

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Anatomía y Embriología humanas



TESIS DOCTORAL

Interdependencia entre el desarrollo del torus mandibular y del cartílago del primer arco faríngeo

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Mercedes Piquer Artés

Directores

José Francisco Rodríguez-Vázquez
Samuel Verdugo López

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**Departamento de Anatomía y
Embriología Humanas**



**INTERDEPENDENCIA ENTRE EL DESARROLLO DEL
TORUS MANDIBULAR Y DEL CARTÍLAGO DEL
PRIMER ARCO FARÍNGEO**

TESIS DOCTORAL

Mercedes Piquer Artés

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**Departamento de Anatomía y
Embriología Humanas**



**INTERDEPENDENCIA ENTRE EL DESARROLLO DEL
TORUS MANDIBULAR Y DEL CARTÍLAGO DEL
PRIMER ARCO FARÍNGEO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADO POR**

Mercedes Piquer Artés

Bajo la dirección de

Doctor José Francisco Rodríguez-Vázquez

Doctor Samuel Verdugo-López

Madrid, 2017



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ANATOMIA Y EMBRIOLOGIA HUMANAS

**INTERDEPENDENCIA ENTRE EL
DESARROLLO DEL TORUS MANDIBULAR Y
DEL CARTÍLAGO DEL PRIMER ARCO
FARÍNGEO**

TESIS DOCTORAL

MERCEDES PIQUER ARTÉS

Madrid, 2017

INTERDEPENDENCIA ENTRE EL DESARROLLO DEL TORUS MANDIBULAR Y DEL CARTÍLAGO DEL PRIMER ARCO FARÍNGEO

Memoria de investigación que presenta:

Mercedes Piquer Artés

Para optar al grado de Doctor en Odontología por la
Universidad Complutense de Madrid

Directores

Prof. Dr. D. José Francisco Rodríguez-Vázquez
Catedrático

Prof. Dr. D. Samuel Verdugo-López
Profesor Asociado

Departamento de Anatomía y Embriología Humanas
Facultad de Odontología
Universidad Complutense de Madrid

Madrid, 2017



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

Instituto de Embriología
FACULTAD DE MEDICINA

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

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

HACE CONSTAR : Que el trabajo de investigación, base de Tesis Doctoral
titulado: “ Interdependencia entre el desarrollo del torus mandibular y del
cartilago del primer arco faríngeo”, ha sido realizado por Dña. Mercedes Piquer
Artés bajo mi dirección. Considerando quien suscribe que reúne las condiciones
exigidas para optar al grado de Doctor.

Dado en Madrid, a 25 de enero de 2017

Fdo. Prof. J.F. Rodríguez Vázquez



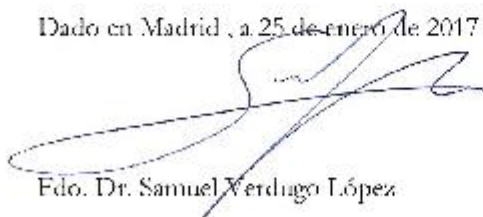
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

Instituto de Embriología
FACULTAD DE MEDICINA

SAMUEL VERDUGO LÓPEZ, PROFESOR ASOCIADO DE ANATOMÍA Y
EMBRIOLOGÍA HUMANA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

HACE CONSTAR : Que el trabajo de investigación, base de Tesis Doctoral
titulado: " Interdependencia entre el desarrollo del torus mandibular y del
cartilago del primer arco faríngeo", ha sido realizado por Dña. Mercedes Piquer
Artés bajo mi dirección. Considerando quien suscribe que reúne las condiciones
exigidas para optar al grado de Doctor.

Dado en Madrid , a 25 de enero de 2017



Edo. Dr. Samuel Verdugo López

A mi padre, por ser la causa de mi amor a nuestra profesión.

A mi madre, porque siempre está.

A mi marido y a mis hijos, por todo.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría, una vez terminado este trabajo, agradecer a todas las personas que de una forma u otra me han ayudado a realizarlo.

En primer lugar y muy especialmente quiero dar las gracias a mi director de Tesis el Prof. Dr. Jose Francisco Rodríguez-Vázquez. Gracias Jose por tu inestimable ayuda, tu trabajo, tu tiempo, tus enseñanzas, tu amistad. Por todo, muchas gracias.

Agradecer también al Co-director de este trabajo, el Dr. Samuel Verdugo, quien también me ha dedicado generosamente su tiempo y atención.

A mi tutora, la Prof. Dra. M^a Jesús Suarez de la Facultad de Odontología, por su ayuda y cercanía.

Al todo el personal técnico y administrativo de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense.

A todos mis compañeros, que con paciencia y cariño me han soportado en los días más difíciles, siempre animándome a seguir.

A todos mis amigos que con una sonrisa me han acompañado en este viaje y han sido motor.

Y por último, pero muy especialmente a mi familia. A mi padre, porque de él aprendí los valores del esfuerzo y dedicación. A mi madre, porque siempre confió en mí. A mi marido y a mis hijos, gracias, siempre, por darme vuestro tiempo, por todo. A mis hermanas, porque son parte esencial de lo que soy.

Índice

RESUMEN.....	11
SUMMARY.....	15
1. INTRODUCCION.....	19
2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	44
2.1. Justificación.....	45
2.2. Hipótesis	45
2.3. Objetivos.....	46
3. MATERIALES Y METODO.....	48
4. RESULTADOS.....	53
5. DISCUSION.....	112
6. CONCLUSIONES.....	128
7. BIBLIOGRAFIA.....	131

Resumen

“Interdependencia entre el desarrollo del torus mandibular y del cartílago del primer arco faríngeo”.

Introducción:

El torus mandibular es una formación ósea que ha sido definida como una hiperostosis benigna en la cara lingual del cuerpo de la mandíbula y que se encuentra localizada por encima de la cresta milohioidea. El origen de esta estructura ha suscitado controversia entre los diferentes investigadores. Se han emitido esencialmente tres teorías: 1. Predisposición hereditaria. Es la más aceptada. Muchos de los autores teorizan sobre el patrón genético del torus, probablemente de herencia dominante (Suzuki y Sakai ,1960). 2. Reacción funcional al estrés masticatorio. El estrés masticatorio, asociado a cargas funcionales estimula el crecimiento del torus (Eggen ,1989) 3. Influencias medioambientales. Según esta teoría una población que se alimenta con una dieta dura tendrá una mayor formación de torus mandibulares (Pynn y cols., 1985). Recientemente el origen de esta formación ha sido relacionado con el desarrollo del cartílago de Meckel o cartílago del primer arco branquial (Rodríguez-Vázquez y cols., 2015).

Objetivos:

El objetivo de este estudio es contribuir al conocimiento del origen del torus mandibular en el hombre y si su origen sigue un patrón definido y específicamente si tiene alguna relación con los cambios morfológicos y estructurales que experimenta el cartílago de Meckel en el área del foramen mental durante una fase muy concreta del desarrollo de la mandíbula entre la 11 y 14 semanas de desarrollo, ya que hasta ahora estos aspectos han sido analizados independientemente, sin establecer la posible relación causal entre ellos en relación al origen del torus mandibular.

Materiales y Métodos:

Para la elaboración del presente trabajo se han analizado 26 fetos humanos pertenecientes al Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid. Los especímenes están comprendidos entre los 57mm y 115 mm de longitud vértex-coccix (V-C), de 11 a 14 semanas de edad gestacional (Corliss, 1979; O'Rahilly y cols., 1981). El estudio se realizó de acuerdo con las disposiciones de la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Resultados:

El presente estudio está basado en las relaciones que presenta la mandíbula durante la etapa de osificación de los cartílagos de Meckel. Tiene por objetivo demostrar que, la mandíbula adquiere una morfología especial y que esta morfología era constante en todos los especímenes estudiados. Nuestro estudio confirma que los cartílagos de Meckel presentan una osificación endocondral desde la zona situada en el folículo dentario del canino y del primer molar decidual (aproximadamente a la altura del agujero mentoniano) hasta la región ventral y media de la mandíbula en desarrollo, por debajo y detrás de los incisivos centrales temporales. Además, la osificación endocondral de los cartílagos de Meckel coincide en el tiempo con la formación de la vena de Serres. En los estadios analizados, observamos que el cartílago de Meckel presentaba una doble curva en el área del foramen mentoniano. Esta especial morfología del cartílago de Meckel coincidía con la formación de una prominencia o expansión ósea en la cara interna de la mandíbula, que en nuestra opinión correspondería al origen del torus mandibular. Esta prominencia se localizaba en la cavidad oral, ya que estaba situada craneal a la inserción del músculo milohioideo, estructura que la delimita del cuello.

Conclusiones.

1, Confirmamos que el cartílago de Meckel presenta una osificación endocondral en el sector comprendido ente el foramen mental y la sínfisis de la mandíbula y que este proceso coincide con la formación de la vena de Serres.

2. Confirmamos la presencia de un cambio en la morfología del cartílago de Meckel a nivel del foramen mental de la mandíbula, caracterizada por una doble curvatura una fuera de la mandíbula y otra dentro.
3. A nivel del foramen mental la lamina interna de osificación intramembranosa de la mandíbula presenta una protusión que se extiende sobre el cartílago de Meckel. Esta protusión se sitúa en la cavidad oral.
4. La protusión o expansión localizada en la lámina interna de la mandíbula y a nivel de la área del foramen mental, determina un relieve en la misma localizado craneal al músculo milohioideo, que aporta significativas evidencias que corresponde al origen del torus mandibular.
5. El esbozo del torus mandibular está relacionado con tres procesos localizados en el área del foramen mental de la mandíbula: la osificación endocondral del cartílago de Meckel, el cambio de morfología del cartílago, y la formación de la vena de Serres, que determinan la expansión de la osificación de la lámina interna de la mandíbula sobre el cartílago de Meckel.

Summary .

“Interdependence between the development of the torus mandibularis and the cartilage of the first pharyngeal arch”.

Introduction:

Torus mandibularis has been considered as a bony exostosis without any relationship with pathological entities, over the mylohyoid line, in the lingual aspect of the body of mandible. The etiology causes controversy. Classically it has been proposed three hypotheses to explain its origin: 1. Hereditary predisposition: The most accepted. Many of the authors theorize about the genetic pattern of torus, probably of dominant inheritance (Suzuki y Sakai ,1960) 2. Masticatory stress: Associated with functional changes stimulates the growth of torus (Eggen,1989) 3. Environmental influence: According to this theory a population that feeds on a hard diet will have a greater formation of mandibular torus (Pynn y cols., 1985). Recently, the origin of this formation has been related to the development of the Meckel`s cartilage or cartilage of the first pharyngeal arch (Rodríguez- Vázquez y cols. 2015).

Aims:

The aim of this study is to contribute to knowledge of the origin of the torus mandibularis in human, and if this origin followed a defined pattern; and especially, if there is a relationship with the morphological and structural changes which Meckel`s cartilage experienced in the area of the mental foramen during a specific stage of the development of the mandible (between the 11th and 14th weeks of development). Until now, these aspects have been independently analyzed without establishing any causal relationship among them in relation to the origin of the torus mandibularis.

Material and Methods:

Twenty six human fetuses from the Embryology Institute of the Universidad Complutense of Madrid have been studied. The developmental stages of these observed specimens were between the 11th and 14th weeks of development and 57mm and 115mm CRL (Streeter, 1920; O’Rahilly et al, 1981). The study was done in accordance with the provisions of the Declaration of Helsinki (World Medical Association, 2013).

Results:

The present study is based on the relationship of the mandible during the ossification stage of Meckel’s cartilage. It aims to show that the mandible acquires a special morphology and that this morphology was constant in all the studied specimens. Our study confirms that Meckel’s cartilage presents an endochondral ossification from the area located in the canine follicle and the first deciduous molar (approximately at the level of the foramen menton) to the ventral and middle region of the developing mandible, below and behind the central central incisors. In addition, the endochondral ossification of the Meckel’s cartilage coincides in time with the formation of the Serres vein. In the analyzed stages, we observed that Meckel’s cartilage presented a double curve in the area of the mental foramen. This special morphology of the Meckel’s cartilage coincided with the formation of a bony prominence or expansion in the inner face of the mandible, which in our opinion would correspond to the origin of the mandibular torus. This prominence was located in the oral cavity, since it was located cranial to the insertion of the mylohyoid muscle, structure that delimits the neck.

Conclusions:

1. We confirm that Meckel’s cartilage presented an endochondral ossification in the area between the mental foramen and the symphysis of the mandible and this process coincided with the formation of Serre’s vein.

2. We confirm a change in shape of the morphology of Meckel's cartilage at the level of the mental foramen. This change was characterized by a double curvature (one inside and one outside) in the lingual aspect of the body of mandible.
3. There is a protrusion which extended over Meckel's cartilage in the internal aspect (intramembranous ossification) of the mandible, at the level of the mental foramen. This protrusion is located in the oral cavity.
4. The protrusion located in the internal aspect of the mandible, at the level of the mental foramen, formed a relief by itself, cranially to the mylohyoid muscle. This relief could correspond to the origin of the torus mandibularis.
5. The anlage of the torus mandibularis is related to three processes located in the area of the mental foramen of the mandible: the endochondral ossification of Meckel's cartilage, the change in morphology of the cartilage, and the formation of Serre's vein; which influenced in the expansion of the ossification of the internal aspect of the mandible over Meckel's

Introducción

El torus mandibular es una formación ósea que ha sido definida como una hiperóstosis benigna en la cara lingual del cuerpo de la mandíbula y que se encuentra localizada por encima de la cresta milohioidea. El origen de esta estructura ha suscitado controversia entre los diferentes investigadores; sobre todo porque no se ha diferenciado entre lo que es el desarrollo, evolución o crecimiento de esta estructura con su origen. Recientemente el origen de esta formación estaría relacionado con el desarrollo del cartílago de Meckel o cartílago del primer arco branquial.

El torus mandibular es una formación muy estudiada en diferentes campos científicos como son la antropología, la embriología y la odontoestomatología. Muchos son los autores que han tratado de buscar su origen y/o desarrollo, al tratar de relacionarlo con la raza, con la edad, el sexo, el crecimiento, el hábitat del individuo, la dieta (blanda o dura), el estrés masticatorio (bruxismo), el número de dientes presentes en la cavidad oral, la filogenia. A partir de aquí podemos señalar que según la bibliografía analizada ha sido observada mayoritariamente en hombres hacia la tercera década de la vida, presentando dos tipos morfológicos (uninodular y multinodular o múltiple). Que el origen/desarrollo del torus mandibular, para algunos autores, tiene una base genética basada en la herencia, o puede estar causada por estrés masticatorio; o incluso por una mezcla de factores tanto genéticos como ambientales. En lo que todas las investigaciones parecen estar de acuerdo es que esta formación es variable y presenta cambios a lo largo de la vida de una persona.

En cuanto a su relación con el cartílago de Meckel, Rodríguez-Vázquez y cols. (2015) señalan el estadio de la 10^a-13^a semana de vida intrauterina como el período crítico en el que este cartílago (con una osificación endocondral) presenta una doblez al comienzo de su disposición intramandibular. A nivel del

orificio mentoniano, localizado entre los gérmenes del canino y primer molar temporales inferiores, la lámina medial de la mandíbula protruía hacia medial para alcanzar el cartílago del primer arco o cartílago de Meckel. Así, la lámina medial de la mandíbula cubre la cara superior y posterior de la doblez del cartílago de Meckel justo por encima de la unión del músculo milohioideo en desarrollo (es decir, en la cavidad oral). Por tanto, estos autores consideran que el torus mandibular tiene un origen fetal, y que el anlage que está formado por la lámina medial de la mandíbula en protrusión y la doblez del cartílago de Meckel sería el futuro torus mandibular. Este anlage es constante en todas sus observaciones, aunque variable en forma y tamaño.

El Torus mandibular, por tanto, es una formación ósea localizada en el macizo facial inferior y que ha sido extensamente estudiada e investigada por los antropólogos. Con el análisis de esta exóstosis ósea mandibular se ha tratado de establecer relaciones, significativas o no, con la filogenia y/o la raza (Hrdlicka, 1940; Ossenbergl, 1981; Axelsson y Hedegard, 1981; Haugen, 1992).

En estos estudios, las conclusiones que han llegado los investigadores son:

- Que no se halla en antropoides o en primates.
- Que ha sido observada en todas las razas humanas.
- Que no depende de la localización geográfica del ser humano; ya que ha sido observado tanto en zonas árticas y sub-árticas, como en regiones ecuatoriales.
- Y que pudiera estar relacionado con el hábitat que rodea al individuo, es decir con el medioambiente, el tipo de alimentos que ingiere y la masticación que desarrolla con respecto a ellos.

Fox en su libro de Historia Natural de las Enfermedades de los Dientes (1814), fue el primer autor que hizo referencia a la presencia de los torus mandibulares en humanos (Seah, 1995); aunque Danielli (1884) posteriormente

es el autor que los describe y realiza un análisis en cuanto a su localización y posible origen (Hrdlicka, 1940).

El torus mandibular ha sido definido como una hiperplasia o protuberancia ósea que está localizada en la cara lingual del cuerpo de la mandíbula por encima y medial a la cresta milohioidea (Hrdlicka, 1940; Ossenber, 1981; Axelsson y Hedegard, 1981; Haugen, 1992, Seah, 1995; Pynn y cols., 1995). También, a lo largo del tiempo, ha recibido numerosos nombres como los de hiperostosis de la mandíbula (Danielli, 1884), hiperplasia mandibular (Hrdlicka, 1910), tori mandibular (Fürst y Hansen, 1915), tori alveolaris mandibularis (Schreiner, 1935). El término latino torus, actualmente el utilizado para nombrar a esta formación, significa hinchazón redondeada o abultamiento. Este término latino debiera por tanto ser discutido ya que presenta morfologías variadas: como el de una serie de tuberosidades; o también como nudosidades solitarias y abultadas; y a veces, como una combinación de ambas formas (Hrdlicka, 1940).

Los torus mandibulares no son exóstosis óseas (incidentales, seniles o formaciones patológicas), ni osteomas (tumores óseos individuales aislados), ni neoplasias de ninguna naturaleza patológica, son hiperplasias o hiperostosis de hueso que no está relacionada con ninguna patología oral (Hrdlicka, 1940; Pynn y cols., 1995; Seah, 1995). Ninguna de estas formaciones han causado inflamación, y nunca se ulceran o rompen. No requieren de tratamiento preventivo y solo se someten a su remoción quirúrgica cuando sobrecrecen e interfieren en la masticación de los alimentos duros (Springer, 1954; Bernier, 1955; Gorlin y Goldman, 1970), impactación de comida (Tiecke, 1965) impedimento del habla (Springer, 1954), colocación de prótesis en edéntulos totales y parciales (Bernier, 1955); o causan obstrucción a la hora de realizar una intubación oro-traqueal (Meza-flores, 2004).

Histológicamente, el torus mandibular, está compuesto por hueso esponjoso cubierto por hueso compacto dispuesto en lamelas con pocos

canales de Havers (Jonson, 1959; Bashkar, 1973). Además, Hrdlicka (1940) señaló que esta estructura estaba formada por varios grados y formas de tejido duro suplementario sobre la línea milohioidea, con pocos canales de Havers y que presentaba un crecimiento lamelar periostal. Zegarelli y cols. (1978) señalan que al análisis al microscopio el torus mandibular está compuesto por hueso cortical y esponjoso, con una gruesa lámina cortical interna de hueso haversiano, y que las travéculas medulares se extienden internamente. Para Seah (1995) el torus mandibular presenta un crecimiento lamelar periostal de la mandíbula, donde la capa esponjosa aparecería solamente si el torus tiene un tamaño grande.

Con respecto a la mucosa que rodea a esta formación es delgada pero de apariencia normal. Sin embargo puede ocasionalmente palidecer. Las ulceraciones aparecen solo si se traumatizan (Seah, 1995).

El diagnóstico diferencial siempre debe hacerse con respecto a la formación de abscesos, neoplasias óseas, neoplasias de glándulas salivares, y los tumores vasculares (Pynn y cols., 1995; Beena, 2012). El diagnóstico rutinario incluye la palpación, test de vitalidad, aspiración, evaluación del color de la mucosa y radiografías panorámicas que nos pueden ayudar a eliminar posibles patologías (Pynn y cols., 1995) presentando un área de alta radiopacidad sobrepuesta en la superficie de las raíces de los dientes mandibulares (Zegarelli y cols., 1978; Seah, 1995).

Otro aspecto que hay que analizar es la comparación que se establece con la presencia del torus palatino. La literatura en este campo es escasa y surge la duda de si ambas formaciones comparten una base morfogenética común, o si son unidades biológicamente separadas (Seah, 1995). Autores como Woo (1950) y Suzuki y Sakai (1960) relacionan ambas estructuras, mientras que otros las diferencian (Drenan, 1937; Kolas y cols., 1953; Haugen, 1992). Según Ossenberg (1981) el torus mandibular es el doble de común entre

personas con torus palatino y exóstosis óseas, que entre aquellos individuos que no lo tienen.

