología de las condensaciones mesenquimales que darán origen al hueso hioides, en secciones transversales. Los extremos de los segmentos caudales de los cartílagos de los segundos arcos no se unían o continuaban en la línea media, sino que por el contrario terminaban a uno y otro lado, en la parte craneal de una condensación mesenquimal central, elevada en su parte media, que interpretamos correspondía a la unión en la línea media de los mesénquimas de los terceros y cuartos arcos, eminencia hipobranquial. Es difícil admitir, e insistimos en este aspecto que los segundos arcos contribuyan a formar la mitad superior del cuerpo del hioides, como hasta ahora era aceptado. Topográficamente estas estructuras estaban localizadas dorsal y caudal al relieve de la lengua y cranealmente a las prominencias aritenoideas de la futura laringe.

En el estadio 20 de la Carnegie, pudimos determinar en secciones sagitales cómo los distintos anlagen que formaran el hueso hioides se encontraban en diferentes fases de desarrollo. Los cartílagos de los terceros arcos estaban en fase cartilaginosa, contactaban por mediación de un tejido mesenquimal denso con las partes laterales de un cartílago central, que correspondía al futuro cuerpo del hioides. En este mismo área también terminaba el extremo ventral del anlage de las astas menores, correspondiente al segmento caudal del cartílago de Reichert que estaban en fase precartilaginosa, menos desarrollado que el cartílago del tercer arco y que el cartílago del cuerpo. El precartilago de Reichert, o del segundo arco, se continuaba dorsal y cranealmente por una formación mesenquimal, estableciendo relaciones con los elementos de la región mandíbulo-faríngea y caudalmente con los de la futura región suprahioides lateral y delimitado entre dos estructuras nerviosas, cranealmente se disponía el nervio glossofaríngeo y

caudalmente el nervio hipogloso. Es importante señalar que en esta región la estructura del segundo arco faríngeo consistía en una formación redondeada, sin ninguna tipificación de cartílago y semejante a una condensación mesenquimal bien delimitada, que en dirección medial quedaba reducida a la condensación celular blastemática de estadios previos y que además desaparecía en la línea media. Estas observaciones son coincidentes con las aportadas por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006 y 2015.

El cartílago central, correspondiente al esbozo del cuerpo del hioides, tenía una forma ovalada en la sección y estaba localizado ventral al cartílago tiroides. Es de destacar el hecho de que el anlage del cuerpo del hioides, estaba formado por un cartílago, independiente de los anlages de las astas mayores y menores del hioides. Esta observación, insistimos demostraría la existencia de un módulo central cartilaginoso, formado a partir de la condensación mesenquimal central, en el que no hay evidencias morfológicas de que se hubiera formado por dos esbozos, la mitad superior derivado de los cartílagos de los segundos arcos y la mitad inferior de los cartílagos del terceros arcos, como han señalado los textos de embriología humana (Hamilton y Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O'Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999).

En este estadio se apreció el diferente grado de evolución que poseía el blastema mesenquimal que dará lugar al cartílago de Reichert, en dependencia a la zona considerada, como fue observado por Rodríguez-Vázquez y cols., 2006.

A los 20.5 mm. de longitud G-L, en el mismo estadio 20, no se han producido, lógicamente grandes cambios, sin embargo existía y fue observada una unión por medio de un mesénquima denso, entre el asta mayor del hioides y el asta superior del cartílago tiroides, que en nuestra opinión formará el ligamento tirohioideo lateral y que en ocasiones podría dar lugar al desarrollo de un cartílago remanente, y formarse el cartílago tritíceo.

A los 21 mm. de longitud G-L, estadio 20 de la Carnegie, el cartílago de Reichert, ofrecía un alto grado de maduración condral en aquel segmento que estaba en relación con la musculatura del segundo arco y estílea: dorsalmente el estilohioideo y vientre posterior del digástrico, medialmente el estilofaríngeo y ventralmente el estilogloso. Fue observada por primera vez la inflexión o cambio de dirección, que experimentó el cartílago de Reichert antes de alcanzar la región hioidea, de tal manera que de presentar un trayecto descendente, se disponía horizontalmente.