Aunque es poco frecuente observarlos en niños, Hrdlicka (1940) ha sugerido que el torus mandibular tiene una evolución en cuanto al crecimiento en longitud y grosor de su tamaño desde la madurez hasta la vejez de un individuo, y es ahí en la vejez donde se estabilizaría. Para Ossenberg (1981), al analizar los estudios de poblaciones ya sea “in vivo” o en cráneos desecados, han revelado que el torus mandibular es raro en niños, aumenta su observación con la adolescencia y en jóvenes adultos. Continúa proliferando en número durante la madurez y crecen en tamaño en los adultos más mayores. Sin embargo, al contrario de lo manifestado por Hrdlicka (1940), al menos en algunas poblaciones y en especial en las mujeres, parece que esta hiperplasia se reabsorbe. Para esta autora se manifiesta su claridad en que el torus mandibular es una estructura dinámica a lo largo de la vida de una persona. Sin embargo, Schaumann y cols. (1970) han observado una menor proliferación con la edad, en contraposición a Hrdlicka (1940) y Ossenberg (1981). Otros autores en cambio, sostienen que el crecimiento del torus se estabilizaría en la tercera década de la vida (Kolas y cols., 1953), más concretamente a la edad de los 34 años (Sathya, 2012). Los torus mandibulares son raros en niños, aunque ya se comienza a vislumbrar el tipo de morfología que va a presentar esta formación así como la localización y disposición que tienen (Verdugo-López y cols., 2012). Ellerston (1977) presenta cuatro fotografías de modelos de estudio de arcada inferior donde observa la evolución de dos torus mandibulares, derecho e izquierdo, en un mismo individuo. Esta evolución comienza a la edad de 40 años, en 1935, y finaliza en 1965 (70 años de edad). En la 2ª fotografía (1945) describe la aparición de hiperplasias por vestibular de premolares y molares. En la 3ª fotografía claramente hace referencia al cambio en volumen y longitud de ambos torus mandibulares.

En cuanto a su prevalencia existen estudios donde se han hallado que entre los adultos norteamericanos se llega hasta el 10% de la población adulta estudiada (Kolas y cols., 1953; Schaumann y cols., 1970). En otras

investigaciones realizadas en poblaciones aisladas de esquimales se ha llegado a estimar que su prevalencia variaría desde el 50 al 90% (Mayhall, 1970; Moorrees, 1951; Sellevold, 1980). En los estudios llevados a cabo por Ossenberg (1981) al analizar y comparar diferentes estudios sobre la frecuencia en la observación del torus, observa que existe una alta frecuencia de esta formación entre los esquimales. Sin embargo entre europeos y los norteamericanos de raza blanca su frecuencia es baja, a excepción de las poblaciones de Groetlandia e Islandia. En los africanos, negros norteamericanos y poblaciones del pacífico sur es baja. En cuanto al continente asiático (Indonesia, India, Tibet y China) eran bajas o moderadas como en Japón o Siberia. Su incidencia entre razas varía. Sellevold (1980) muestra una alta incidencia en individuos mongoles y baja en caucásicos mientras que Kolas y cols. (1953) muestran que existe una baja frecuencia en la raza negra.

En cuanto a la diferencia sexual, Hrdlicka (1940), Ossenberg (1981), Karaiskos y cols. (1989), Eggen y Natvig (1989), Haugen (1992), Jainkittivong y cols. (2007) y Cortés y cols. (2014) afirman que existe una preponderancia del sexo masculino sobre el femenino. Austin y cols. (1965) y Al Quran y cols. (2006) no encuentran diferencias significativas en la presencia del torus mandibular entre hombres y mujeres.

Su función es cuestionable, siendo más un obstáculo ya que puede afectar, como ya hemos hecho referencia anteriormente, al habla, la deglución, la masticación (Ossenberg, 1981; Al Quran y cols., 2006), pudiendo complicar la adaptación de una prótesis completa inferior (Ossenberg, 1981), intubación y/o quitar detalles a las raíces dentarias en las radiografías (Seah, 1995).

Clínicamente el torus mandibular se puede clasificar por su tamaño y por su forma. Tiene varios tipos de morfologías: desde un único tubérculo a múltiples tubérculos unidos o separados (Kolas y cols. 1953). Pocos investigadores han intentado clasificarlos, por lo que la bibliografía es escasa. Thoma (1960) en su

libro de patología oral, distinguía cuatro tipos clínicos. Según Axelsson y Hedegard (1981), la clasificación de los torus es difícil “in vivo” ya que no existe una determinación de la talla métrica que se pueda aplicar. Al usar sistemas de grados tales como la palpación, visibilidad y tamaño (pequeño, mediano o grande), la talla media de esta formación pudiera variar los resultados. Otro peligro evidente son las diferencias que puedan existir inter observador (por las evaluaciones subjetivas). Estos autores opinan que se necesitaría estandarizar las clasificaciones para poder comparar los datos. Haugen (1992) utilizando la inspección y la palpación, los clasifica en: solitario bilateral (un solo lóbulo), múltiple bilateral (si existen varios lóbulos), solitario unilateral y múltiple unilateral. Además, cada uno de ellos puede ser pequeño (si tienen un tamaño menor de 2 mm), mediano (si tiene entre 2-4 mm) o grande (si es mayor de 4 mm) con un predominio de tamaño pequeño (Haugen, 1992; Eggen, 1989).

El torus es bilateral en un 80% de los casos (Pynn y cols., 1995; Cortés y cols., 2014). Para Ihunwo y Phukubye (2006) el 61,7% de los cráneos estudiados presentaban torus mandibulares bilaterales. Kolas y cols. (1953) observaron que esta estructura mandibular bilateral aparece con más frecuencia que el unilateral. Axelsson y Hedegard (1981) observaron que la mayoría de los torus unilaterales se encontraban en el lado derecho de la mandíbula al igual que Lasker (1950).

La etiología del torus es aún desconocida y muy debatida. Clásicamente se han propuesto tres hipótesis para explicar su origen:

1. Predisposición hereditaria. Es la más aceptada. Muchos de los autores teorizan sobre el patrón genético del torus, probablemente de herencia dominante. Así Suzuki y Sakai (1960) observaron que:

a) cuando uno o ambos padres presentan el torus mandibular, la frecuencia de la presencia del torus en los hijos era mucho más alta que en aquellos cuyos padres no lo tenían;

b) los torus de los padres y de los hijos parecen relacionarse, dependiendo del grado de desarrollo de estas estructuras;

c) en el 89,7% de los niños que presentaban torus mandibulares, uno o ambos padres lo tiene.

Sellevold (1980) observó diferencias entre los esquimales y los europeos que vivían en el norte de Europa. Aunque compartían el mismo medio físico, mostraban diferencias en la morfología, grado de desarrollo, posición, longitud o superficie. Ossenberg (1981) opina que la influencia genética del torus mandibular es indirecta, y que estas formaciones son originadas primariamente por la oclusión dentaria.

2. Reacción funcional al estrés masticatorio. El estrés masticatorio, asociado a cargas funcionales estimula el crecimiento del torus. Eggen (1989), concluye que los individuos que tenían torus mandibulares presentaban un mayor número de dientes en sus arcadas dentarias. Esto sugiere que las fuerzas funcionales de los dientes son requeridas para mantener esta estructura. Encontró que en personas sobre los 50 años de edad, disminuía la presencia del torus debido a la falta de piezas dentarias presentes en boca. En el mismo estudio observó que las mujeres tienen menos frecuencia en la aparición de los torus por su menor fuerza masticatoria y porque presentaban menos dientes.

Johnson (1959) y Eggen (1989) observaron una relación entre la estructura facial y la presencia del torus mandibular. Ambos estudios consideraron que una persona con estas formaciones presentaban un buen rasgo en el desarrollo facial con un fuerte desarrollo de la mandíbula. La forma del ángulo

de la mandíbula se asocia a la presencia de torus de manera que mandíbulas de ángulos agudos y cortical normal se ven asociadas más que aquellas de ángulos redondeados u obtusos con una cortical mandibular desgastada (Cortés y cols., 2014).

Ramfjord y Ash (1983) establecieron que pacientes con bruxismo, tenían un alto número de torus mandibulares. Ossenberg (1981) concluyó que la edad, el sexo, las diferencias en los lugares de localización, población, distribución, asociación con otras hiperostosis orales y evidencias clínicas; todas, apoyan la hipótesis de que un factor esencial existe para la formación del torus mandibular y este factor esencial es el estrés masticatorio. El mecanismo que proponía esta autora era que las fuerzas horizontales vuelcan los dientes inferiores, desde el primer molar hasta el canino, por lo que los ápices radiculares ejercerían presión sobre el ligamento periodontal, causando la formación de nuevo hueso en la cortical interna del hueso alveolar.

3. Influencias medioambientales. Según esta teoría una población que se alimenta con una dieta dura tendrá una mayor formación de torus mandibulares (Pynn y cols., 1985). Las poblaciones del círculo polar ártico tienen una mayor incidencia de torus mandibulares, debido a que su dieta era más dura que aquellas poblaciones que se localizaban más al sur, con una dieta más blanda (Mayhall y cols., 1970; Mayhall y Mayhall, 1971). Hrdlicka (1940) manifestó que el gen que expresa el torus mandibular lo tenemos todos, pero que es el ambiente el que al final determina su expresión o no. Sofaer (1967) postuló un umbral para la expresión de esta formación. De hecho creyó que la herencia determinaba la presencia o ausencia del torus y su morfología, mientras que el ambiente determinaba si el umbral para la expresión será excedido. Eggen (1989) estableció que en la aparición del torus mandibular, el 30% era determinado por la expresión genética y el 70% era debido a la influencia medio ambiental, que estaría relacionado con las fuerzas oclusales.

Aunque se considera que es de origen multifactorial, al raza como factor genético y la influencia de factores ambientales es la teoría más admitida (Sathya y cols., 2012; García-García, 2010). En cambio otros autores consideran que su origen genético es en un 29,5% de los casos y un 70% es debido a factores ambientales en concreto al estrés oclusal (Eggen y cols., 1989).

Otras hipótesis menos reconocidas relacionan la aparición de torus con la existencia de ciertas enfermedades como la hipertensión o carencias vitamínicas, consumos de ciertos medicamento como suplementos ricos en calcio, e incluso a una alimentación rica en pescado por su contenido en omega 3 (Morrison y cols., 2013).

Recientemente Rodríguez-Vázquez y cols. (2013) han establecido una nueva hipótesis sobre el origen del torus durante el desarrollo embrionario y fetal de la mandíbula. Existe un periodo crítico en que la osificación endocondral del cartílago de Meckel coincidiría con un cambio en la morfología de este cartílago del primer arco branquial, que se localizaría en un área concreta de la mandíbula en desarrollo a nivel del canino y primer molar deciduos. El cartilago de Meckel presenta una doble curvatura: una cráneo lateral y otra medio lateral. Esta disposición especial (en forma de curva) del cartílago de Meckel fue observada por Bolender y cols. (1972) y también por Rodríguez-Vázquez y cols. (1997).

Es conocido que el cartílago de Meckel contribuye a la formación de la región anterior de la mandíbula (Bertolini y cols., 1967; Bolender, 1972; Friant, 1957, 1958; Goret-Nicaise and Dhem, 1983). Esta contribución en la formación mandibular se lleva a cabo en una zona bien definida entre el orificio mentoniano y la región medioventral de la mandíbula, caudal y dorsalmente a los incisivos centrales deciduos (Rodríguez-Vázquez y cols., 1997). Esta forma de osificación del cartílago de Meckel determina que había restos de cartílago sin osificar en la lámina dorsal de la sínfisis mandibular denominada "chondriola

symphysea” (Rodríguez-Vázquez y cols. 1997) y que una vena se había formado, la vena de Serres, la cual sirve como drenaje venoso para el proceso de osificación endocondral del cartílago de Meckel en esa zona (Bertolini y cols., 1967; Rodríguez Vázquez y cols., 2011).

Sperber (1989) ha señalado que la mandíbula se encuentra dividida en varias subunidades. Como eje de todo el conjunto se encontraría el hueso basal, al que se añadirían las futuras apófisis alveolares y coronoides; y los futuros procesos condilares y mentón. El patrón de crecimiento de cada una de estas subunidades vendría determinado por:

- a) Las raíces dentarias, para la futura apófisis alveolar.
- b) La matriz funcional (músculos):
 1. Músculos Temporales: Apófisis coronoides.
 2. Músculos Maseteros y Pterigoideos Mediales: Proceso angular y rama de la mandíbula.
 3. Músculos Pterigoideos Laterales: Proceso condilar.

De este modo la mandíbula aparece en el adulto como una unidad.

Igualmente Sperber (1989) señala que la osificación comienza desde un centro primario localizado caudal y rodeando al nervio dentario inferior y su rama incisiva; y también craneal al dentario para dar apoyo a los dientes deciduos en formación. Con respecto a la formación del cuerpo y la rama de la mandíbula existe una osificación intramembranosa anterior y posterior a las mismas. Por tanto, el cartílago de Meckel va a ser envuelto e invadido por esta osificación. Esta osificación llegará dorsalmente hasta el lugar donde se formará la futura línula, y también donde el Meckel se continuaba con el oído medio. El hecho de que el ramo neurovascular esté presente, da lugar a la formación del agujero y canal mandibular y al orificio mentoniano.

Según Gaspard (1978) el embrión humano está formado por dos hemimandíbulas y éstas se fusionan hacia el final del primer año o incluso en algunos meses posteriores (Maroteaux, 1982). Es ahora cuando la mandíbula es un hueso impar, simétrico y medio. En la sínfisis mandibular (área de unión de las dos hemimandíbulas) presenta mayor controversia con respecto a los múltiples elementos y factores implicados en su formación.

Los arcos branquiales, faríngeos o viscerales son el origen de la mandíbula. El número de estos arcos que se localizan en la pared anterior del tubo digestivo, de ahí el nombre de viscerales, varía según los vertebrados. Cuando los vertebrados son superiores, el número de arcos disminuye. De ahí que en los mamíferos solo puedan observarse cinco. El primer y segundo arco faríngeo formarán parte del esqueleto óseo de la cabeza. Segmentos de los dos primeros junto con segmentos de los arcos siguientes formarán elementos del cuello en el adulto. La morfología y evolución del primer y segundo arco han sido actualizados por Rodríguez-Vázquez y cols. (1992, 1997, 2006) y Rodríguez-Vázquez (2009).

El cartílago de Meckel se encuentra a cada lado del arco mandibular o primer arco branquial y lo acompaña desde la cápsula ótica en desarrollo en su parte cráneo-dorsal, hasta la sínfisis mandibular en su porción más ventral. Recibe su nombre de J. Friedrich Meckel (1820) primer autor en distinguirlo, aunque fue observado previamente por Kerkring (1670-1671) en un feto humano de cinco meses. Esta formación debido a su origen, disposición, destino, posibles transformaciones y función, ha suscitado diversidad de opiniones. Opiniones, incluso son contradictorias entre sí, debido a que esta estructura sufre diversas transformaciones según las regiones en las que se dispone. Es, igualmente, un cartílago que filogenéticamente está marcado por transformaciones graduales en su desarrollo.

Meckel (1820) describió al cartílago del primer arco branquial como una banda cartilaginosa localizada en el lado medial de la mandíbula con un origen en el martillo, futuro hueso del oído medio, se dirige ventralmente pasando entre el anillo timpánico y el peñasco del temporal, o en sus propias palabras: "La diferencia más sorprendente que presenta el martillo, consiste en la existencia de una apófisis cartilaginosa dirigida hacia delante, en forma de cono bastante alargado. Nace esta apófisis de su parte anterior y llegando a la cara interna del maxilar inferior, se extiende hasta la extremidad anterior de este hueso. Este cartílago no se osifica, aunque al principio forma la mayor parte del hueso: desapareciendo al 8º mes". Serres (1827) observa, describe y confirma la presencia de este mismo cartílago y lo nombra como "maxilar inferior temporal". Para Reichert (1837), el "proceso de Meckel", es el segmento más bajo del primer arco visceral cartilaginoso; y está relacionado íntimamente con la mandíbula, de tal manera que la osificación de este cartílago comienza en la décimo-octava semana, en su parte más craneal, extendiéndose hacia abajo. El tramo que se relaciona con la mandíbula puede ser reabsorbido, o bien puede osificarse, quedando incorporado a ella. Sin embargo Reichert, al contrario que Meckel, considera al proceso anterior del martillo como un residuo craneal osificado del cartílago del primer arco branquial.

Magitot y Robin (1962) observan que:

- a) En el embrión humano de 15 a 18 días, el primer arco visceral se encontraba constituido por dos tubérculos que no presentan ningún cartílago.
- b) En el embrión humano de los días 25 al 28, los dos tubérculos se unen, apareciendo en el centro del arco mandibular una pequeña tira cartilaginosa.
- c) La atrofia del cartílago de Meckel en el hombre comienza hacia la primera mitad del 4º mes de vida intrauterina, iniciándose en la parte media de la porción que acompaña al maxilar inferior, dividiendo rápidamente al cartílago en dos porciones: anterior o sinfisaria y posterior.

- d) Hacia la mitad o final del 6º mes, solamente queda una pequeña porción correspondiente al extremo sinfisario, la cual poco a poco se atrofia, sin tomar parte en la soldadura de las dos mitades de hueso. Por otra parte en el ángulo entre el cartílago y el mango del martillo se desarrolla una pequeña prolongación, al principio cartilaginosa, que constituirá la apófisis delgada.

Strelzoff (1873) y Parker (1874), exponen en sus trabajos que el cartílago de Meckel no interviene en la constitución de la mandíbula. Brock (1876) observa una reproducción rápida de las células del cartílago de Meckel en embriones (fetos) de cerdo de 11 a 13 mm., y no encuentra indicios de osificación en él. Sin embargo Masquelin (1878) concluye que el cartílago del primer arco colabora en la formación de la mitad anterior de la porción alveolar de la mandíbula: en primer lugar por su lámina pericondral y, posteriormente, por su osificación indirecta de las porciones de cartílago que no son completamente reabsorbidas. Este estudio lo realiza sobre embriones humanos de hasta 170 mm. de longitud CRL.

Fawcett (1905) y Orban (1944), opinan que el cartílago de Meckel colabora en la formación mandibular ventral al presentar una osificación endocondral. Lehner y Plenk (1936) proponen que la porción posterior de este cartílago se transforma en hueso por osificación endocondral, aunque estos autores alertan sobre que el Meckel evoluciona de manera diferente a la que lo haría un elemento esquelético cartilagosamente preformado.

Llama la atención la opinión de Dubreuil (1929) al sostener que el extremo ventral del cartílago se osifica para luego ser destruido. Como este autor señala: "El cartílago de Meckel no desaparece por condrolisis, sino que sufre un proceso de osificación endocondral, produciéndose rápidamente fenómenos osteoclasticos que eliminan este tímido ensayo endocondral". Así mismo en su porción media, desde el orificio mentoniano hasta la pared petrosa, el cartílago

desaparece hacia el 8º mes sin dejar señal alguna según los procesos ordinarios de condrolisis.

Otro aspecto a tener en cuenta en relación a los procesos que sufre el cartílago de Meckel desde su formación hasta su madurez es su posible relación con elementos cartilaginosos que se presentan en la sínfisis mandibular en desarrollo.

En 1849 Kölliker observa los procesos de calcificación del Meckel en la sínfisis mandibular en el feto humano de 75mm de longitud CRL. A esta área la denominó "Chondriola Symphysea". Kölliker (1849), Henneberg (1894), Drüner (1904); Fuchs (1909) y Fischel (1929) consideran al cartílago de la sínfisis como derivados del cartílago de Meckel. Sin embargo Stieda (1875) y Schaffer (1930) señalan que estos cartílagos accesorios, que así es como los denominan, son estructuras independientes. Para Schaffer (1930) son estructuras formadas a partir de condiciones locales de crecimiento.

En cuanto al significado morfológico y funcional del cartílago sinfisario, Jara Cruz (1949) coincide con Schaffer (1930) en que debe interpretarse como cartílago secundario, es decir, que se origina sin relación manifiesta con el esqueleto primordially cartilaginoso. Para él, el aumento de la presión que las hemimandíbulas realizan en sentido interno da lugar a la necesidad de tener este espacio. Espacio que anteriormente solo estaba ocupado por tejido conjuntivo, que es más apto para resistir tal aumento de presión. Ésta sería la causa por la que el organismo origina dicho elemento cartilaginoso en la región sinfisaria, la cual constituye una zona de crecimiento activo en la mandíbula. Para Maronneaud (1948 y 1952), el cartílago de Meckel desaparece completamente destruido por procesos de osificación directa o por condrolisis.

En cuanto al estudio histológico del crecimiento de la mandíbula realizado en ratas, Bhaskar (1953) y Bhaskar y cols. (1953), con respecto al Meckel afirman que éste se diferencia del mesénquima de la región media del proceso mandibular, creciendo desde la región mencionada de la mandíbula hacia delante y hacia atrás. Los dos cartílagos se reúnen en el extremo anterior del proceso mandibular a los 16 días de inseminación, formando una estructura que denominan "proceso rostral" que intervendrá en el crecimiento activo hacia delante de la mandíbula. Más tarde esta fusión ventral de los cartílagos de Meckel sería confirmada en el ratón por Frommer y Margolies (1971).

Para Rengel Sánchez (1954), el cartílago de Meckel no es una formación transitoria en el curso del desarrollo de la mandíbula, sino que interviene activamente en este proceso entre la 10ª y 15ª semanas de vida intrauterina. Para este autor la participación del cartílago de Meckel en la osificación de la porción anterior de la mandíbula es fundamental.

Friant (1957a, 1957b, 1958a, 1958b y 1958c) estudia la evolución y procesos de osificación del cartílago de Meckel en el Hámster Dorado (*Mesocricetus auratus*), la Talpa (*Talpa europaea* L.), en un feto humano de cinco meses de edad y en un embrión humano de 23 mm. de longitud CRL. Este autor concluye diciendo: "Las divergencias tan numerosas de los anatómicos con respecto a la desaparición del cartílago de Meckel se deben, al menos en parte, al hecho de que ese cartílago se hace tejido conjuntivo antes de calcificarse, en algunos mamíferos arcaicos (Talpa), mientras que en otros, evolucionados, como los roedores, su osificación se constituye directamente, a partir de ese mismo cartílago: es decir una osificación endocondral".

O'rahilly y Gardner (1965) indican que los cartílagos de Meckel se condrifican en los estadios 18-19, aproximándose al plano medio en el estadio 20 (sin fusión en el periodo embrionario), sufriendo una hipertrofia en el 23 y la osificación endocondral no se produce hasta el periodo fetal.

Charlier y cols. (1967) observan cómo la porción anterior del cartílago de Meckel presenta todas las características histológicas e histoquímicas de una verdadera osificación endondral. Además en el cartílago de Meckel, como en todo cartílago de conjunción, la intensidad de la fluorescencia que presenta la tetraciclina fijada en las trabéculas óseas es directamente proporcional a las cantidades de calcio depositadas durante la administración de este antibiótico. Estos autores estudian la extremidad ventral del Meckel de la rata recién nacida mediante técnicas histológicas e histoquímicas.

Para Bertolini y cols. (1967), en el curso del cuarto mes fetal, el estuche óseo pericondral estrangula las prolongaciones anteriores de los cartílagos de Meckel que no se han modificado. Estos cartílagos se disponen, hasta el periodo de recién nacido, en el tejido conjuntivo de la sínfisis como "Chondriola symphysea". En contra de la participación de la Chondriola symphysea en el desarrollo de los "Ossicula mentalia", exponen las siguientes razones:

- a) La "Chondriola symphysea" coexiste temporalmente con los huesecillos del mentón cuando éstos aparecen en el curso del octavo mes fetal. Pudiendo demostrarse la presencia de ambos en el recién nacido.
- b) A las dos "Chondriola symphysea" se oponen cuatro "Ossicula mentalia".
- c) Las "Chondriola" se encuentran dorso-cranealmente en el tejido conjuntivo de las sínfisis, los "Ossicula", ventro-caudalmente.
- d) Las "Chondriola symphysea" han sido descritas en muchos mamíferos. Los "Ossicula" guardan relación con la formación del segmento del mentón en la mandíbula humana.

Friant (1968) estudia las transformaciones que experimenta el cartílago de Meckel en el hombre. Para ello divide a éste en dos zonas, labial y yugal, siendo su límite al canino temporal. En la parte labial, a nivel de los arcos

foliculares de los incisivos y caninos temporales, el cartílago de Meckel se transforma, a partir del segundo mes de vida embrionaria; se reabsorbe progresivamente a partir del tercero; y desaparece al nacimiento. En su porción yugal, detrás del canino temporal, el cartílago persiste. Por el contrario, y a partir del sexto mes de vida prenatal, sufre una osificación endocondral directa, al igual que los cartílagos de la base del cráneo.

Glasstone (1971) sobre la base de cultivos de segmentos de arco mandibular de ratones, tiene el objetivo de observar el desarrollo y la influencia del cartílago de Meckel; llegando a la conclusión de que influye en la histología y la morfología de la mandíbula. Así, corrobora estudios previos suyos (Bhaskar y cols., 1953; Bhaskar, 1953) y la obtenida anteriormente por Jacobson y Fell (1941), en su prospección sobre el desarrollo de la mandíbula del pollo: "los resultados muestran que el centro de proliferación condrogénica cumple no solamente una función histogénica, sino también morfogénica".

Melcher (1972), advierte que la reabsorción total del fragmento proximal del cartílago está vinculada a la actividad de los condrocitos y posiblemente de las células gigantes. Estos estudios son llevados a cabo en los cultivos de condrocitos del ratón.

En los estudios de Savosting-Asling y Asling (1973) sobre la reabsorción y calcificación de esta formación cartilaginosa aprecian que:

- En el 18º día fetal aparece una delgada lámina de hueso pericondral en el cartílago.
- En el 19º día fetal el cartílago aparece con hipertrofia condrocítica, ensanchamiento lacunar y matriz calcificada. Posteriormente los osteoclastos comienzan a eliminar hueso calcificado de la matriz. La pérdida empieza en la parte anterior y se extiende hacia adelante y hacia atrás a lo largo del segmento.

- En el día 21^o finaliza la reabsorción incluida la capa de hueso pericondral y está en marcha la reorganización del hueso intramembranoso hasta el nacimiento.

El cartílago de Meckel en el humano es una formación embrionaria que tiene la misma función que la mandíbula hasta que ésta le sustituya (Durst-Zivkovic y Davila, 1974). Sería el esqueleto primario del arco mandibular y en él se va a producir una osificación peri y endocondral. A lo largo del cartílago se origina el mesénquima mandibular en un área de osificación según la forma y la longitud del Meckel.

Para estos autores el "corpus mandibulae" participa de la siguiente manera:

- a) El hueso que se está formando por osificación intramembranosa se va a posicionar según la disposición previa del cartílago del primer arco.
- b) El hueso que se está formando en la base del cartílago por osificación peri y endocondral, se une al hueso de tejido conectivo.

Ratjova (1971; 1975), discrepa de los resultados de los trabajos de Friant. Este autor investiga sobre embriones y fetos de "Cavia porcellus" (cobaya) y "Ovis" (oveja) y "Capra" y emplea la misma terminología de Friant. Para Ratjova la presencia de espacios llenos de sangre en la porción labial y yugal que observa Friant en roedores, lo asocia con la reabsorción del cartílago. En la "Cavia porcellus", el tejido conjuntivo contribuye a la formación de la sínfisis mandibular y la región yugal del cartílago de Meckel (a nivel de premolares y molares), sufriendo una osificación parecida a la del hombre según Friant, aunque se reabsorbe una pequeña parte y se transforma en tejido conjuntivo. Por otro lado, en los fetos de oveja, el cartílago de Meckel desaparece como resultado de la osificación peri y endocondral, para formar parte de la pared medial del canal mandibular. En embriones y fetos de cabra, la mayor parte del cartílago igualmente desaparece por osificación endo y pericondral (segmento

labial), aunque parte del segmento yugal se convierte en tejido conectivo que posteriormente se osifica por desmogénesis. Tanto en unos como en otros, únicamente la parte más caudal del cartílago de Meckel (por detrás de la unión mandibular) desaparece, como resultado de la reabsorción.

En sus estudio de embriones y fetos humanos de 16mm a 162mm CRL Kjaer (1975) estudia la sínfisis mentoniana de la mandíbula y describe cinco etapas de desarrollo en base a la morfología y reacciones histoquímicas de la interzona (parte central de la sínfisis), formación endocondral del hueso y el cartílago de Meckel. Observa por primera vez la fusión bilateral del cartílago en la línea media, llamándola "conexión rostral". Bertoloni y cols. (1967) ya observaron la presencia de cartílago accesorio relacionado con el cartílago de Meckel. Este hecho fue constatado en algunos especímenes estudiados por Kjaer, pero encontró formaciones cartilagosas en el periostio de la sínfisis localizadas en el lado lingual y no labial como afirmaban Bertoloni y cols. (1967). La fusión de los cartílagos de Meckel tienen lugar en el estadio II, al mismo tiempo que se produce la mineralización endocondral del cartílago de Meckel a nivel del canino temporal. La "conexión rostral" desaparece en el estadio III, debido a tres posibles causas:

- A una degeneración de las células cartilagosas por los procesos de mineralización de la matriz que han llegado hasta la línea media por ambos lados;
- A la gran actividad de crecimiento en las superficies óseas de la sínfisis que han traccionado de los extremos de los cartílagos fusionados;
- A una elevada presión en la interzona consecuencia de la invasión vascular.

Goret-Nicaise (1982 y 1984a), en relación a la sínfisis mandibular y sus características morfológicas en el neonato afirma: "La existencia de cartílagos secundarios, tejido condroide, huesecillos del mentón y chondriola symphysea convierten a la mandíbula en un hueso excepcional. Todas estas particularidades del desarrollo mandibular determinan la forma de ésta al nacimiento".Goret-Nicaise y Dhem (1982) y Goret-Nicaise (1984b) y Goret-

Nicaise y Dhem (1985), confirman la existencia en la sínfisis mandibular de un tejido semejante al cartílago de Meckel pero cuya mineralización era diferente y no tan densa como la del cartílago. Este tejido también está presente en la "ossicula mentalia" y en los extremos de las hemimandíbulas. Para ellos, el término adecuado es el de tejido cartilaginoso, postulando que, al igual que sucede en el tejido periostal adherido al hueso roto, la sínfisis mesenquimal puede producir cartílago, hueso trabeculado o tejido cartilaginoso; y que factores locales, como la isquemia temporal causada por un desarrollo insuficiente del lecho vascular, pueden, probablemente, explicar este hecho.

Los mecanismos de involución que subsisten en las zonas paracondilar y paramandibular del cartílago de Meckel han sido estudiados en la rata por Mülhauser (1983). Los macrófagos y células de tipo fibroblástico participan en la lisis de la sustancia fundamental. Una parte de los condrocitos se necrosan mientras que otra parte sufre una transformación en células cuya actividad es análoga a la de los fibroblastos. Similares observaciones fueron realizadas antes por Richany y cols. (1956) y Bhaskar (1976).

Goret-Nicaise y Dhem (1983) investigaron sobre la "chondriola symphysea", es decir, sobre los nódulos cartilaginosos en la región de la sínfisis mandibular. Cuarenta mandíbulas de fetos humanos y seis de recién nacido fueron estudiadas y observaron que:

- a) En fetos de 15 semanas el aspecto de los cartílagos es el típico de una osificación endocondral: medio-lateralmente presenta una zona de hipertrofia de condrocitos y otra de invasión célula-vascular.
- b) En un feto humano de cuatro meses observan la presencia de cuatro nódulos cartilaginosos, dos de ellos dispuestos simétricamente.

- c) Estos nódulos parecen que se aíslan progresivamente de los cartílagos de Meckel. Según las medidas que efectuaron a partir de los cortes seriados, los islotes meckelianos aumentaron regularmente de volumen a lo largo de la vida fetal. Este aumento se produce en la periferia del nódulo por un crecimiento aposicional con diferenciación de las células fusiformes, aunque al no encontrar ninguna mitosis no descartan que exista también un crecimiento intersticial.

- d) En el nacimiento, los signos de involución son evidentes. Las modificaciones principales se observan en la periferia de la “chondriola” que aparecen con un contorno irregular a manera de muescas.

Con respecto a estudios histoquímicos realizados en la rata por Granström y cols. (1988) determinan que el cartílago de Meckel presenta una osificación endondral en la parte anterior de la mandíbula. Así mismo, en cultivos de órgano utilizando el cartílago de Meckel, Richman y Diewert (1988) observan cómo los condrocitos del Meckel tienen capacidad para diferenciarse en osteocitos, osteoblastos y fibroblastos.

Rodríguez-Vázquez y cols. (1992) comprueban en el hombre que el cartílago de Meckel, al final del período embrionario, es una estructura continua que, situado por dentro de la mandíbula en formación, se prolonga hasta la región del oído medio, pasando por una amplia fisura tímpano escamosa fetal y relacionándose con importantes estructuras (Rodríguez-vázquez y cols., 1993a): medialmente con el nervio cuerda del tímpano, caudalmente con el “os goniale” (Rodríguez-Vázquez y cols., 1991) y lateralmente con fibras del disco de la articulación temporomandibular que se fijan en la zona de continuidad martillo-meckeliana (Rodríguez-Vázquez y cols., 1993a y b). Estos autores en sus trabajos delimitan las porciones posteriores del cartílago de Meckel (yuxtaarticular y timpánica) y observan la evolución que presentan cada una de ellas (Rodríguez-Vázquez y cols., 1992).

Oliarguet y cols. (1993a), estudian las relaciones entre el cartílago de Meckel y la morfogénesis de la mandíbula. Para ello examinan 25 embriones humanos. Las conclusiones fueron las siguientes con respecto a su desarrollo:

- a) Estadio 16: El cartílago de Meckel está formado. No ha comenzado la osificación membranosa.
- b) Estadio 20: comienza de la osificación membranosa bajo la forma de una fina banda cerca del cartílago.
- c) Estadio 23: Al final del período embrionario se constata la proximidad del cartílago de Meckel que le sirve de tutor. La mandíbula ósea, surco gingivo-lingual y la lámina dentaria están bien individualizadas

Justificación, Hipótesis y Objetivos

2.1 Justificación:

Tras el análisis bibliográfico realizado, continuamos los estudios ya realizados para contribuir al conocimiento del origen del torus mandibular en el hombre y si su origen sigue un patrón definido y específicamente si tiene alguna relación con los cambios morfológicos y estructurales que experimenta el cartílago de Meckel en el área del foramen mental durante una fase muy concreta del desarrollo de la mandíbula entre la 11 y 14 semanas de desarrollo, ya que hasta ahora estos aspectos han sido analizados independientemente, sin establecer la posible relación causal entre ellos en relación al origen del torus mandibular.

2.2 Hipótesis:

El origen del torus mandibular ha suscitado grandes controversias, existiendo fundamentalmente tres teorías que lo soportan: predisposición hereditaria, estrés masticatorio e influencias medioambientales. Sin embargo, nuestra hipótesis de trabajo es que su origen estaría relacionado con el desarrollo de la mandíbula y especialmente con todos los procesos que intervienen en la misma. En este estudio pretender determinar la posible relación causal entre ellos y el origen del torus mandibular.

2.3 Objetivos:

Como objetivos de este trabajo nos proponemos:

1. Estudiar la disposición del cartílago de Meckel en fetos humanos a nivel del área del orificio mentoniano de la mandíbula.
2. Observar las modificaciones que experimenta este cartílago y su relación con la osificación de la mandíbula desde la 11 semana hasta la 14 semana de desarrollo.
3. Demostrar y confirmar si el origen del torus mandibular sigue un patrón de desarrollo en su relación con la osificación de la mandíbula y cartílago de Meckel.
4. Aumentar el conocimiento sobre las modificaciones que experimenta una vez formado y las relaciones topográficas que mantiene con las estructuras de la cavidad oral.
5. Constatar y confirmar si el verdadero origen del torus mandibular está relacionado con el desarrollo prenatal de la mandíbula.

Materiales y Método

Para la elaboración del presente trabajo se han analizado 26 fetos humanos pertenecientes al Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid (Director: Prof. J.F. Rodríguez-Vázquez).

De los 26 especímenes estudiados, se eligieron 13 en base a su tamaño, edad, grado de conservación, tinción y a los datos que aportan para este estudio. Estos 26 especímenes están comprendidos entre los 57mm y 115 mm de longitud vértex-coccix (V-C), de 11 a 14 semanas de edad gestacional (Corliss, 1979; O'Rahilly y cols., 1981). El estudio se realizó de acuerdo con las disposiciones de la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Los especímenes, fueron fijados en formol neutro al 10%, siguiendo las técnicas habituales, por el servicio de laboratorio del Instituto de Embriología. A continuación se deshidrataron con etanol a concentraciones crecientes, aclarando con butanol o benceno. Fueron descalcificados en una solución de ácido tricloroacético al 5% disuelta en formol neutro al 15%. El tiempo de descalcificación varió según el tamaño del feto, oscilando entre diez días y un mes, para más tarde hacer su inclusión en parafina.

Posteriormente sobre los especímenes se practicaron secciones seriadas, transversales y frontales, con grosores variables de 10 a 25 μm , según el tamaño del espécimen. Estos cortes fueron teñidos según las técnicas de Mc'Mamus y Mowry (1968), con hematoxilina de Harris y eosina, azocarmín y Bielschowsky.

El material se examinó en un microscopio Nikon Eclipse 80i. Se hizo un estudio morfodescriptivo y se practiaron las microfotografías con cámara digital Nikon DS-L1.

Tabla 1. Abreviaturas de las figuras.

AD	Arteria dentaria inferior	ME	Nervio mentoniano
C	Germen dentario del canino	MH	Músculo milohioideo
CD	Cresta dentaria	MK	Cartílago de Meckel
CH	Chondriola Symphysae	ML	Lámina lateral de osificación intramembranosa de la mandíbula
CS	Conducto de la Glándula Sublingual	MM	Lámina medial de osificación intramembranosa de la mandíbula
DG	Músculo digástrico	N	Nervio dentario inferior
E	Extensión ó expansión de la lámina medial de la mandíbula	NI	Nervio incisivo
FM	Foramen mental	O	Osificación endocondral del cartílago de Meckel
GH	Músculo geniioideo	SG	Glándula submandibular
GI	Músculo geniogloso	SI	Sínfisis mandibular
IC	Germen incisivo central	V	Vaso sanguíneo
IL	Germen incisivo lateral	VS	Vena de Serres
L	Lengua	W	Conducto de Wharton
1M	Germen dentario del primer molar decidua		

Tabla 2. Especímenes estudiados.

SEMANAS	LONGITUD V-C (mm)	NOMBRE FETO	SECCIÓN
11	57	FE21	T
	57	B52	F
	58	Mu1	T
	62	B-403	F
	65	Be101	F
12	70	MR10	F
	72	F1	F
	74	HL30	T
	75	JR8	T
	76	Ca-7	F
	78	Esc 16	T
	80	JR6	F
13	83	BE3	T
	84	HL32	T
	85	BU23	T
	87	Be 501	T
	90	BE608	T
	93	BU18	T
	95	B207	F
	97	B-195	T
	100	B-6	T
14	101	Ca-8	T
	105	Be 502	T
	107	BU007	F
	113	B-62	F
	115	Ce-2	T

Abreviaturas: F, frontal; T, transversal.

Resultado

FETO HUMANO FE21 (57 mm)

11 SEMANAS DE DESARROLLO

Este espécimen humano de 57 mm, el de menor longitud V-C de la serie estudiada, fue seccionado en cortes transversales oblicuos. En las secciones a nivel de agujero mentoniano el cartílago de Meckel adoptaba una forma ovalada adyacente a la lámina interna de la mandíbula (Figs.1 y 2).

Sin embargo en la región anterior de la mandíbula, cerca de la sínfisis mandibular, los cartílagos de Meckel se encontraban rodeados parcialmente por un manguito óseo, a manera de una osificación pericondral, que desapareció en la zona de contacto entre Meckel y mandíbula; en este área el cartílago mostraba un cambio pues había una desestructuración cartilaginosa ya que los condrocitos del cartílago de Meckel habían degenerado dejando espacios para ser ocupados por vasos sanguíneos (Figs.3 - 7).

En el lado izquierdo y como consecuencia de la oblicuidad del corte y a nivel el agujero mentoniano, por donde emerge el nervio mentoniano, pudo observarse como la lámina interna de osificación intramembranosa de la mandíbula se extendía a manera de voladizo sobre la cara ventrocraneal del cartílago (Figs.3 y 5). Esta área se correspondía a la zona inmediatamente posterior a los cambios citoestructurales del Meckel.

Por otro lado aunque en este espécimen no se observó con claridad por la disposición de las secciones, el aspecto que nos mostraban los cartílagos de Meckel en esta zona, variaba extraordinariamente al compararlo con secciones posteriores, debido al cambio de dirección que experimentaron rostralmente, ya que se incurvan lateralmente ofreciendo por este motivo al corte frontal, una morfología alargada con un estrechamiento que nos corrobora este cambio (Fig.4). Compárese en la Fig.6 la morfología que tiene el cartílago de Meckel en uno y otro lado.