Lateralmente y ambos lados del esbozo del cuerpo se disponían los anlagen cartilaginosos de las astas menores y astas mayores. Los primeros, se localizaban sobre la parte anterior y lateral del cuerpo, prolongándose craneolateralmente, y disponiéndose por fuera del nervio hipogloso. Sus extremos contactaban lateralmente con el anlage central del cuerpo del hioides. Las futuras astas mayores, estaban localizadas dorsalmente a los cartílagos de Reichert y lateralmente al cuerpo cartilaginoso del hioides. Eran continuos dorsalmente por unas condensaciones mesenquimales que alcanzaban las astas superiores del cartílago tiroideo y que fueron interpretadas como el esbozo de los ligamentos tirohioideos laterales. Esta disposición estructural es similar a la descrita por Rodríguez-Vázquez y cols., 2011.

A los 22 mm. de longitud G-L, estadio 21 de la Carnegie, el cartílago de Reichert, era una verdadera estructura cartilaginosa, bien formada en su segmento craneal y caudal.

La condrogénesis se iniciaba en el segmento craneal del arco, como ya observara Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, y en relación a la musculatura estílea. Desde este lugar se extendía en sentido craneal, pero caudalmente y en estas fases, pudimos comprobar como el segmento inferior de la condensación del segundo arco no presentaba características cartilaginosas.

Durante este estadio los esbozos que darán origen al hueso hioides, estaban perfectamente delimitados. El cuerpo, claramente en fase cartilaginosa, había experimentado un gran crecimiento, fundamentalmente en sentido transversal, con una morfología rectangular, situado caudal a la lengua y región sublingual y cranealmente a la laringe. Aunque su borde craneal sobrepasaba claramente al cartílago tiroides, su borde inferior quedaba situado por delante del borde superior de las láminas del cartílago tiroides.

Lateralmente, el cuerpo cartilaginoso, establecía contacto con las astas menores y mayores. Las astas menores se disponían sobre la cara craneo-lateral del cuerpo. Mientras que las astas mayores contactaban con los extremos laterales del cuerpo del hioides.

De esta manera y según nuestras observaciones el hioides estaba claramente conformado por cinco módulos o estructuras, una impar y media de morfología rectangular, perteneciente al cuerpo; y cuatro pares, dos gruesas pertenecientes las astas mayores y que formaban sendos arcos cóncavos dorsalmente. Las otras dos, más finas y cortas, correspondientes a las astas menores.

En el estadio 22 de la Carnegie, quedaba establecido como indicara Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, la disposición morfológica horizontal del cartílago de Reichert, caudal al paso de la arteria carótida externa por el espacio situado entre el cartílago y el músculo estilohioideo.

El esbozo cartilaginoso del cuerpo del hioides aparecía claramente delimitado de las astas menores y de las astas mayores por franjas mesenquimales. Por tanto, el anlage del hioides estaba formado por cinco elementos cartilaginosos dos pares correspondientes a las astas menores y astas mayores y uno medio correspondiente al cuerpo.

Según nuestras observaciones en el cartílago originado de la eminencia hipobranquial estaba separado por franjas mesenquimales que establecían contacto entre ellos pero no continuidad entre los elementos cartilagosos. Por tanto, para nosotros y al contrario que la teoría que hemos denominado dual (Hamilton-Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999) el hioides se formaría por anlagen cartilagosos independientes, formados a partir de condensaciones mesenquimales independientes. Según Koebke, 1978, ambos elementos asta mayor y cuerpo están separados por una interzona. También observó como en la mayoría de los casos se une al asta mayor por una articulación tipo diartrodial, no poseyendo ningún contacto con el cuerpo.