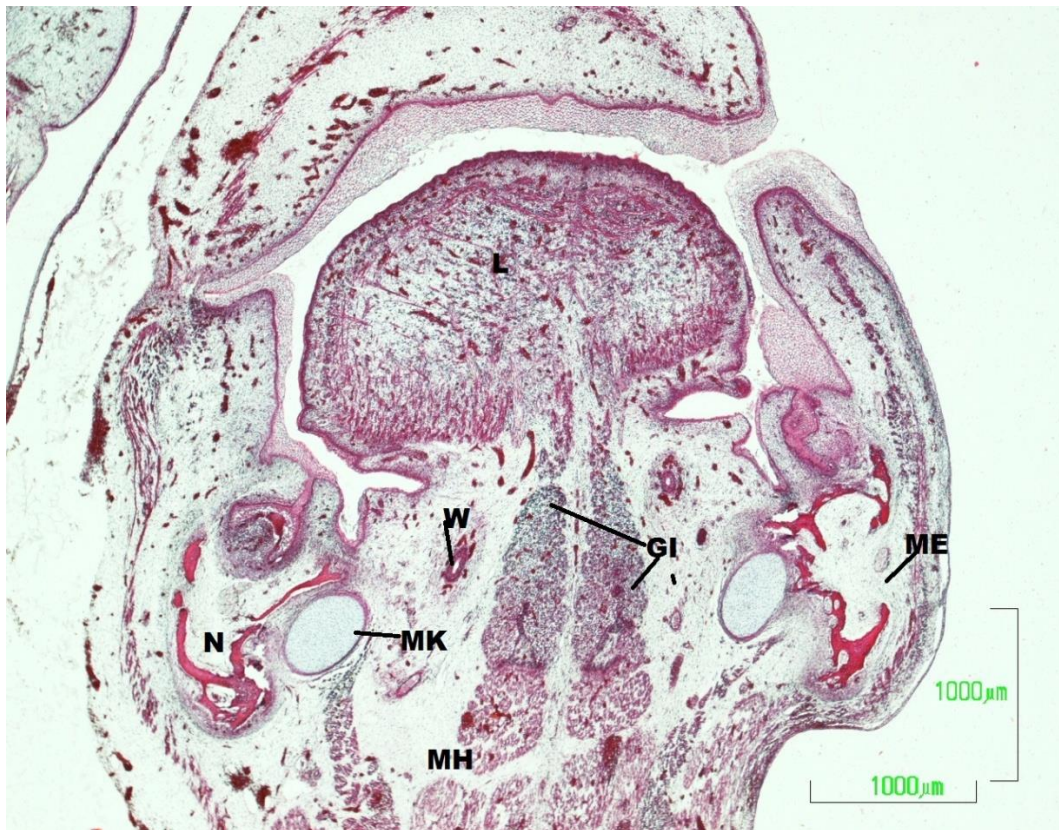


Fig.1

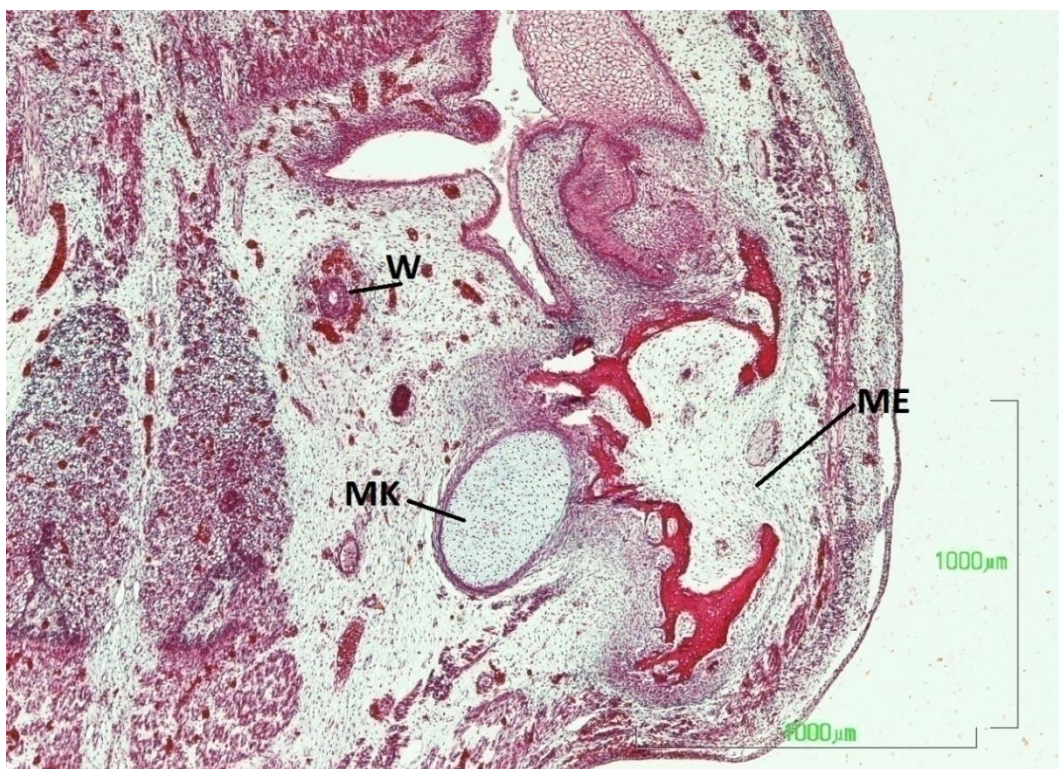


Fig. 2

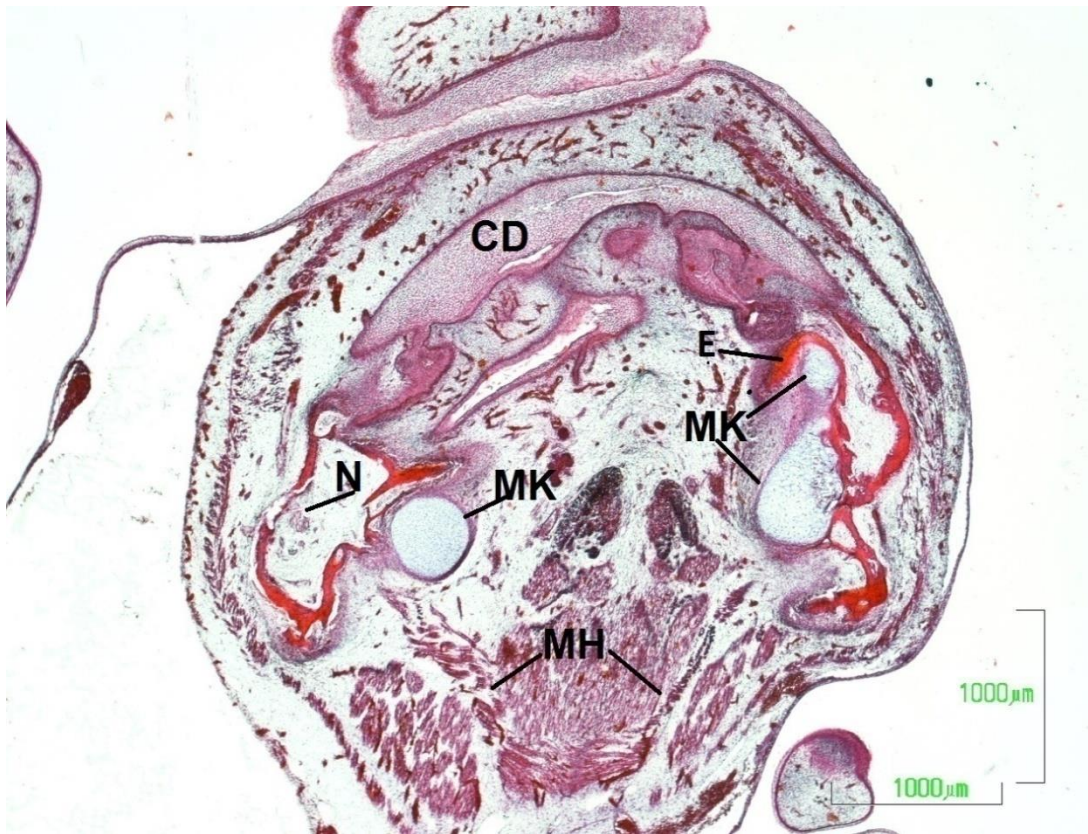


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

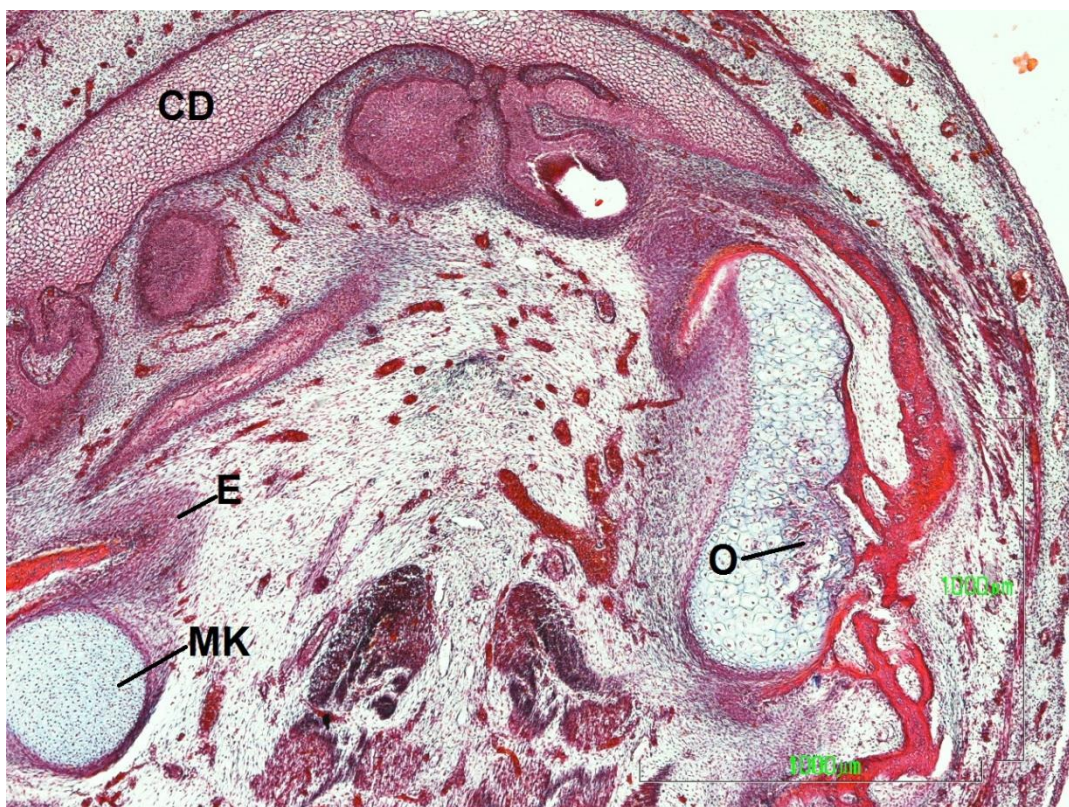


Fig. 6

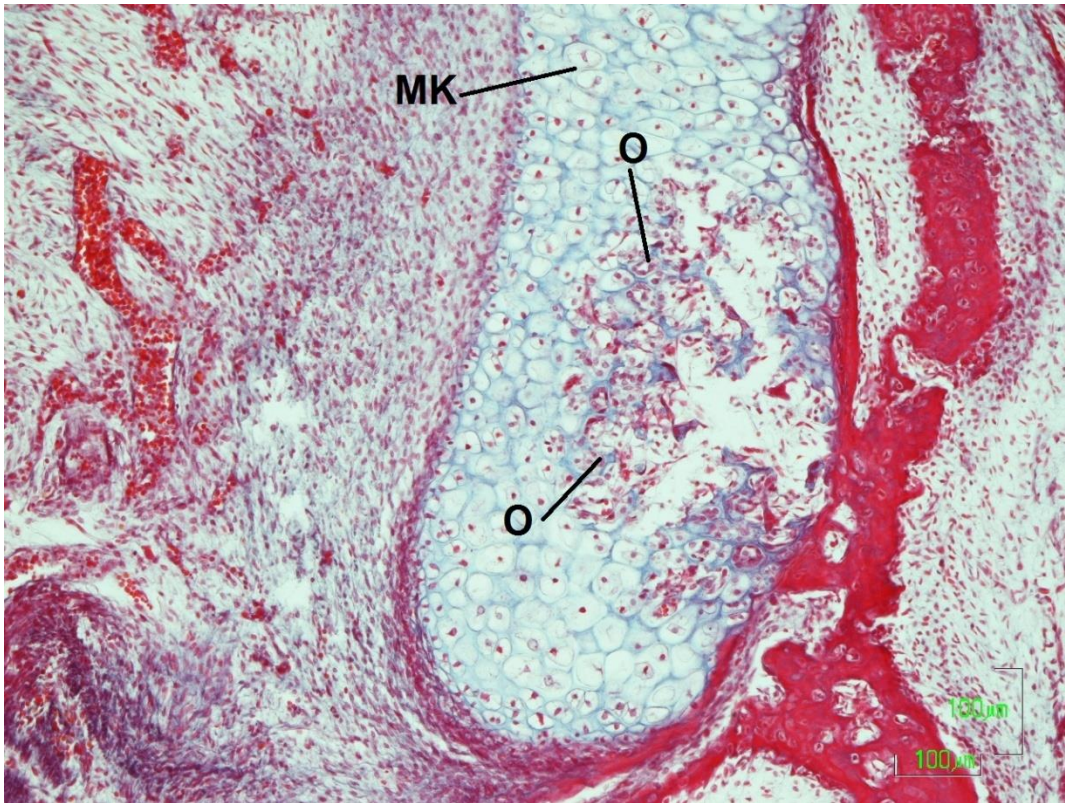


Fig. 7

FETO HUMANO B52 (57 mm)

11 SEMANAS DE DESARROLLO

Las secciones frontales, nos permitieron estudiar la morfología del cartílago de Meckel en el área donde este cambió su morfología para participar mediante su osificación endocondral en la construcción de la mandíbula.

En el área cercana o próxima al agujero mentoniano, el cartílago ofrece una forma alargada a la sección fruto del cambio de dirección o curvatura que experimentó (Figs.8 y 9). Primero se dirigía hacia afuera y arriba, formando una curva o inflexión, antes de quedar rodeado por los procesos de osificación intramembranosa de la mandíbula y experimentar una osificación endocondral. Esta flexión o codo se denotaba en las secciones por un estrechamiento que llegaba a separar en las secciones al cartílago de Meckel en dos partes (Figs.10 y 11). Coincidiendo con esta zona, se comprobó que la lámina medial de osificación intramembranosa de la mandíbula, presentaba una expansión que trataba de englobar al cartílago de Meckel y que era más evidente sobre la cara superior del cartílago (Figs.9, 10 y 11).

Ventral a este área el cartílago de Meckel quedaba incluido y englobado en la mandíbula, produciéndose en él los cambios citoestructurales que denotaban la osificación endocondral del mismo (Figs.12 y 13).

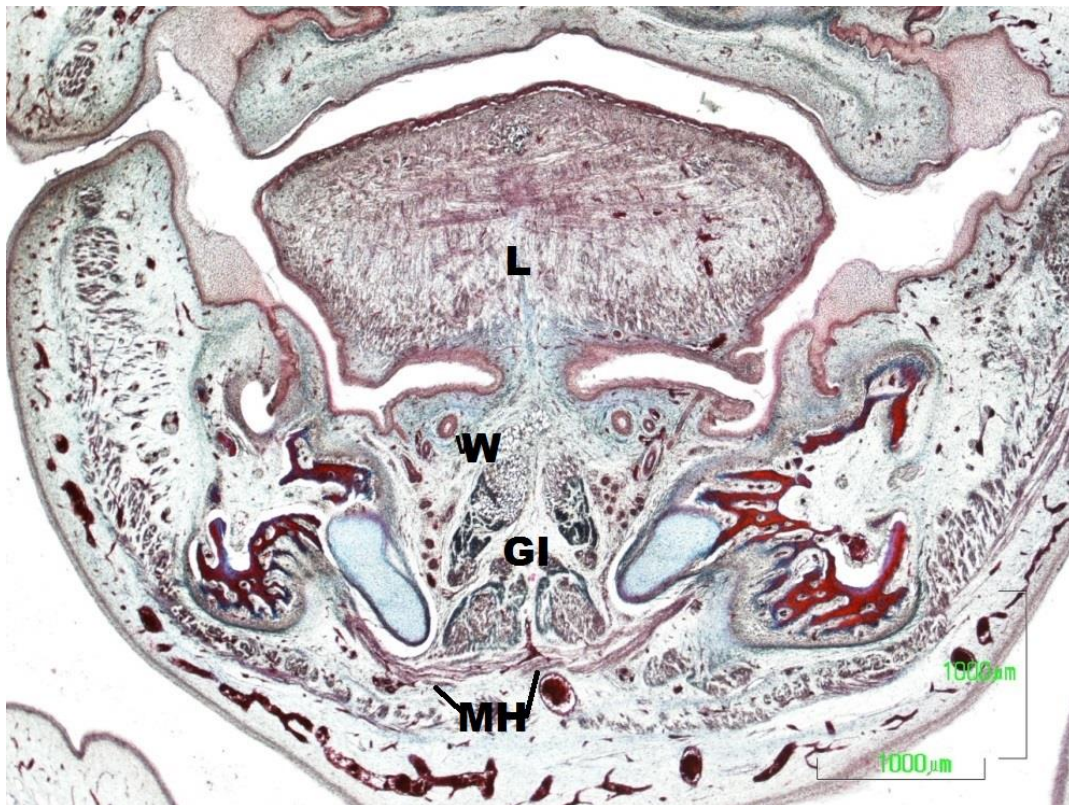


Fig. 8

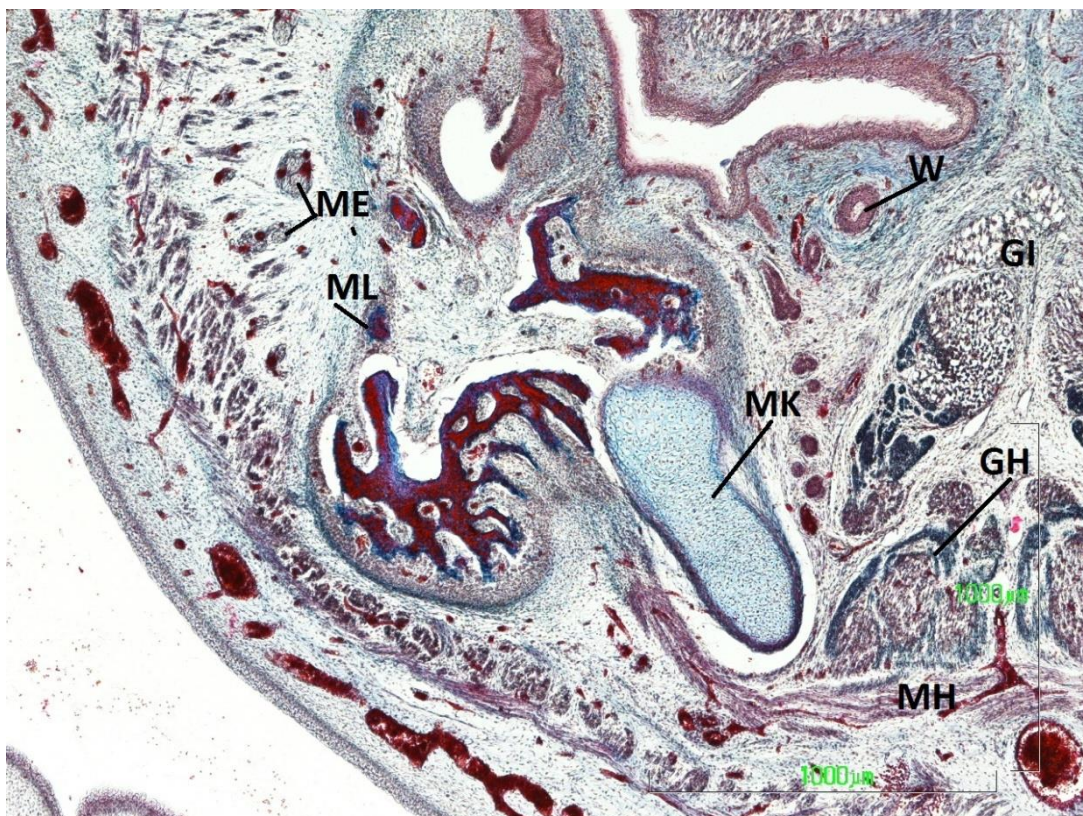


Fig. 9

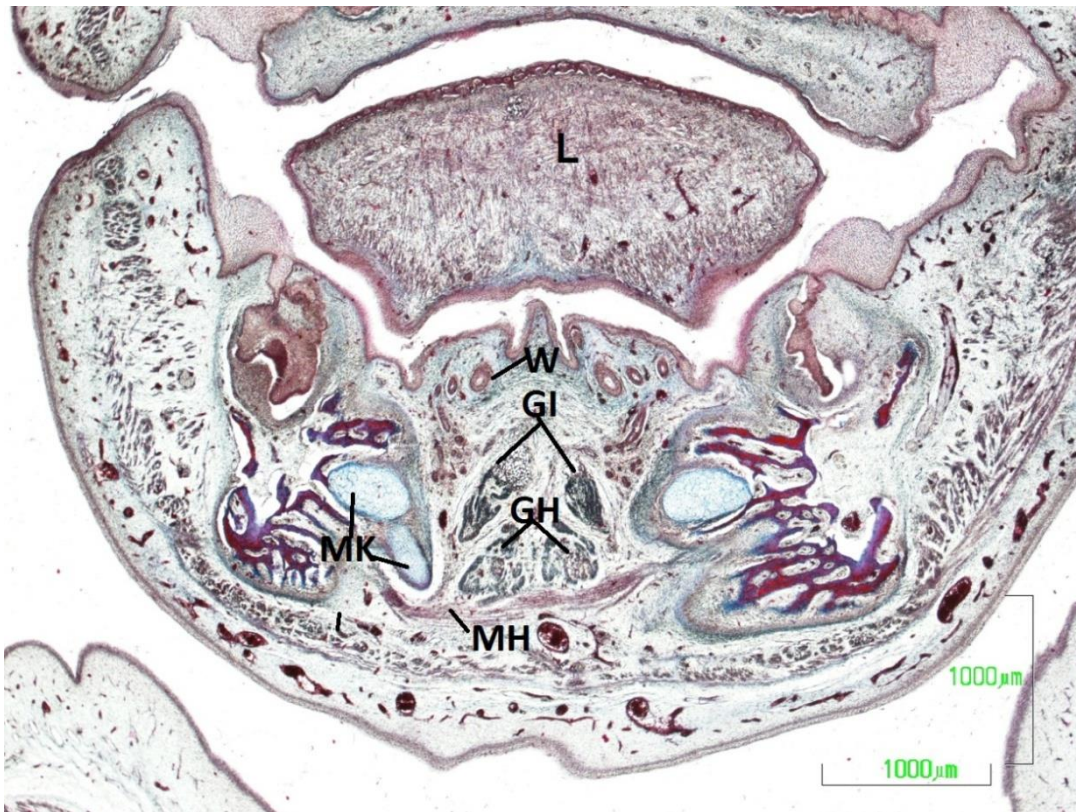


Fig. 10

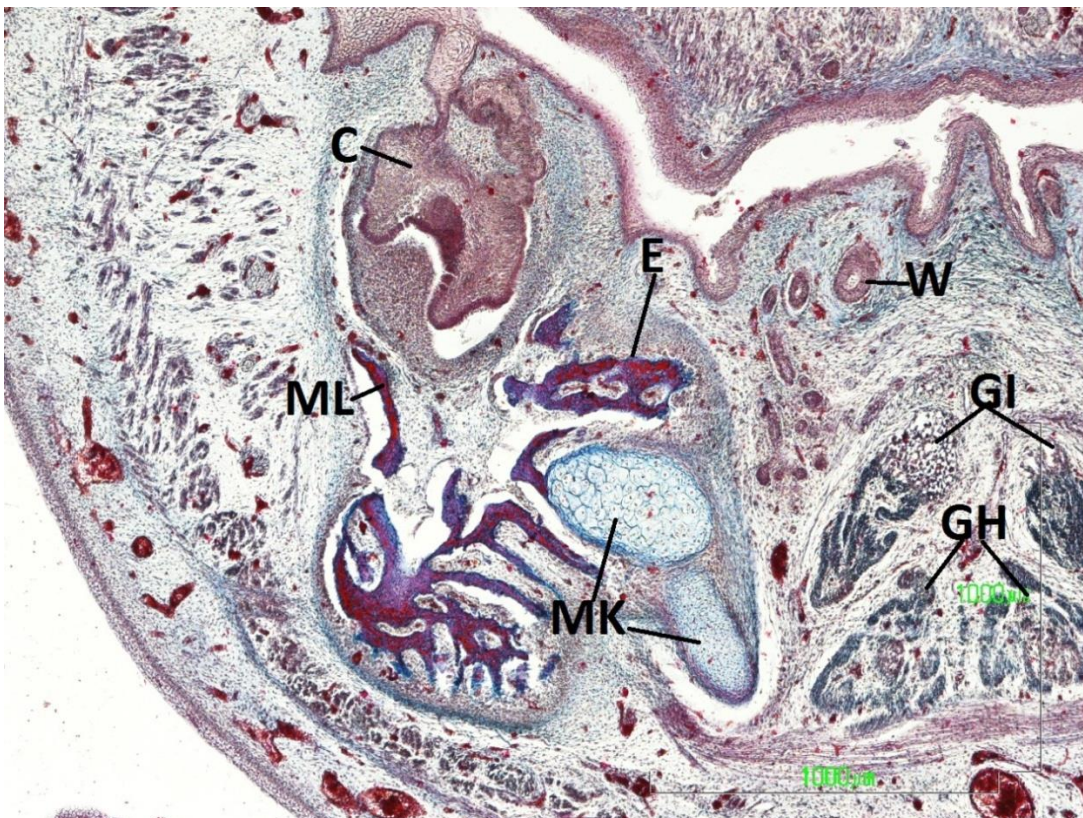


Fig. 11

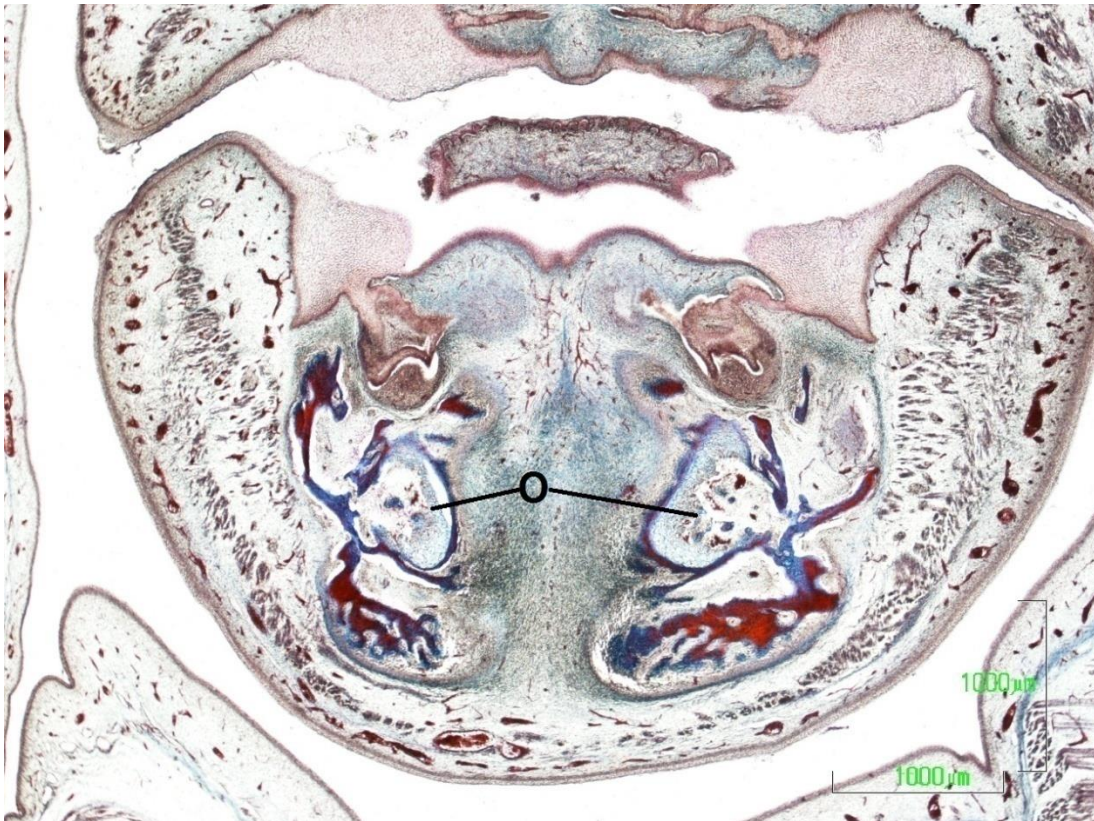


Fig. 12

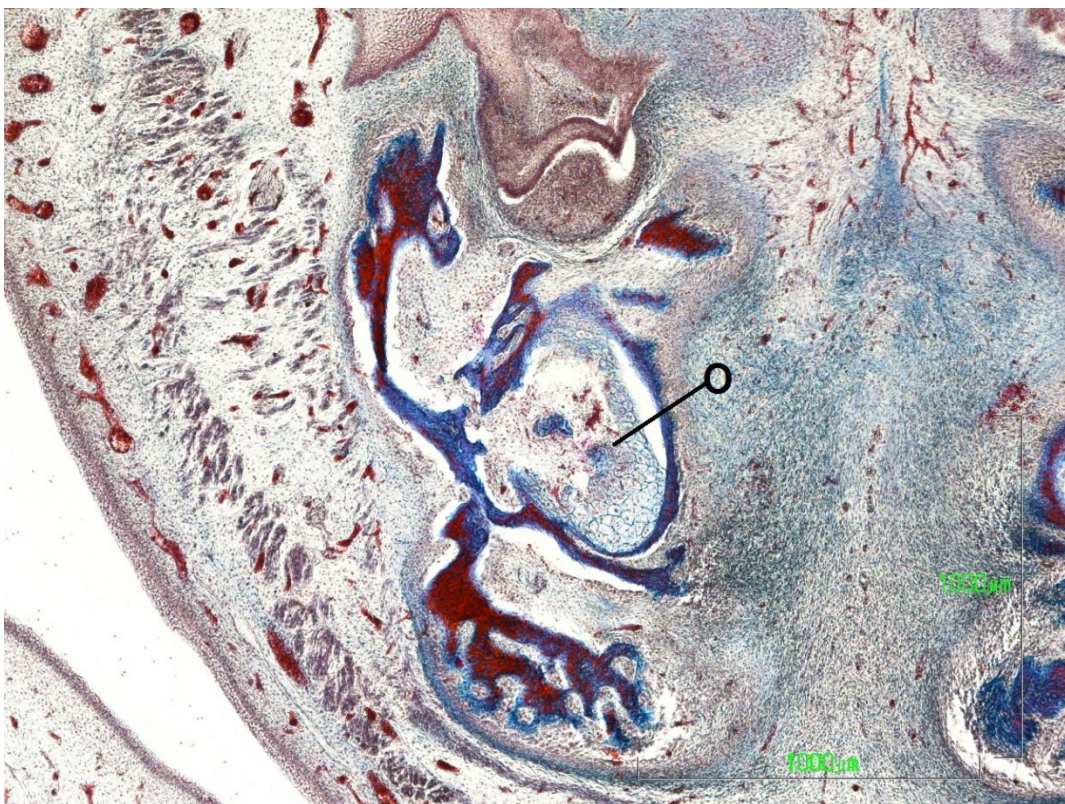


Fig. 13

FETO HUMANO B-403 (62 mm)

10 SEMANAS DE DESARROLLO.

El cartílago de Meckel a nivel del foramen mental, presentó a la sección frontal una forma casi redondeada, y se encontraba cubierto en sus caras craneal y caudal por una extensión de la lámina medial de la mandíbula. Esta lámina de osificación intramembranosa se extendía medialmente y a manera de pinzas trataba de englobar al cartílago (Figs.14 - 17). La disposición morfológica de la mandíbula descrita se correspondía con el segmento de cresta dentaria que se encontraba entre el germen dentario del molar temporal y el germen dentario del canino temporal (Figs. 16 y 17).

Ventralmente los cartílagos de Meckel presentaban una forma ovalada, de eje mayor oblicuo craneal y lateral. Esta morfología se correspondía con el cambio de orientación y dirección de los cartílagos una vez que se ha rebasado el orificio mentoniano y a nivel del germen dentario del canino temporal (Figs. 16 y 17). Es a este nivel topográfico de la sección donde se observó también los conductos de las glándulas submandibular y sublingual. La lámina medial ahora se extendía solamente por su cara craneal. Próximo a la lámina medial de osificación intramembranosa de la mandíbula, el cartílago de Meckel, presentaban unas características citoestructurales que denotaban el inicio de la osificación endocondral del mismo. Este hecho era coincidente también con la aparición entre las láminas de la mandíbula de la vena de Serres (Figs. 16 y 17).

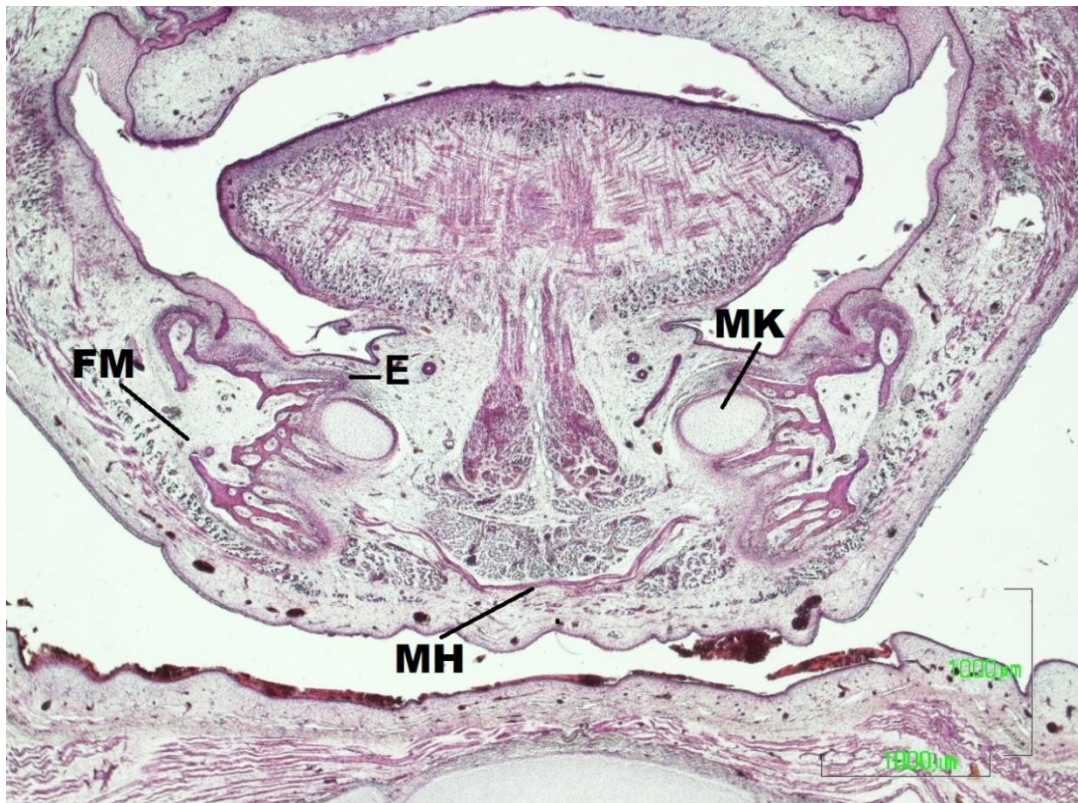


Fig. 14

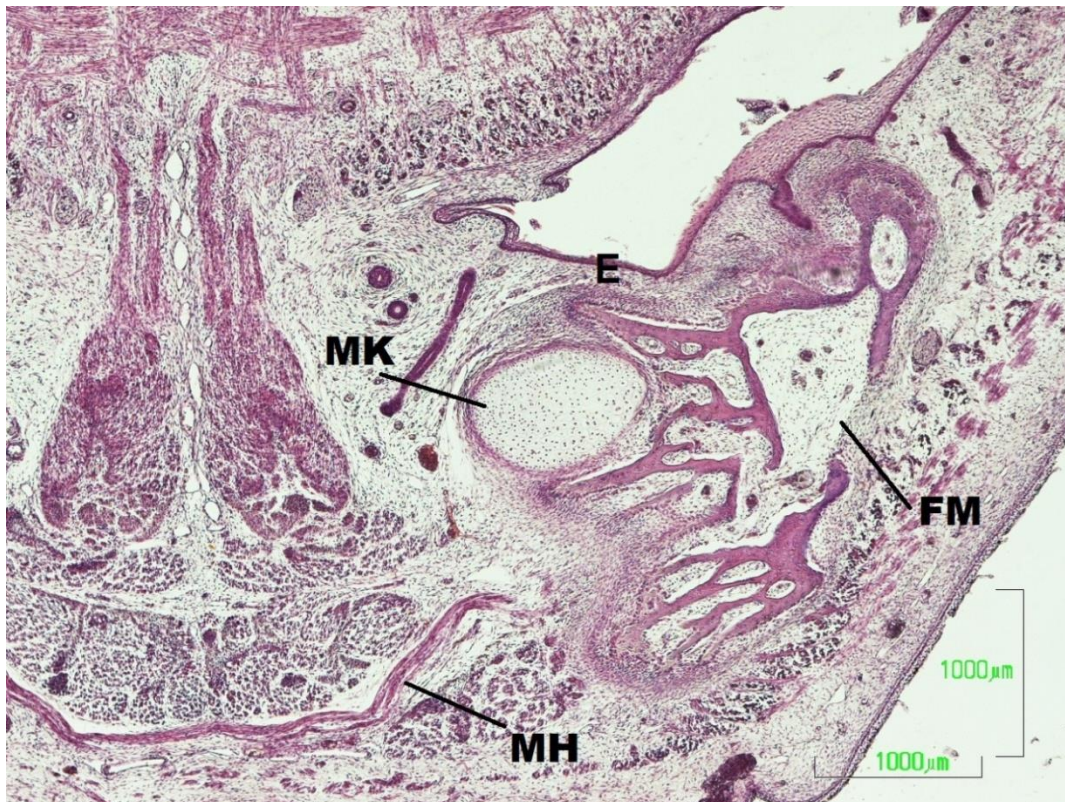


Fig. 15

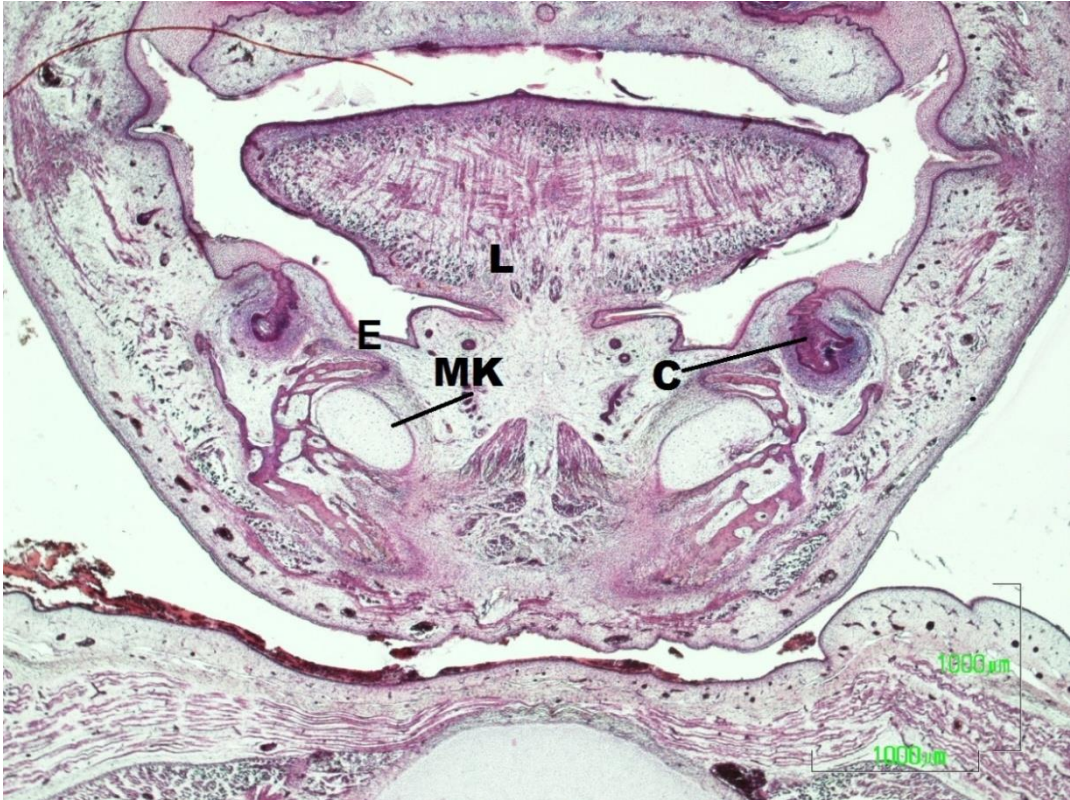


Fig.16

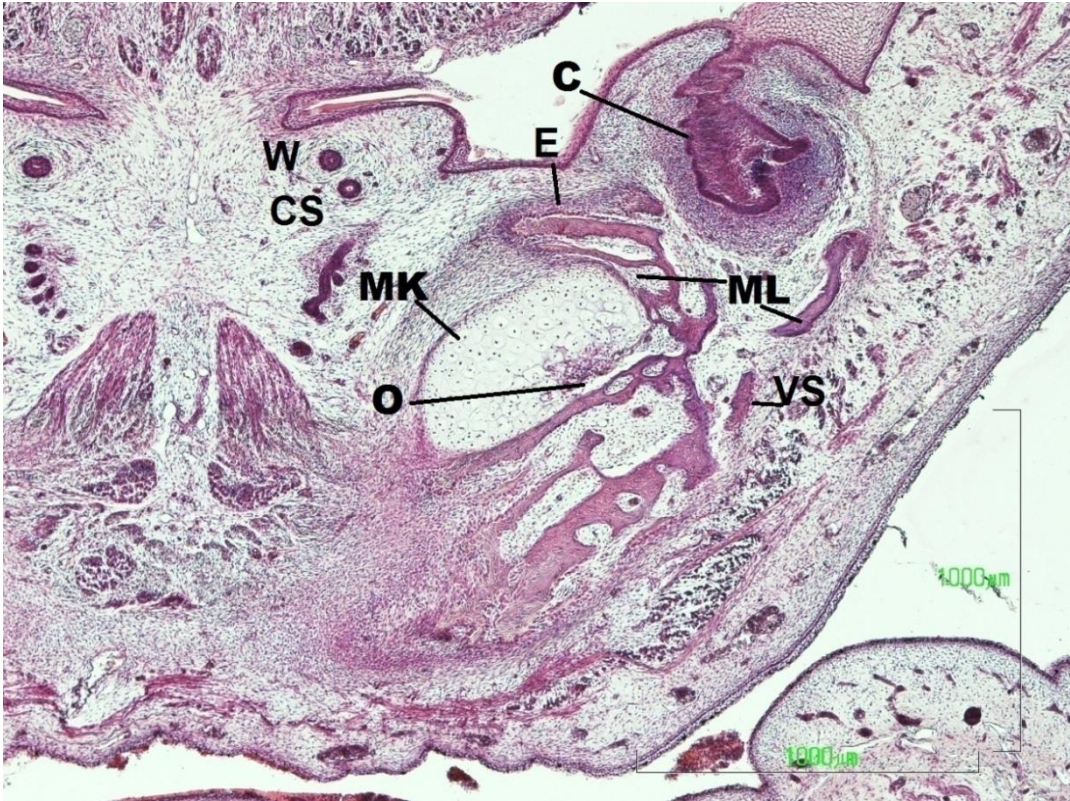


Fig.17

FETO HUMANO MR10 (70mm)

12 SEMANAS DE DESARROLLO

En secciones transversales durante esta etapa de desarrollo fue posible observar la morfología que presentaban los cartílagos de Meckel y la relación que tenían con la mandíbula. Los cartílagos de Meckel se localizaban medial a la mandíbula, relacionándose con su lámina interna (Figs. 18 y 19). Esta disposición era observada constantemente, dorsal al nivel del germen del primer molar temporal. Cuando el cartílago del primer arco branquial se encontraba a nivel del foramen mentoniano, entre el germen dentario del canino y del primer molar decíduo, su morfología experimentaba un brusco cambio. El cartílago de Meckel presentaba una doble curvatura (Figs.19, 20 y 21). La primera fuera de la mandíbula, sobre la cara interna de esta; la segunda curva (Figs.20 y 21) cuando el cartílago comenzaba a penetrar, o estar rodeado por la osificación de la mandíbula. En el área de penetración del Meckel en la mandíbula, esta presentaba una expansión que alcanzaba al cartílago (Figs.19 - 25).