Estas franjas mesenquimales según Koebke, 1978, son semejantes a interzonas que pueden formar articulaciones tardíamente. Este hecho no es extraño ya que la osteogenesis se inicia tardíamente y la constitución de un hueso único en base a la reunión de todas sus piezas es muy tardía. Estas observaciones de Koebke, 1978, apoyarían nuestro criterio en cuanto a la formación del hueso hioides por módulos independientes, procedentes de anlagen o esbozos independientes. Las condensaciones mesenquimales han formado elementos cartilagosos bien delimitados unos de otros. Esto es semejante a lo observado en otras áreas como en el caso del oído medio (Rodríguez-Vázquez, 2005).

Al final del periodo embrionario (Estadio 23 de la Carnegie) los esbozos que darán origen al hueso hioides, estaban perfectamente delimitados. El cuerpo en las secciones frontales, ofrecía una imagen rectangular, situada caudal a la lengua y cranealmente a la laringe. En este estadio el hueso hioides presenta una morfología similar a la del adulto, quedando configurando por cinco elementos cartilagosos que constituyen cada una de las partes de este hueso.

El crecimiento de la glándula submandibular determinó que la región suprahiodea lateral quedara en parte oculta por ella y por tanto, también el extremo anterior del cartílago de Reichert, que formaran a uno y otro lado las astas menores del hioides, que presentaba una clara estructura cartilaginosa.

Hoy en día es conocido que la condensación mesenquimal del segundo arco, que dará lugar al cartílago de Reichert, no se transforma totalmente a cartílago (Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, 2015), sino únicamente las áreas que corresponden al extremo distal, en relación al hioides y al segmento postero proximal, aquel que se une a la cápsula ótica.

Por tanto, el cartílago de Reichert normalmente no forma un elemento continuo, como se admite en diversos textos de embriología (Hamilton-Mossman, 1975; Corliss, 1979; Sperber, 1989; Sadler, 1996; O’Rahilly y Müller, 1996; Abramovich, 1997; Moore y Persaud, 1999).

Cranealmente a las astas menores, el cartílago de Reichert no se formaba, estando su lugar ocupado por una formación celular condensada, que en estadios posteriores a las 10 semanas, según Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, desaparecía. Es decir, el cartílago de Reichert, no había degenerado a tejido fibroso como dicen Hamilton y Mossman, 1975; Sperber, 1989; Sadler, 1996; Moore y Persaud, 1999. Por ello Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, 2015, opinan que la teoría de que es el pericondrio del cartílago el que constituye o forma el ligamento estilohioideo, o bien que sirve de guía para su formación no tiene un fundamento embriológico.

Estamos de acuerdo con Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, 2015, que en el desarrollo humano, generalmente no existe o no se forma el segmento que la mayoría de los autores denominan ceratohial (Lesoine, 1966; Stafne y Hollinshead, 1968; Arnould y cols., 1969; Ommell y cols., 1998) y que al degenerar y persistir su vaina fibrosa forma el ligamento estilohioideo (Dwight, 1907; Stafne y Hollinshead, 1962; Hollinshead, 1969; Friedman,

1970; Frommer, 1974; Bhaskar, 1976). Su existencia en el hombre debe ser considerada como una anomalía.

El lugar de confluencia de los extremos ventrales de los cartílagos de Reichert, denominados como hipohial (Stafne y Hollinshead, 1968; Arnould y cols., 1969; Ommell y cols., 1998) ó apohial (Grégoire, 1910; Lesoine, 1966), se realizaba en la confluencia o angulación que presentaban las astas mayores con el cuerpo del hioides de la misma manera que observó Koebke, 1978.