El cartílago de Meckel, en ambos lados, se osificaba endocondralmente, rodeado por la osificación intramembranosa de la mandíbula (Figs.23, 24 y 25). Topográficamente esta osificación ocurría entre el área del foramen mental y el área de los gérmenes incisivos laterales deciduales. Ventralmente o en el área anterior del límite de la osificación, los cartílagos formaban otra curva, aunque menor que la comentada previamente. Los segmentos anteriores de los cartílagos quedaban aislados en la cara dorsal de la sínfisis, donde contactaban para formar la denominada Chondriola Symphysea o islotes meckelianos de Bolender (Fig. 21).

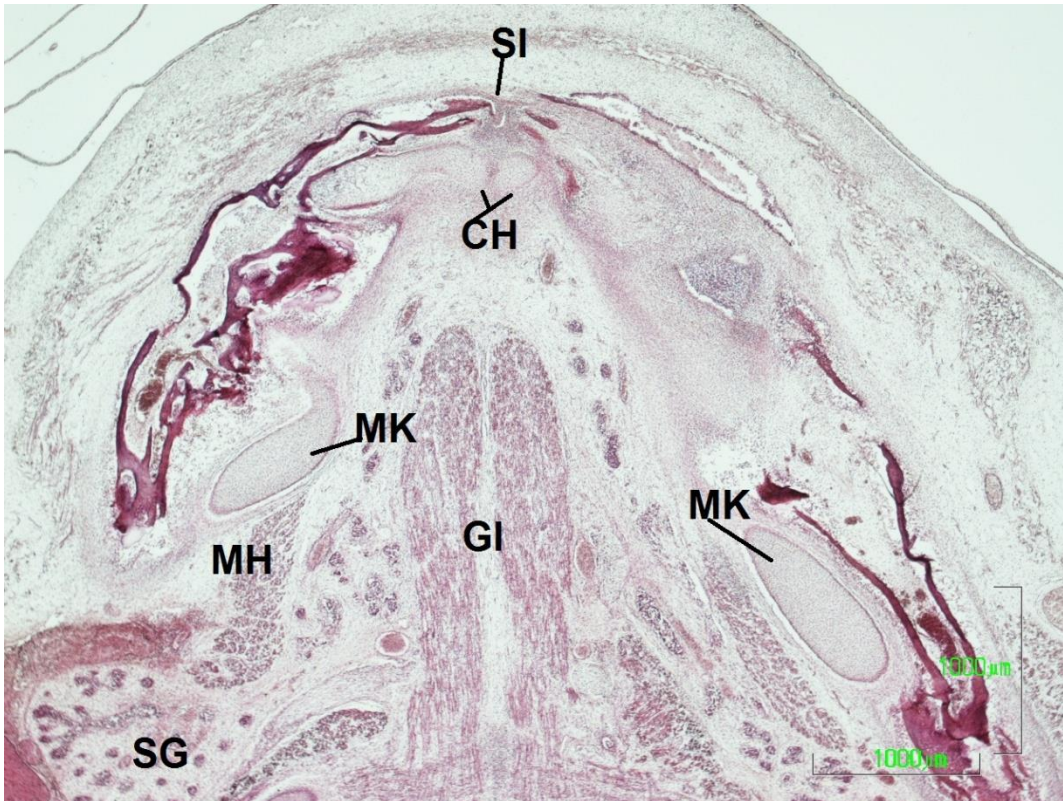


Fig. 18

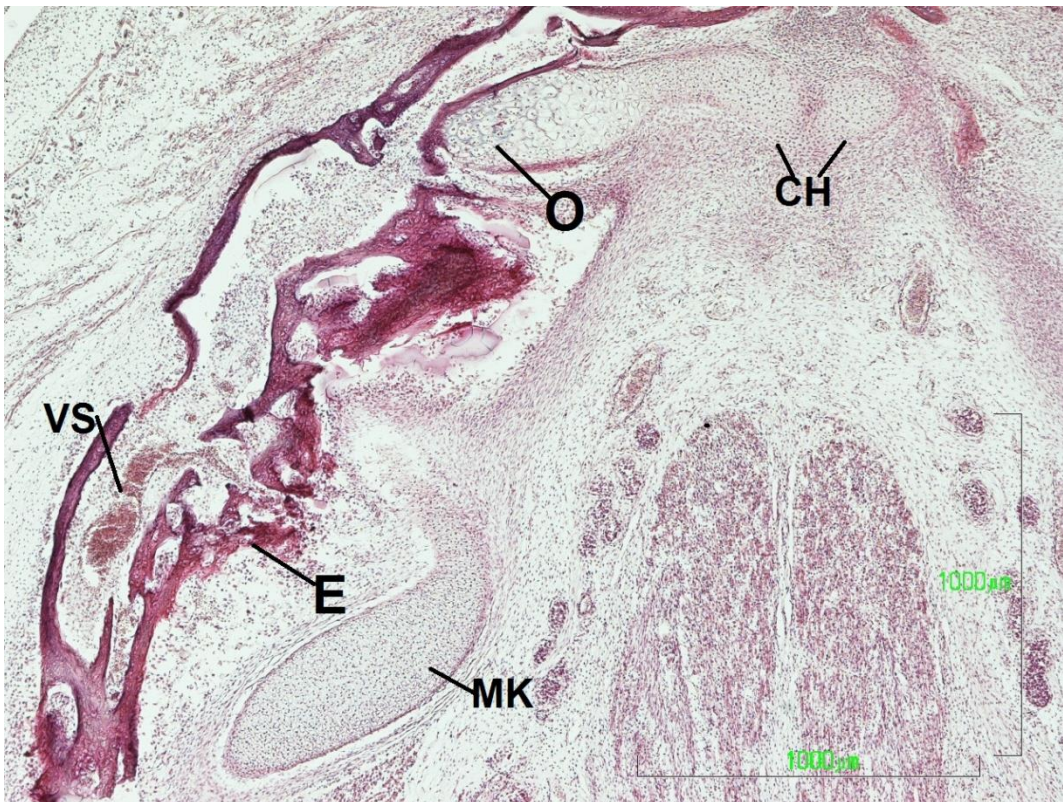


Fig. 19

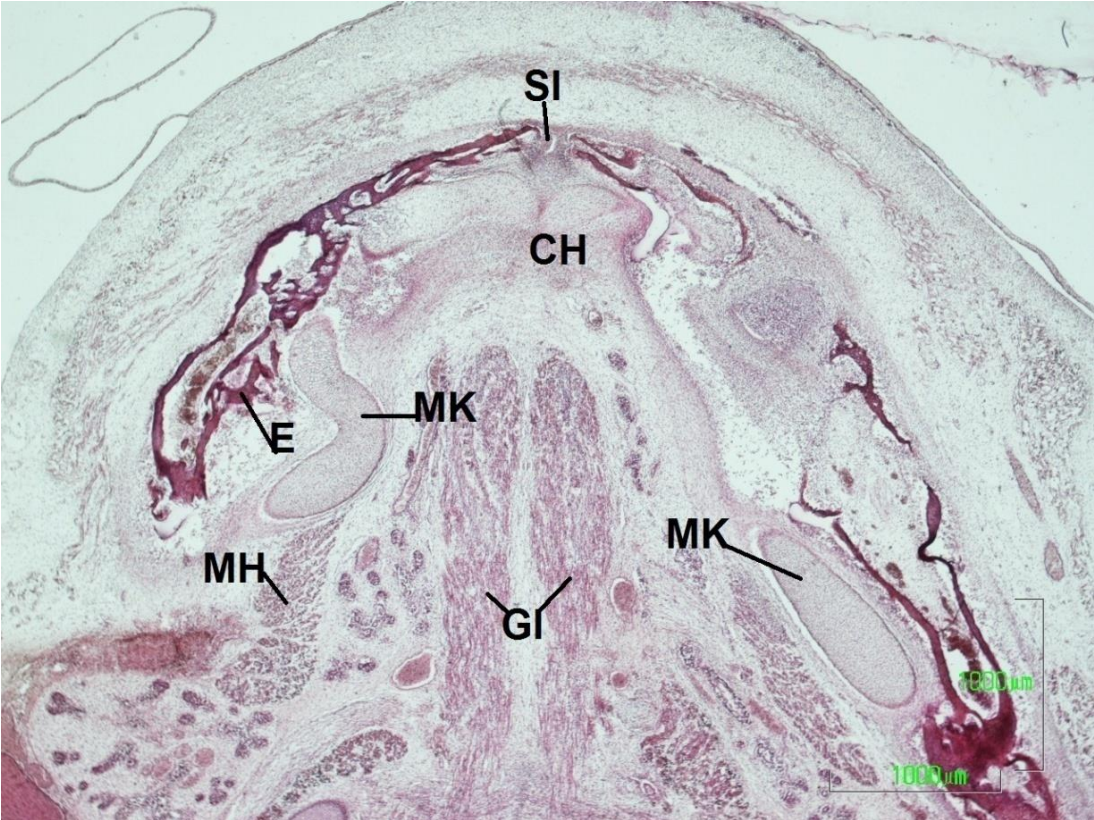


Fig. 20

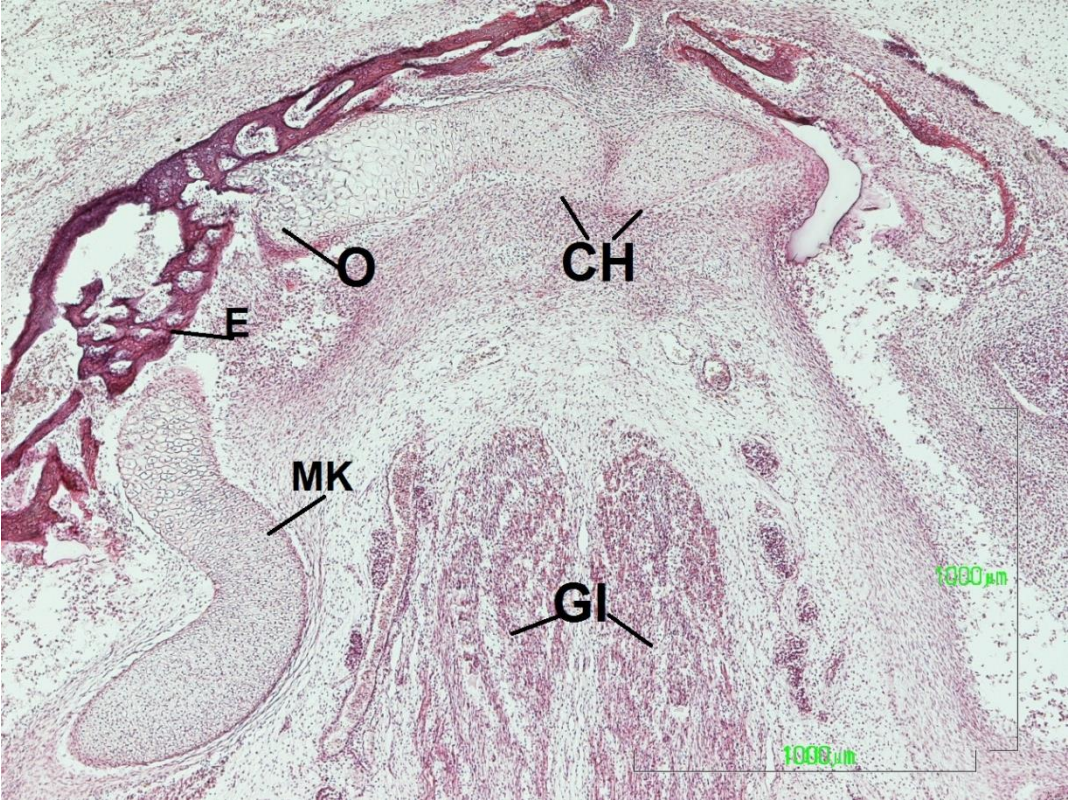


Fig. 21

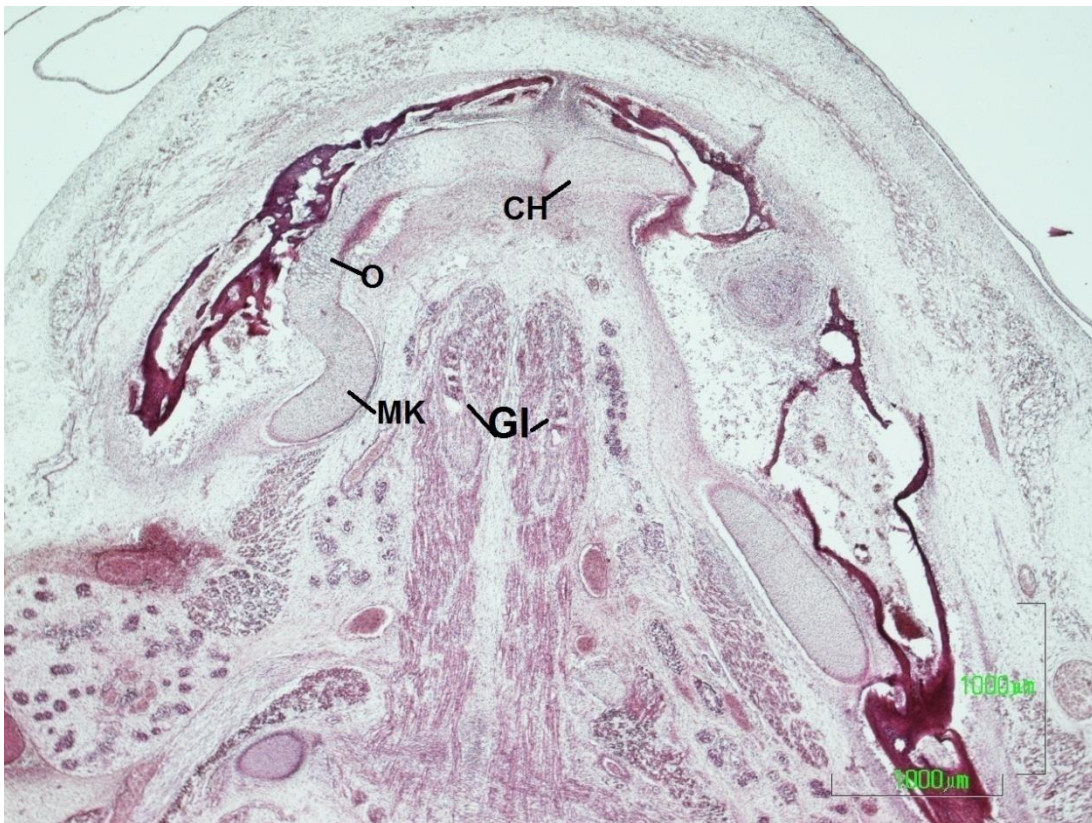


Fig. 22

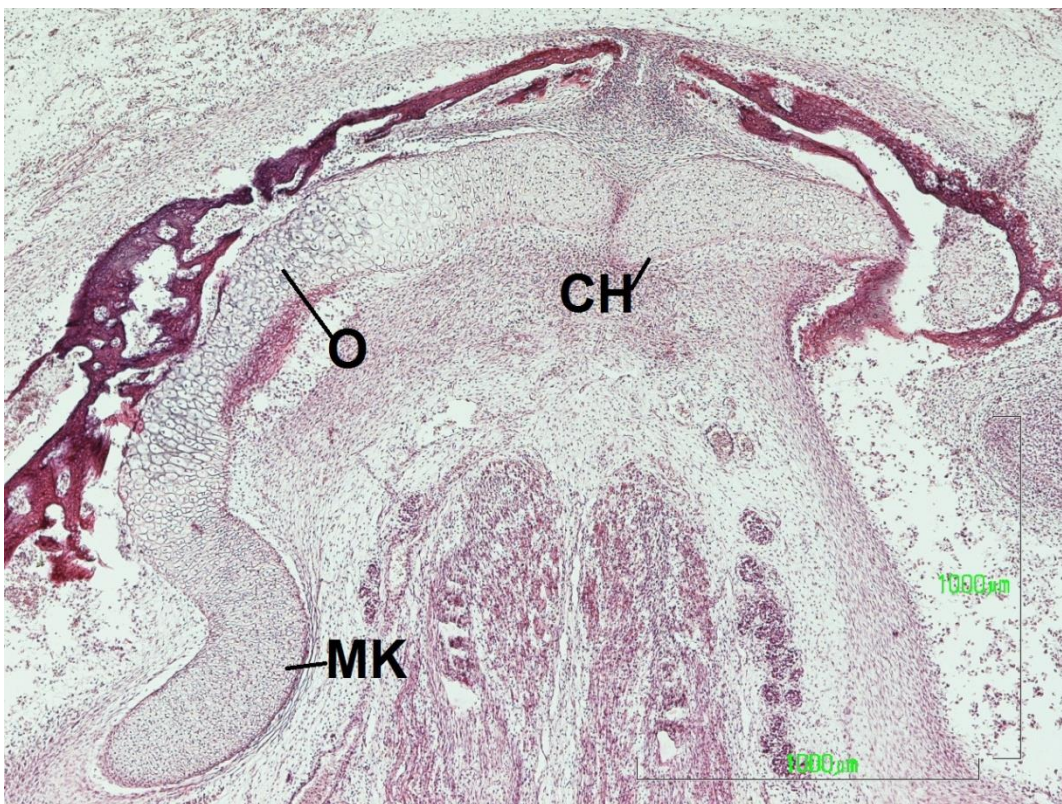


Fig. 23

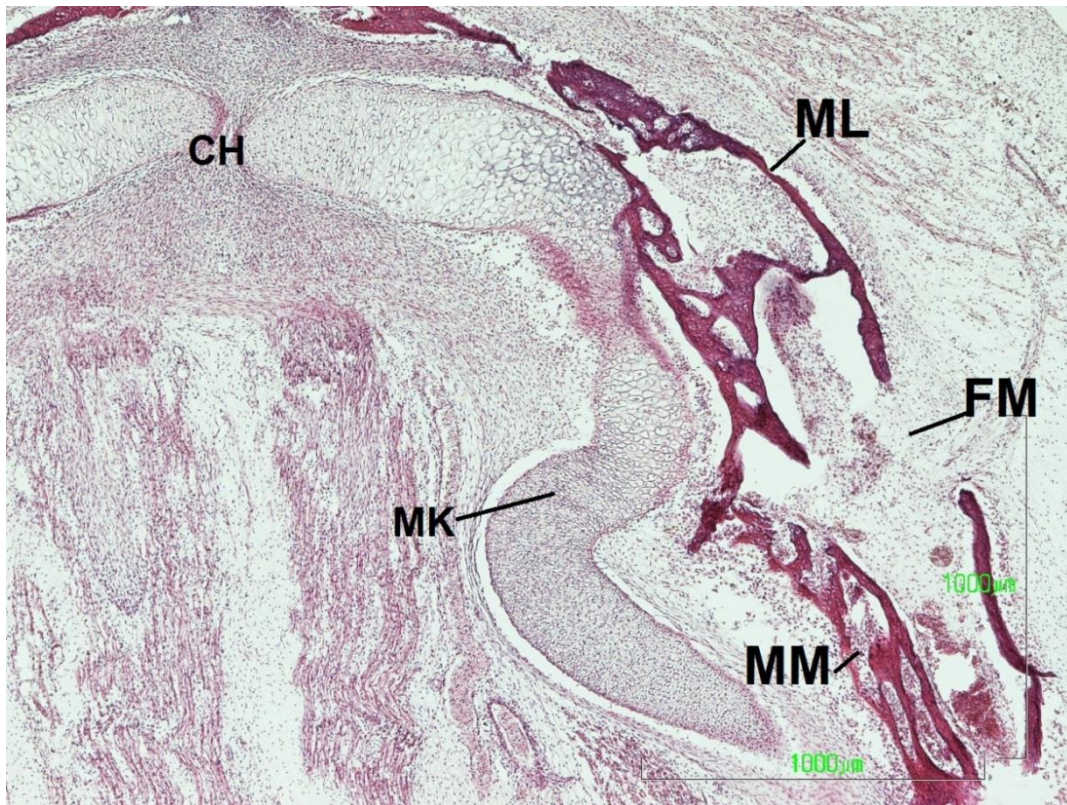


Fig. 24

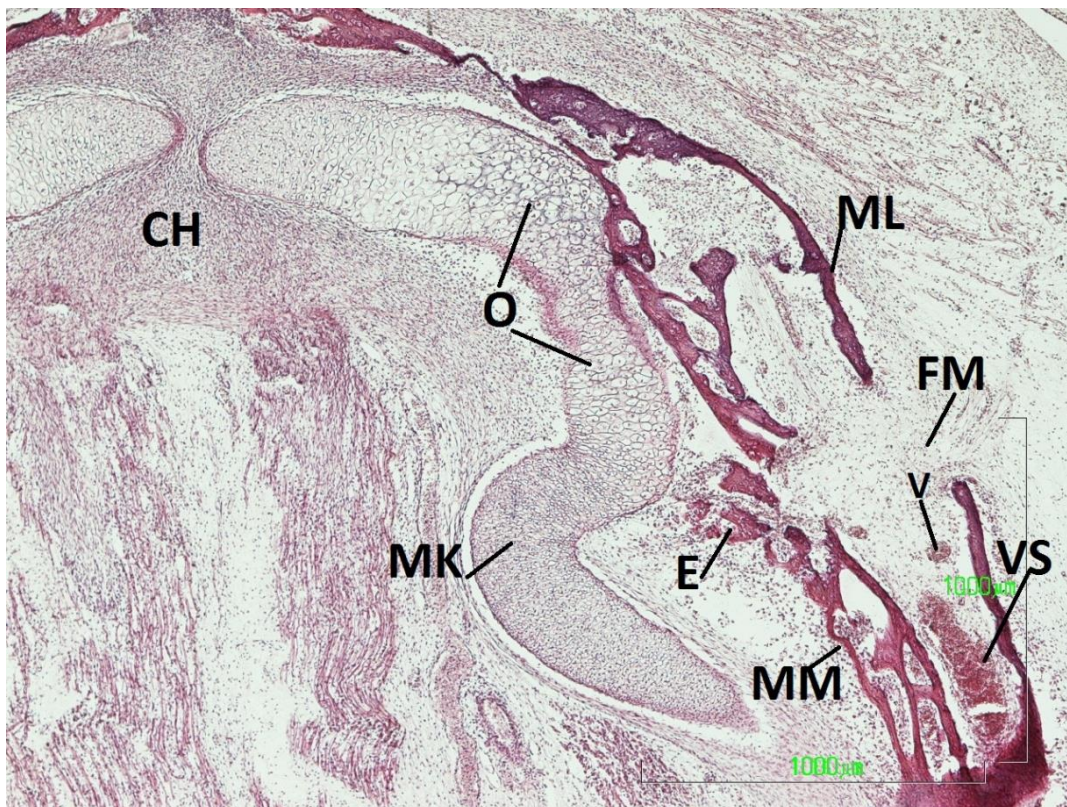


Fig. 25

FETO HUMANO F1 (72 mm)

11 SEMANAS DE DESARROLLO

Las secciones frontales interesan como es la norma en nuestro estudio al área del foramen mental, ya que es en este sector donde se observaron los cambios morfológicos en la cara medial de la mandíbula y en el cartílago del primer arco (Figs.26 - 29).

El cartílago de Meckel presentaba una morfología alargada, fruto de su disposición formando una curva de convexidad anterior en el lugar donde penetra o es rodeado por la osificación intramembranosa de la mandíbula. Además el cartílago ofrecía un trayecto ascendente, por lo que en conjunto el cartílago presentaba en este área y desde dorsal a ventral una dirección caudo craneal y medio lateral (Figs. 26 - 31).

En la zona de penetración del cartílago en la mandíbula, esta se extendía sobre él y le formaba como una pinza, que sobresalía claramente del perfil de la cara medial mandibular (Figs. 27, 28 y 29).

La protusión mencionada, se localizaba craneal a la inserción del musculo milohiideo, por tanto en la cavidad oral, donde se observó los conductos de las glándulas submandibular y sublingual (Figs.26, 29 y 30).

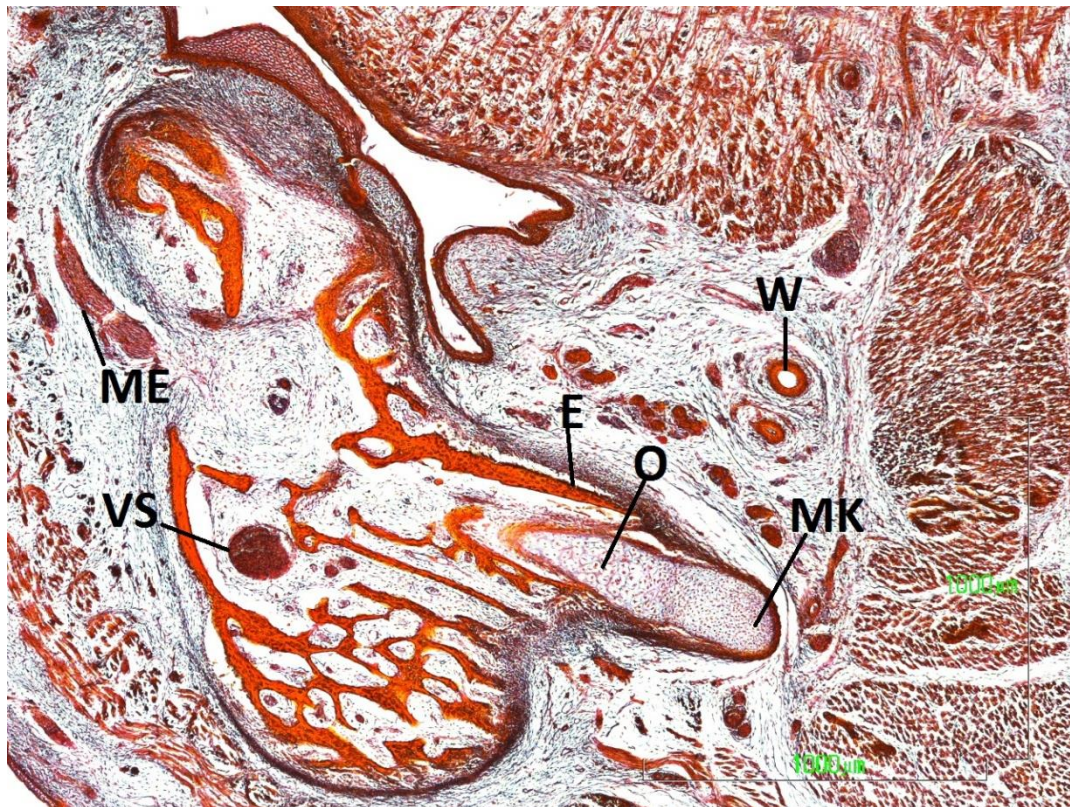


Fig. 26

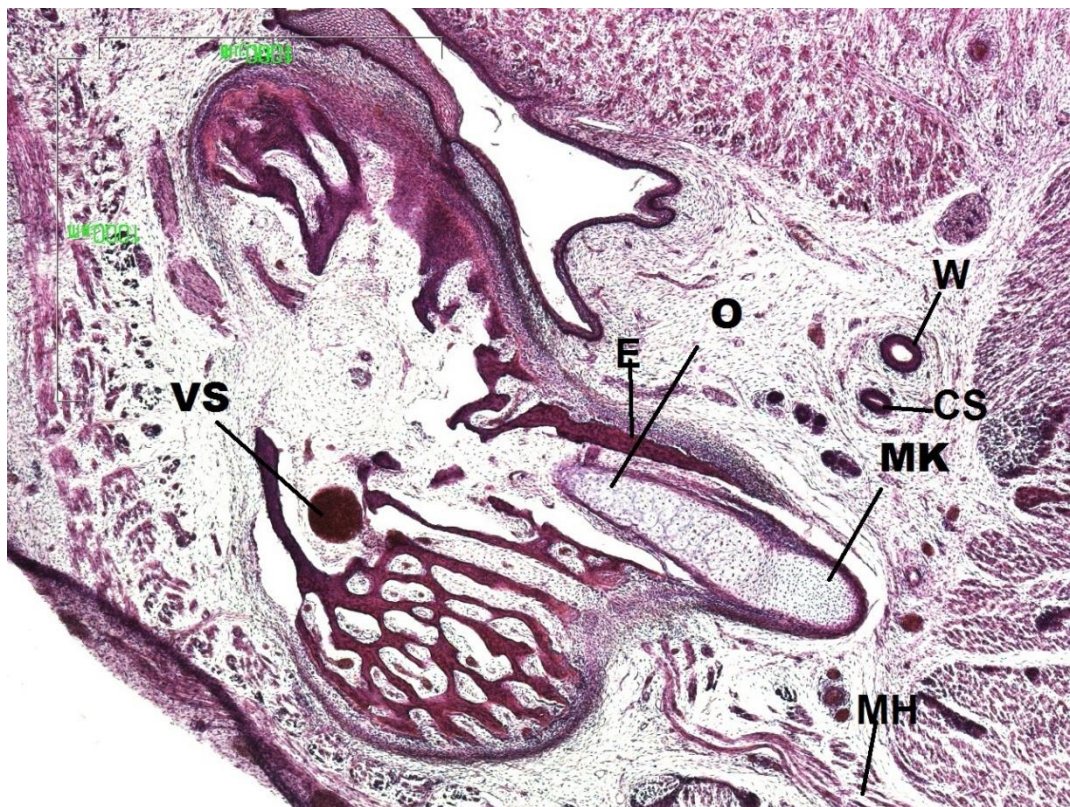


Fig.27

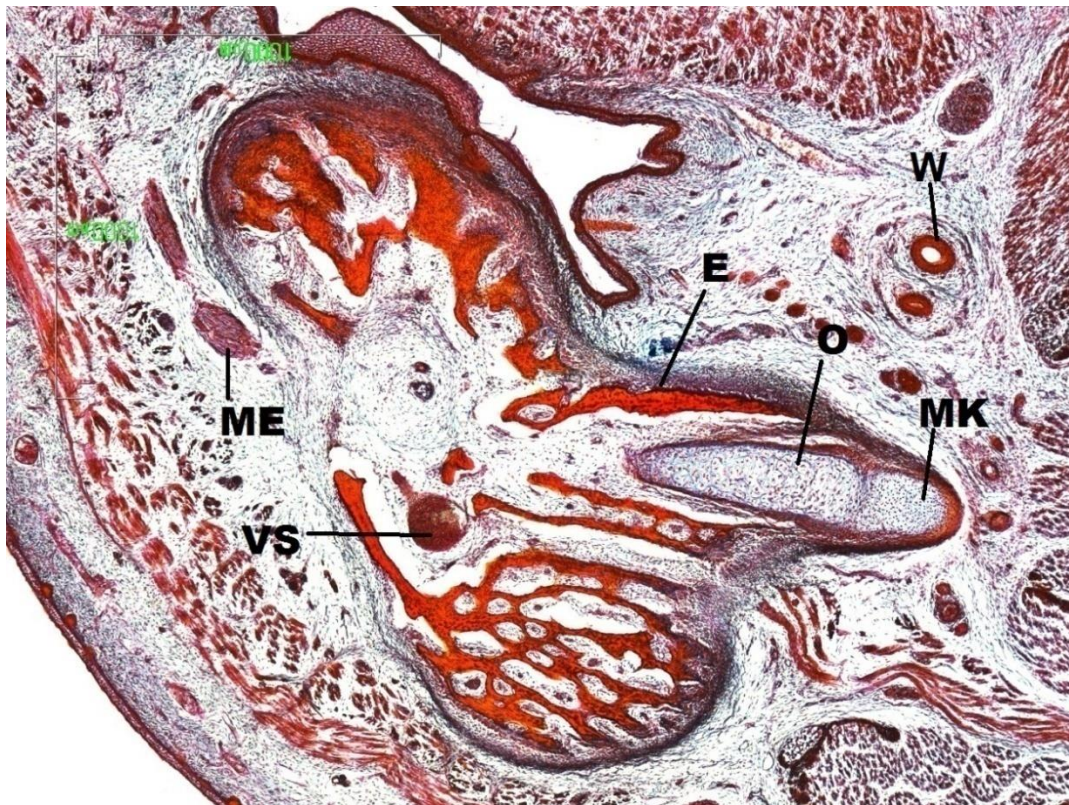


Fig. 28

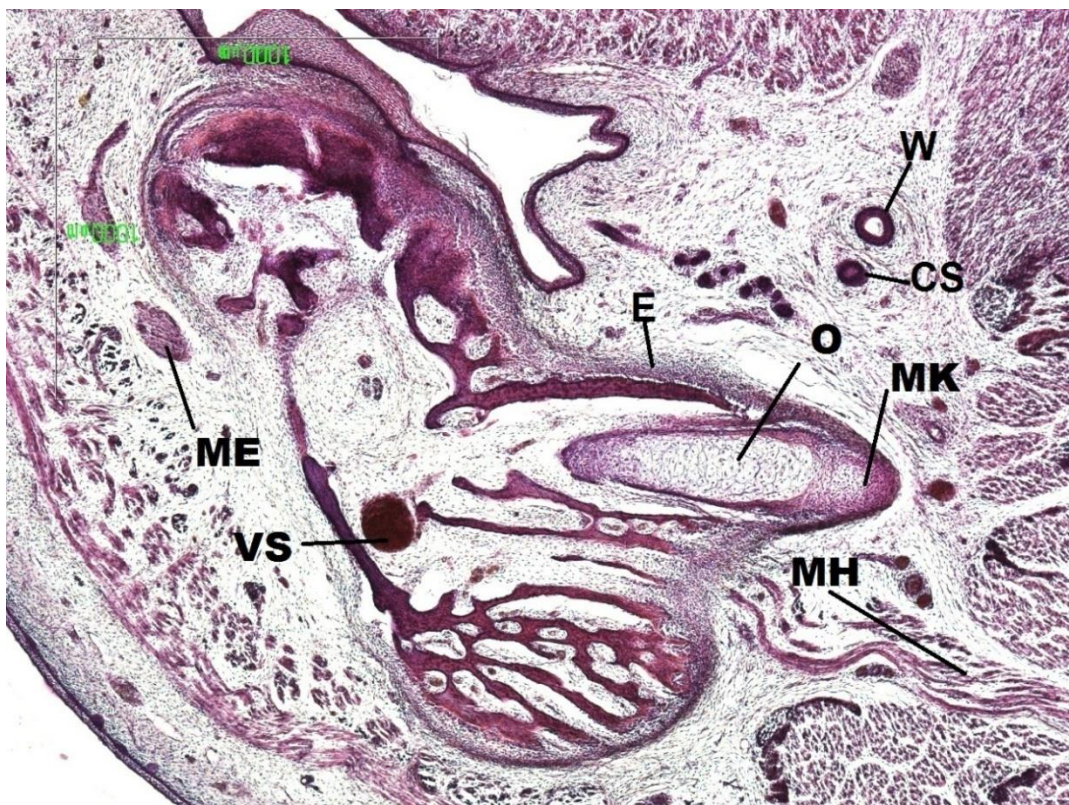


Fig. 29

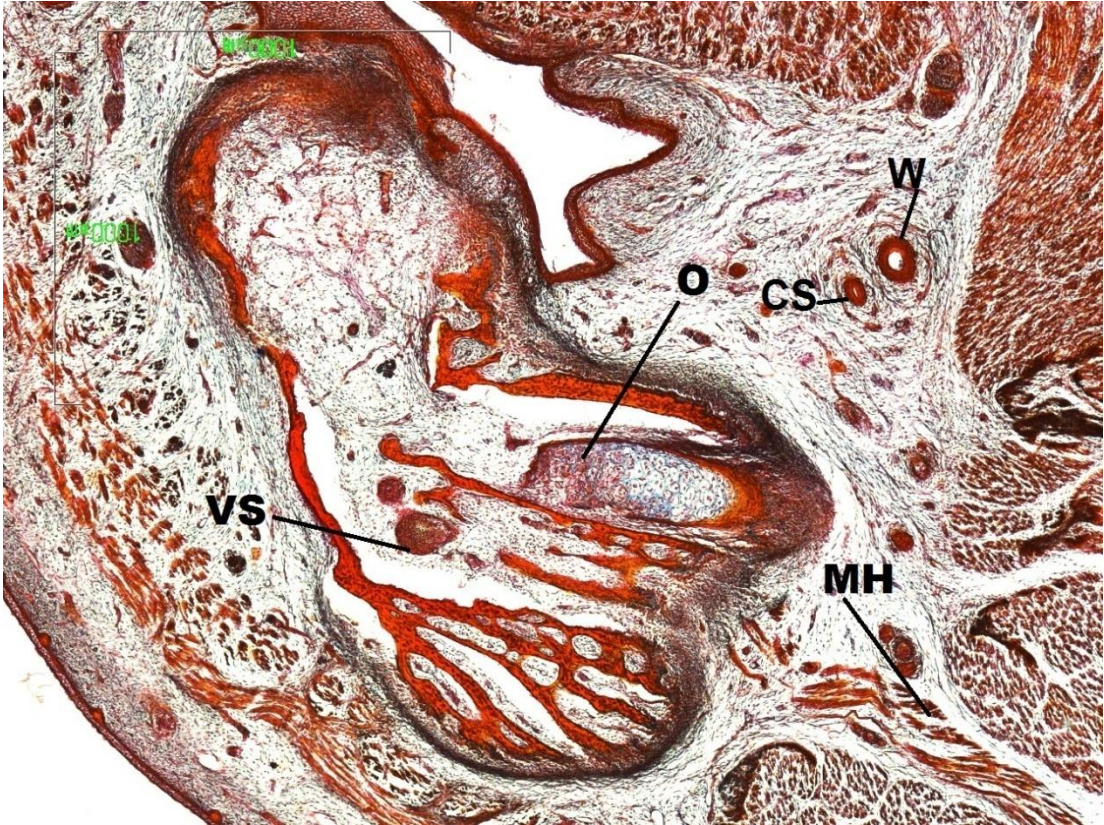


Fig. 30



Fig. 31

FETO HUMANO JR6 (80 mm)

12 SEMANAS DE DESARROLLO

En este espécimen pudo ser estudiada la relación existente entre el cartílago de Meckel y la mandíbula en secciones frontales. A nivel del agujero mentoniano, el cartílago de Meckel adoptaba a la sección una morfología ovalada (Fig. 32). La tabla interna de la mandíbula, presentaba una expansión, que como si se tratara de una pinza, rodeaba al cartílago de Meckel por sus caras superior e inferior (Figs.33 - 36). La prolongación que cubría la cara superior del cartílago tenía una mayor extensión y grosor. Por debajo del cartílago de Meckel y sobre la extensión inferior se insertaba las fibras musculares del músculo milohioideo. A este nivel pudo observarse una primera inflexión o curvatura del cartílago de Meckel, que de adoptar una morfología ovoidea, en secciones más anteriores, se mostraba alargado (Figs. 33 y 34). En secciones más rostrales, el cartílago, ya en el interior de la mandíbula, ofrecía una citoestructura diferente, debido a su osificación endocondral, siendo en este área donde de nuevo el cartílago se curvaba (Fig.35). Esta inflexión, era aún más pronunciada que la descrita en primer lugar, de tal manera que en la sección frontal pudo observarse en el mismo corte, el cartílago de Meckel seccionado en dos lugares (Fig. 35). En secciones más anteriores el cartílago de Meckel estaba localizado totalmente en el interior de la mandíbula y en fase de osificación endocondral (Fig. 36).

En síntesis, fue observado como la mandíbula presentaba una expansión que estaba íntimamente relacionada con el cartílago de Meckel, y donde esta estructura presentaba dos inflexiones con una morfología de "S" tumbada (Figs.32 - 36).