Desde los trabajos de Rodríguez-Vázquez, 2004, 2006, 2015, es aceptado que el cartílago de Reichert no sea una estructura continua, de la que según el nivel considerado se forman diversas estructuras. Sino que en el segundo arco faríngeo, al contrario de lo que sucede en el primer arco faríngeo con el cartílago de Meckel, el cartílago de Reichert, constituye una estructura discontinua, con dos áreas o segmentos; uno craneal, de mayor longitud, continuo a la cápsula otica, otro caudal, más pequeño, en relación con el hioides. Entre ambos segmentos, normalmente no se forma ningún cartílago. El aparato o cadena estilohioidea ha sido dividido en distintos segmentos, denominados: timpanohial, estilohial, ceratohial e hipohial, señalados por Howes, 1896, al utilizar la nomenclatura de los arcos faríngeos de los peces, y que ha sido transmitida y reflejada por otros autores (Stafne y Hollinshead, 1968; Lesoine, 1966; Arnould y cols., 1969), incluso añadiendo una quinta pieza segmentaria epihial (Grégoire, 1910; Ommell y cols., 1998), o bien el ceratohial accesorio (Arnould y cols., 1969). Consideramos que esta terminología ha llevado a la confusión, hecho que queda reflejado por la denominación del ceratohial como epihial (Goodman, 1981; McCorkell, 1985), ya que en muchos animales cuando el ceratohial se osifica constituye un hueso independiente, llamado epihial (Lavine y cols., 1968; Pirruccello y Sullivan, 1972; Jackson, 1974).

En el hombre, (Rodríguez-Vázquez y cols., 2006, 2015), no ha sido observada, la segmentación o división señalada hasta ahora por los autores mencionados, únicamente podríamos señalar el segmento posterosuperior del cartílago de Reichert que correspondería al estilohial y el correspondiente a las astas menores o hipohial.

A nivel del hioides, se observó que la norma era que las futuras astas menores del hioides finalizaran en el área de confluencia entre las astas mayores y el cuerpo, aunque también y en un caso finalizaban en los extremos ventrales de las astas mayores, similar disposición a la observada por Koebke, 1978. Ahora bien, la unión es muy variable, como también indicó Grégoire, 1910.

Para Koebke, 1978, el asta menor se une en la mayoría de los casos al asta mayor por una articulación tipo diartrosis, que a veces se encuentra anquilosada. Aunque nuestro estudio solo incluye el periodo embrionario, estamos de acuerdo con este autor que en el desarrollo de esta zona de unión, la evolución sería similar a la que descrita en la formación de las articulaciones, pudiendo evolucionar tardíamente a distintos tipos. Tipos que concuerdan con las variaciones descritas por Grégoire, 1910, cuando expresa que la forma de unión más frecuente entre el asta menor y el resto del hioides es por medio de una articulación móvil.

Nuestro trabajo, por tanto, determina que el hueso hioides, se forma por un anlage impar y medio, y cuatro anlages pares. El anlage impar y medio, según nuestras observaciones, daría lugar al cuerpo del hioides, originándose a partir del mesénquima de la eminencia hipobranquial o cópula, lugar donde confluyen los terceros y cuartos arcos. Los anlages pares, dos a cada lado del cuerpo, corresponden, a las astas mayores, derivados de los cartílagos del tercer arco, mientras que los otros dos anlages pares, darían lugar a las astas menores, situados cranealmente sobre el área de confluencia del cuerpo y astas mayores y formados a expensas del segmento caudal o

hioideo del cartílago de Reichert, el cuerpo se formaría por un solo anlage, que contrasta con la teoría dual clásica que mantenía que la mitad superior se originaba de los segundos arcos, mientras que la mitad inferior del cuerpo lo hacía de los terceros arcos.

Aunque una demarcación entre las masas cartilagosas no siempre indica un origen diferente, el asta mayor es probable que se fusionase con el cuerpo si el tercer arco se desarrolla en la parte dorsal del cuerpo. Hasta la 15 semana, el cuerpo del hioides en desarrollo se solapa con el cartílago tiroides al mismo nivel craneocaudal, y se encontraba en la parte ventral de este último (Tucker y Tucker, 1975; Muller y cols., 1981). Sin embargo, en contraste con el asta mayor que conecta firmemente con el cartílago tiroides por las astas superiores por un potente o fuerte ligamento, el cartílago tiroides estaba claramente separado del cuerpo del hioides por un tejido laxo en fetos. Estas observaciones sobre morfología fetales, podrían poner en duda la teoría de origen dual del cuerpo del hioides. Recientes estudios de embriología molecular Miller y cols., 2000, y Ozeki y cols., 2004, han mostrado que la parte ventral del esqueleto del hioides estaba afectado más severamente que la parte dorsal en ratones mutantes inactivos en endothelin1 y podrían apoyar esta teoría, aunque un mecanismo efecto dependiente está todavía obscuro.

Aunque actualmente se sigue admitiendo la teoría que propone el doble origen del hioides a partir del segundo arco faríngeo (cartílago de Reichert) que formaría la parte superior del cuerpo y el asta menor, mientras que del tercer arco se desarrollaría la parte inferior del cuerpo y el asta mayor del hioides (Hamilton y Mossman, 1972; Moore y Persaud, 1999, Carlson, 2009). Nuestro estudio propone y concluye que el hueso hioides se desarrollaría a partir de cinco módulos o estructuras, una impar y media rectangular, perteneciente al cuerpo y cuatro pares, dos gruesas que forman

sendos arcos cóncavos dorsalmente, pertenecientes a las astas mayores. Las otras dos, más finas y cortas, correspondientes a las astas menores.

Interpretamos que la comprensión del desarrollo del hueso hioides, no solo permite establecer el patrón normal de su desarrollo y disposición, sino que también nos explica las bases sobre las que descansan las variaciones de este hueso.

Conclusiones

1. El hueso hioides se constituye a partir de cinco esbozos. Uno impar y medio para el cuerpo y dos pares correspondientes a las astas mayores y menores.
2. Confirmamos que el cuerpo del hueso hioides se origina de la condensación mesenquimal de la eminencia hipobranquial en el estadio 18 de la Carnegie.
3. Los cartílagos de los segundos arcos faríngeos no se unen en la línea media y no originan la mitad superior del cuerpo del hueso hioides.
4. Las astas menores del hueso hioides se originan de los segmentos caudales de los cartílagos de Reichert.
5. Las astas mayores del hueso hioides se originan de los cartílagos de los terceros arcos faríngeos.

Bibliografía

- Abramovich A. (1997).- Embriología de la región maxilofacial. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Arnould G., Tridon P., Laxenaire M., Picard L., Weber M., Masingue M. (1969).- Appareil stylo-hyoïdien et malformations de la charnière occipito-vertébrale. A propos de cinq observations. Rev. Otoneuroophthalmol. 41: 190-195.
- Baddour HM., McAnear JT., Tilson HB. (1978).- Eagle's syndrome. Report of a case. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 46: 486-494.
- Baugh RF., Stocks RM. (1993).- Eagle's syndrome: a reappraisal. ENT J. 72: 341-344.
- Bernays A. (1878).- Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen, mit Bemerkungen über die Gelenke im allgemeinen. Morph. Jb. 4: 403-446.
- Bhaskar SN. (1976).- Orban's oral histology and embryology. 8th. Mosby Company. St. Louis.
- Boedts D. (1978).- Styloid process syndrome or stylohyoid syndrome?. Acta otorhino-lar.bel. 32: 277-279.
- Camarda AJ., Deschamps C., Forest D. (1989a).- Stylohyoid chain ossification: a discussion of etiology. Oral. Surg. Oral. Med. Oral. Pathol. 67: 508-514.
- Camarda AJ., Deschamps C., Forest D. (1989b).- Stylohyoid chain ossification: a discussion of etiology. Oral. Surg. Oral. Med. Oral. Pathol. 67: 515-520.
- Carlson BM. (2009).- Embriología humana y biología del desarrollo. 4th Ed. Madrid: Elsevier.
- Corliss CE. (1979).- Embriología humana de Patten. Fundamentos del desarrollo clínico. Buenos Aires: El Ateneo.

- Correll RW., Jensen JL., Taylor JB, Rhyne RR. (1979).- Mineralization of the stylohyoid-stylomandibular ligament complex: a radiographic incidence study. *Oral Surg.Oral Med.Oral Pathol.* 48: 286-291.
- Dwight T. (1907).- Stylo-hyoid ossification. *Ann. Surg.* 46: 721-735.
- Eagle WW. (1948).- Elongated styloid process. *Arch Otolaryngol.* 47: 630-640.
- Eagle WW. (1958).- Elongated styloid process. *Arch Otolaryngol.* 67: 172-176.
- Fanibunda K., Lovelock DJ. (1997).- Calcified stylohyoid ligament: unusual pressure symptoms. *Dentomaxillofac. Radiol.* 26: 249-251.
- Ferrario VF., Sigurtá D., Daddona A., Dalloca L., Miani A., Tafuro F., Sforza CH. (1990).- Calcification of the stylohyoid ligament: incidence and morphoquantitative evaluations. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 69: 524-529.
- Friedman SM. (1970).- *Visual anatomy-head and neck.* Harper and Row. New York.
- Frommer J. (1974).- Anatomic variations in stylohyoid chain and their possible clinical significance. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 38: 659-667.
- Genis Galvez JM. (1970).- *Biología del desarrollo. Fundamentos de embriología.* Editorial Espaxs. Barcelona.
- Goldstein GR., Scopp IW. (1973).- Radiographic interpretation of calcified stylomandibular and stylohyoid ligaments. *J. Prosthet. Dent.* 30: 330-334.
- Goodman RS. (1981).- Fracture of an ossified stylohyoid ligament. *Arch. Otolaryngol.* 107: 129-130.
- Gossman JR., Tarsitano JJ. (1977).- The styloid-stylohyoid syndrome. *J.Oral Surg.* 35: 555-560.
- Grégoire R. (1910).- L'appareil Hyoidien de l'homme. *Phylogénie et ontologie. Journ. de l'Anat. et de la Physiol.* 45: 565-597.
- Haines R. (1947).- The development of joints. *J. Anat.* 81: 33-55.

- Hamilton WI., Mossman HW. (1975).- Embriología humana. 4th ed. Intermédica. Buenos Aires.
- Handa PS. (1971).- Elongated styloid process (a case report). Ind. Jour. Otolaryng. 23: 36-39.
- Hartman CG., Straus WL. (1933).- The anatomy of the Rhesus monkey. Williams and Wilkins. Baltimore.
- Hilloowala RA. (1975).- Comparative study of the hyoid apparatus in selected primates. Am. J. Anat. 142: 367-384.
- Hollinshead WH. (1969).- Textbook of anatomy. Harper and Row. New York.
- Howes GB. (1896).- Observations upon the intra-narial epiglottis. J. Anat. Physiol. 23: 587.
- Jackson FE. (1974).- Membranes secondary to elongated styloid process: the Eagle syndrome. Dis. Nerv. Syst. 35: 528-531.
- Juric-Lekic G., Radujkovic V., Kancijan V., Bulic-Jakus F., Lokosek V., Katusic A.; Vlahovic M., Serman, L. (2008). Differentiation of epiglottal epithelia during prenatal and postnatal human development. Coll. Antropol. 32: 1115-20.
- Katori Y., Hyun Kim JI., Rodríguez-Vázquez JF., Kawase T., Murakami G., Hwan T. (2011).- Early fetal development of the intermediate tendon of the human digastricus and omohyoideus muscles: a critical difference in histogenesis. Clin Anat. 24: 843-852.
- Kaufman SM., Elzay RP., Irish EF. (1970).- Styloid process variation: radiologic and clinical study. Arch. Otolaryngol. 91: 460-463.
- Keur JJ., Campbell JPS., McCarthy JF., Ralph WJ. (1986).- The clinical significance of the elongated styloid process. Oral Surg.Oral Med. Oral Pathol. 61: 399-404.
- Koebke J. (1978).- Some observations on the development of the human hyoid bone. Anat.Embryol. 153: 279-286.
- Langer M. (1929).- Über die Entwicklung des Kniegelenkes. Zschr. f. d. ges. Anat. 89: 83-101.

- Langman, J. (1976).- Embriología médica. 3ª Ed. Madrid. Interamericana.
- Lavine MH., Stoopack JC., Jerrold TL. (1968).- Calcification of the stylohyoid ligament. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 25: 55-58.
- Lengele BG., Dhem AJ. (1988).- Length of the styloid process of the temporal bone. Arch. Otolaryngol .Head Neck Surg. 114: 1003-1006.
- Lengele B., Dhem A. (1989).- Microradiographic and histological study of the styloid process of the temporal bone. Acta Anat. 135: 193-199.
- Leonhart G. (1914).- A case of stylo-hyoid ossification. Anat. Rec. 8: 325-332.
- Lesoine W. (1966).- Anomalien der Zungenbeinkette. HNO. 14: 70-73.
- McCorkell S. (1985).- Fractures of the styloid process and stylohyoid ligament: an uncommon injury. J. Trauma. 25: 1010-1012.
- McManus FA., Mowry RW. (1968).- Técnica Histológica. Tercera edición. Atika, S.A. Madrid.
- Miller CT., Schilling TF., Lee K. (2000).- Suckerecondes a Zebrafish Endothelin-1 required for ventral pharynge arch development. Developmen 127: 3815-3828.
- Monsour PA., Young WG. (1986).- Variability of the styloid process and stylohyoid ligament in panoramic radiographs. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 61: 522-526.
- Montalbetti L., Ferrandi D., Pergan P., Savoldi F. (1995).- Elongated styloid process and Eagle's syndrome. Cephalalgia 15: 80-91.
- Moore KL., Persaud TVN. (1999).- The developing human. Philadelphia: Saunders.
- Muller F., O´Rahilly R., Tucker JA. (1981).- The human larynx at the end of the embryonic period proper. Acta otolaryngol 91: 326-336.
- O´Carroll MK. (1984).- Calcification in the stylohyoid ligament. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 58: 617-621.

- Ommell KAH., Gandhi C., Ommell ML. (1998).- Ossification of the human styloid ligament. A longitudinal study. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol Oral Radiol. End. 85: 226-232.
- O'Rahilly R. (1973).- Development stages in human embryos. Including a survey of the Carnegie Collection. Washington: Carnegie Institution.
- O'Rahilly R., Müller F. (1996).- Human embryology and teratology. 2nd ed. Wiley-Liss. New York.
- O'Rahilly R., Müller F. (2010).- Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. Cells Tissues Organs 192: 73-84.
- Orts F. (1986).- Anatomía Humana, 6th Ed. Editorial Científico-Médica, Barcelona, Vol 1, 791-792
- Ozeki H., Kurihara Y., Tonami K. (2004).- Endothelin-1 regulates the dorsoventral branchial arch patterning in mice. Mech Dev 121: 387-395.
- Patni VM., Gadewar DR., Pillai KG. (1986).- Ossification of stylohyoid ligament with pseudojoint formation. A case report. J. Indian Dent. Assoc. 58: 227-231.
- Paturet G. (1951).- Traité de Anatomie Humaine. Masson, Paris, Vol 1.
- Pirruccello FW., Sullivan MR. (1972).- Ossified stylohyoid ligament (epihyal bone): an unusual case. Dent.Dig. 78: 126-129.
- Porrath S. (1969).- Roentgenologic considerations of the hyoid apparatus. Acta Radiol. 105: 63-73.
- Reichert CB. (1837).- Ueber die Visceralbogen der Wirbelthiere im Allgemeinen und deren Metamorphosen bei den Vögeln und Säugethieren. Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med. 120-220.
- Revilla C., Stuyt MT (1989). El síndrome estiloides. A propósito de tres casos. An. Otorrinolaringol. Ibero Am. 16: 659-666.
- Rodríguez-Vázquez JF., Mérida-Velasco JR., Jiménez-Collado J. (1992).- Development of the human sphenomandibular ligament. Anat. Rec. 233: 453-460.

- Rodríguez-Vázquez JF, Mérida-Velasco JR., Mérida-Velasco JA., Sánchez-Montesinos I., Espín-Ferra J., Jiménez-Collado J. (1997).- Development of Meckel's cartilage in the symphyseal region in man. *Anat. Rec.* 249: 249-254.
- Rodríguez-Vázquez JF. (2004).- Nuevas aportaciones al desarrollo del cartílago del segundo arco faríngeo y su incidencia en la clínica. *An. R. Acad. Nac. Med.* 121: 441-447.
- Rodríguez-Vázquez JF. (2005).- Development of the stapes and associated structures in human embryos. *J. Anat.* 207: 165-173.
- Rodríguez-Vázquez JF., Mérida-Velasco JR., Verdugo-López S., Sánchez-Montesinos I., Mérida-Velasco JA. (2006).- Morphogenesis of the second pharyngeal arch cartilage (Reichert's cartilage) in human embryos. *J. Anat.* 208: 179-189.
- Rodríguez-Vázquez JF. (2009).- Development of the stapedius muscle and pyramidal eminence in humans. *J. Anat.* 215: 292-299.
- Rodríguez-Vázquez JF, Kim JH, Verdugo-López S., Murakami G., Cho KH., Asakawa S., Abe S. (2011).- Human fetal hyoid body origin revisited. *J. Anat.* 219: 143-149.
- Rodríguez-Vázquez JF., Verdugo-López S., Aba H., Murakami G. (2015).- The origin of the variations of the hyoid apparatus in human. *Anat. Rec.* 298: 1395-1407.
- Ruprecht A., Sastry KARH., Gerard P., Mohammad AR. (1988).- Variation in the ossification of the stylohyoid process and ligament. *Dentomaxillofac. Radiol.* 17: 61-66.
- Sadler TW. (1996).- Langman. Embriología médica. 7ª ed. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Sappey Ph C. (1869).- *Traité d'anatomie descriptive.* 2ª ed. Tome 2. Délahaye. Paris.
- Schulin K. (1879).- Über die Entwicklung und weitere Ausbildung der Gelenke des menschlichen Körpers. *Arch. Anat. Physiol.* 46: 240-274.

- Sivers JE., Johnson GK. (1985).- Diagnosis of Eagle's syndrome. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 59: 575-577.
- Sperber GH. (1989).- Craniofacial embryology. 4th ed. Wright. Cambridge.
- Stafne EC, Hollinshead WH. (1962).- Roentgenographic observations on the styloid chain. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 15: 1195-1200.
- Stafne EC, Hollinshead WH. (1968).- Roentgenographic observations on the stylohyoid ligament. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 25: 55-58.
- Swindler DR., Wood CD. (1973).- An atlas of primate gross anatomy. University of Washington Press. Seattle.
- Testut L., Latarjet A. (1975).- Tratado de Anatomía Humana 9th Ed. Salvat Editores, Barcelona, Vol 1, 528-531.
- Thompson A. (1915).- On the presence of genial tubercles on the mandible of man and their suggested association with the faculty of speech. J. Anat. Physiol. 50: 43.
- Tucker JA., Tucker GF. (1975).- Some aspects of fetal laryngeal development. Ann. Oto. Rhino. Laringol 84: 49-55.
- Wayoff M. (1960).- L'apophyse styloïde anormalement longue. Rev. Oto-Neuro-Ophtal. 32: 86-91.
- Williams RL., Warwick R. (1985).- Gray Anatomía. Salvat Editores, Barcelona, Vol 1, 487.
- Yetiser S., Gerek M., Ozkaptan Y. (1997).- Elongated styloid process: diagnostic problems related to symptomatology. Cranio. 15: 236-241.
- Zaw-Tun HA., Burdi AR. (1997).- Embriología de la región maxilofacial. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Zuckerman S., Ashton EA., Pearson JB. (1962).- The styloid of the primate skull. Bibl. Primatol. 1: 217-228.