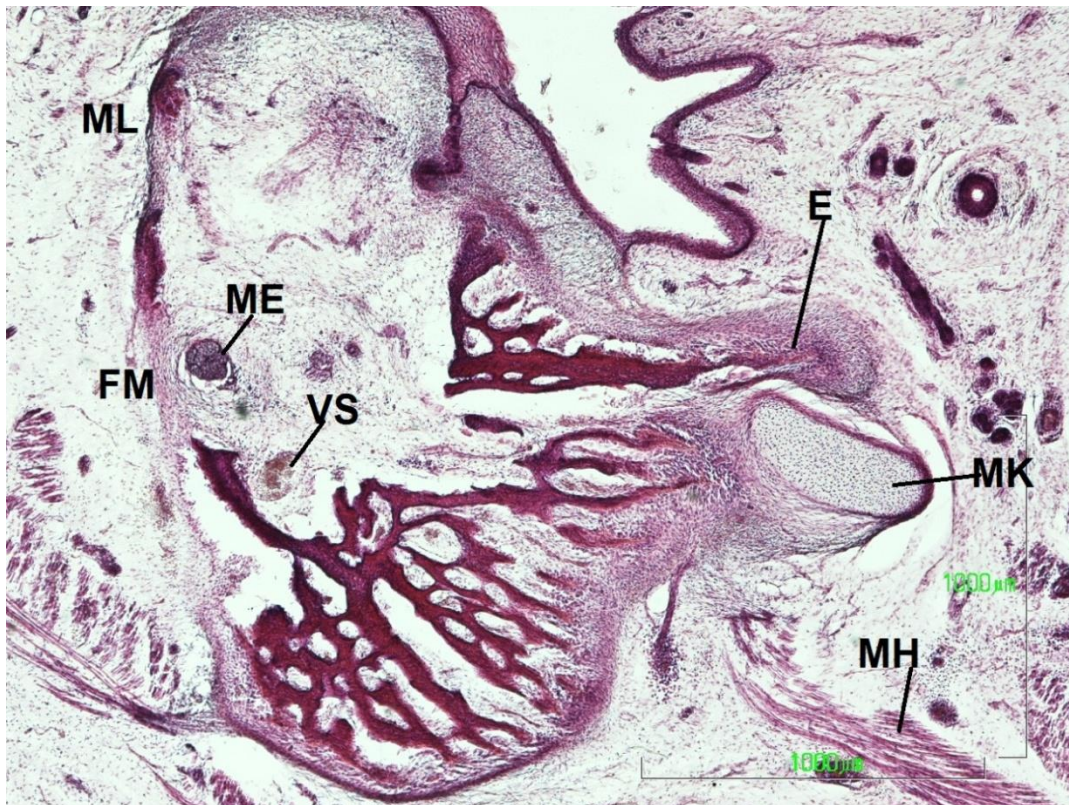


Fig. 32



Fig. 33

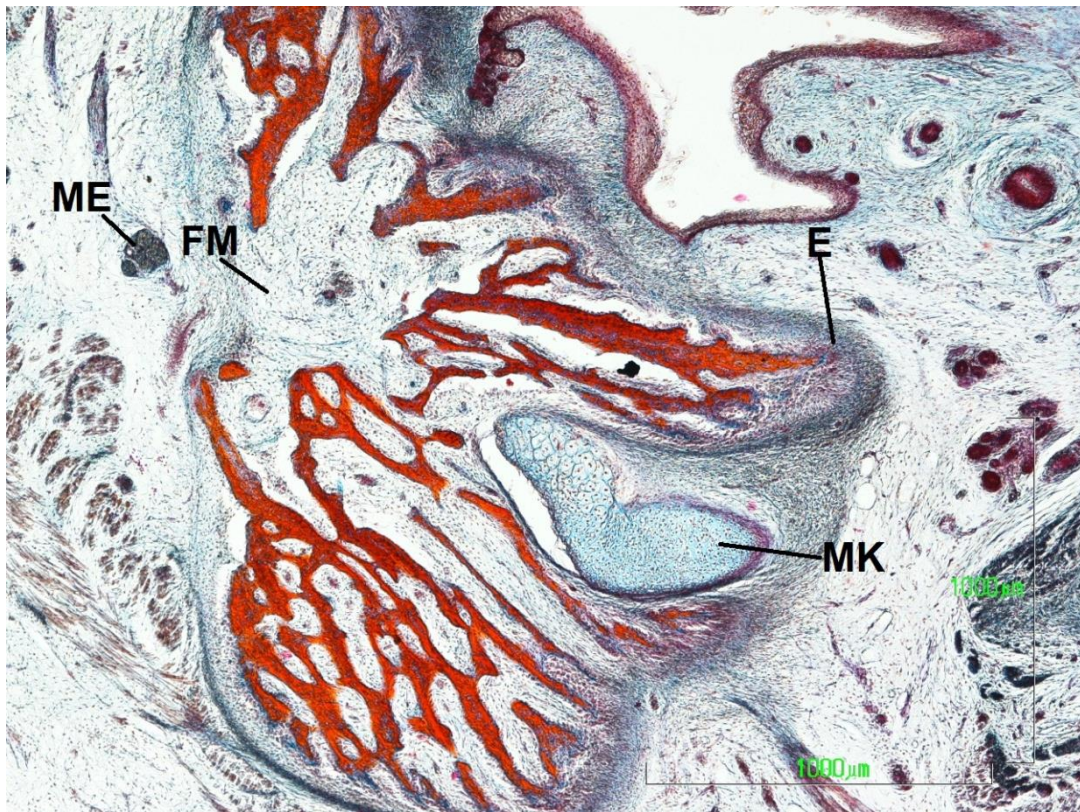


Fig. 34

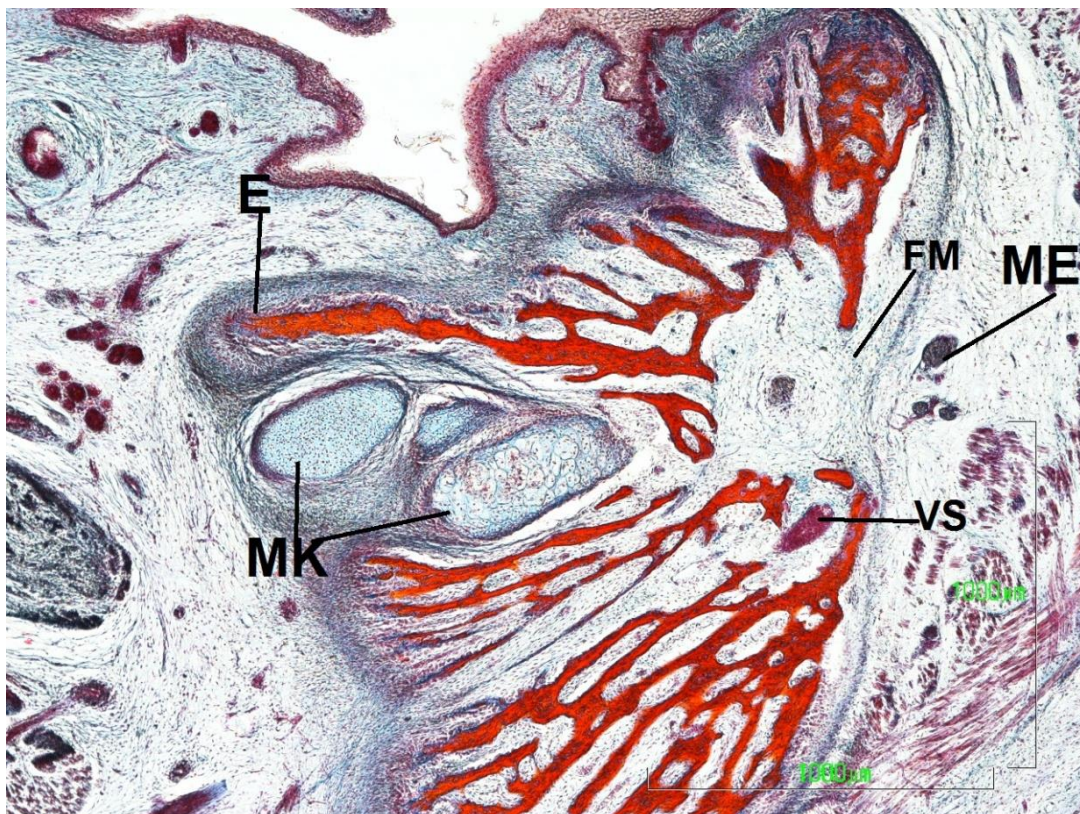


Fig. 35

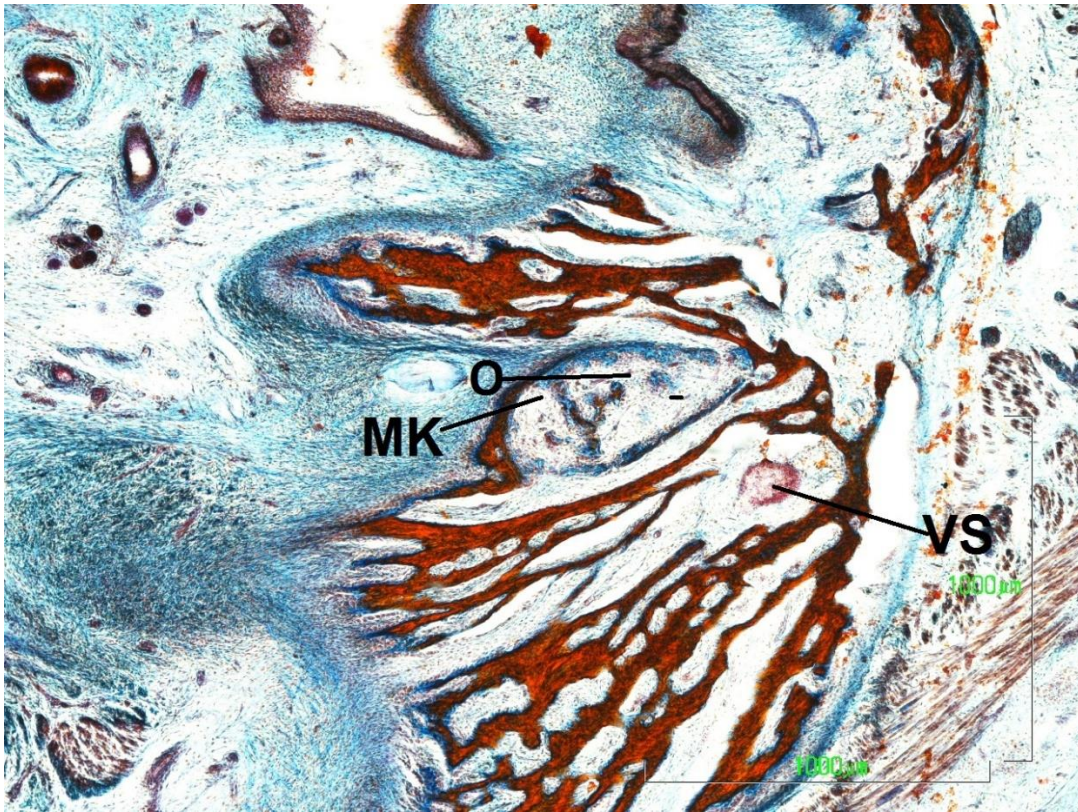


Fig. 36

FETO HUMANO BE3 (83 mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO

Este espécimen se encontraba seccionado transversalmente y nos ofrecía unas características morfológicas óptimas para el estudio de la relación entre la mandíbula y el cartílago de Meckel. Las secciones son craneocaudales. Pudo comprobarse como el cartílago de Meckel y la mandíbula establecían una relación basada en cambios morfológicos de ambas estructuras. Estos cambios se iniciaban a nivel, como en otros especímenes, del foramen mental, por donde emerge el nervio mentoniano (Fig. 37).

Caudalmente el cartílago de Meckel tenía una inflexión o mejor presentaba una doble curva (Figs. 43 - 46). El primer tramo del cartílago estaba localizado medial a la mandíbula y fuera de ella, se relacionaba con el músculo milohioideo situado dorsal a él, aunque también caudal y con la glándula sublingual, que quedaba por dentro del cartílago (Figs. 38 - 42). En este sector el cartílago de Meckel, no ofrecía ninguna característica que denotara modificación en su citoestructura. El siguiente tramo del cartílago presentaba una curva, cuya convexidad era ventral y estaba localizada en el punto donde el cartílago penetraba en la mandíbula, o la mandíbula comenzaba a rodear al cartílago (Figs. 38, 42, 44 y 46). En el tercer tramo, el cartílago se encontraba dentro de la mandíbula rodeado por una expansión de la misma, similar a una protuberancia. En este sector el cartílago se estaba osificando endocondralmente y además presentaba una morfología curva, cuya convexidad era dorsal (Figs. 38 - 46). Por tanto en conjunto el cartílago de Meckel ofrecía una morfología de doble curvatura, la primera fuera, la segunda dentro de la mandíbula.

Por otro lado dorsal al foramen mental, y en consecuencia a nivel de los procesos de osificación endocondral del cartílago de Meckel, fue observada una vena que por su tamaño se diferenciaba muy bien del resto de estructuras de la mandíbula, al estar en un conducto en el interior de ella. Correspondía a la vena y conducto de Serres (Figs. 37 - 40).

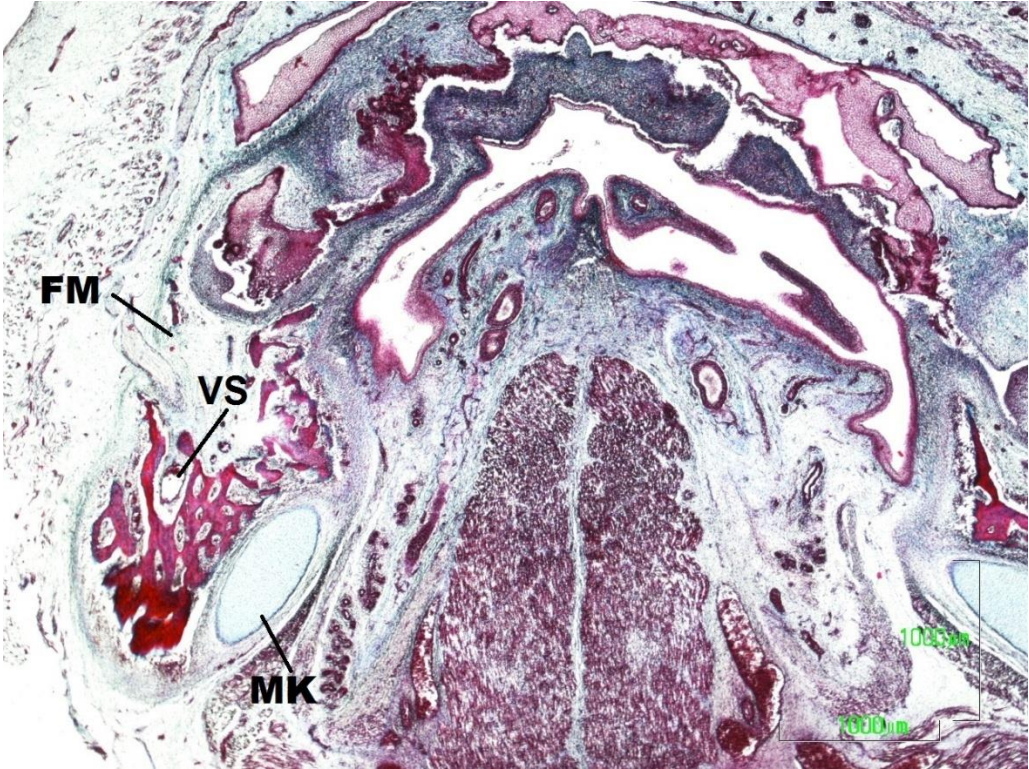


Fig. 37

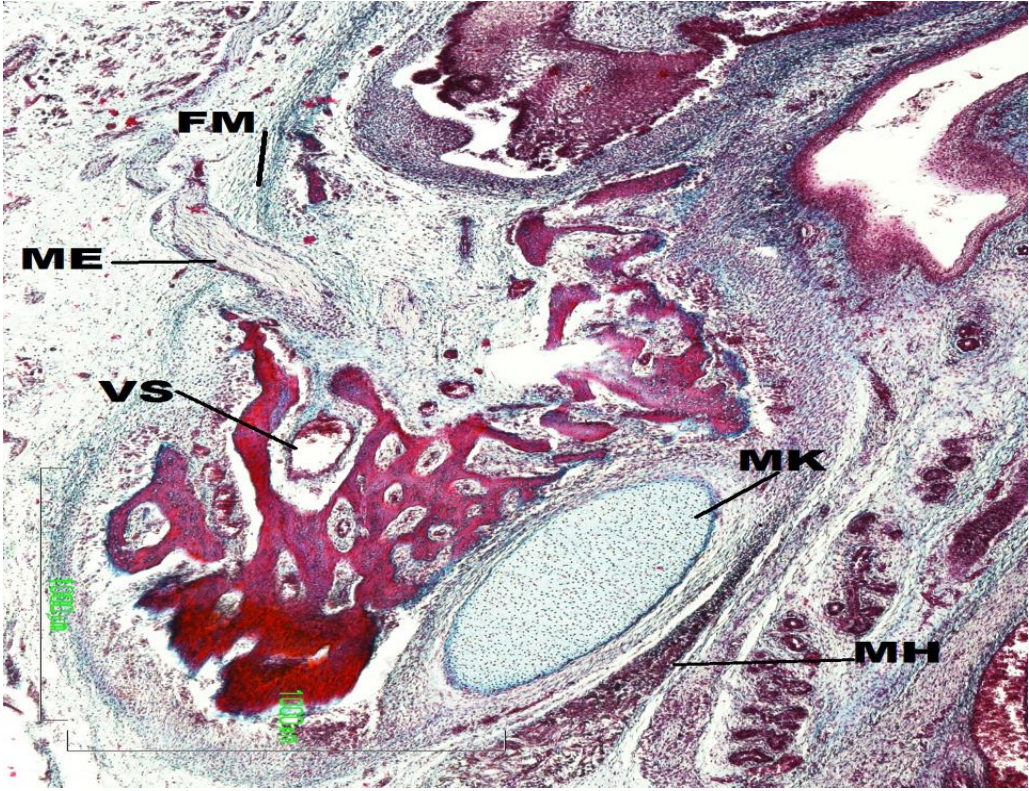


Fig.38

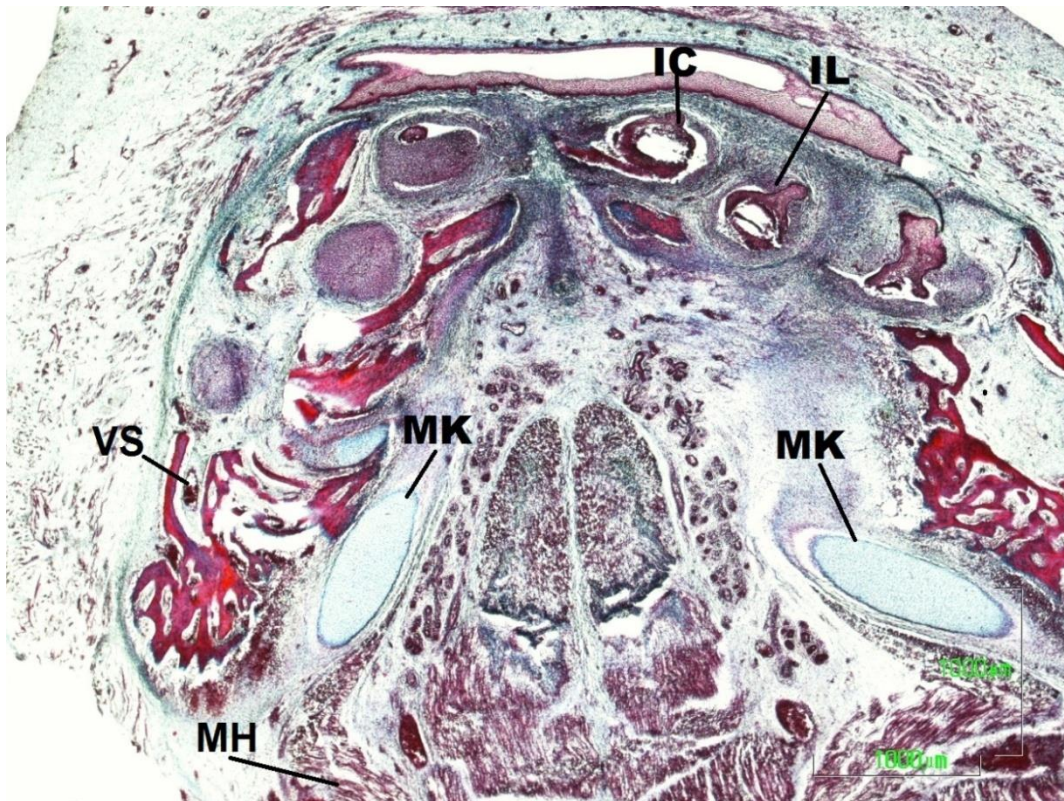


Fig.39

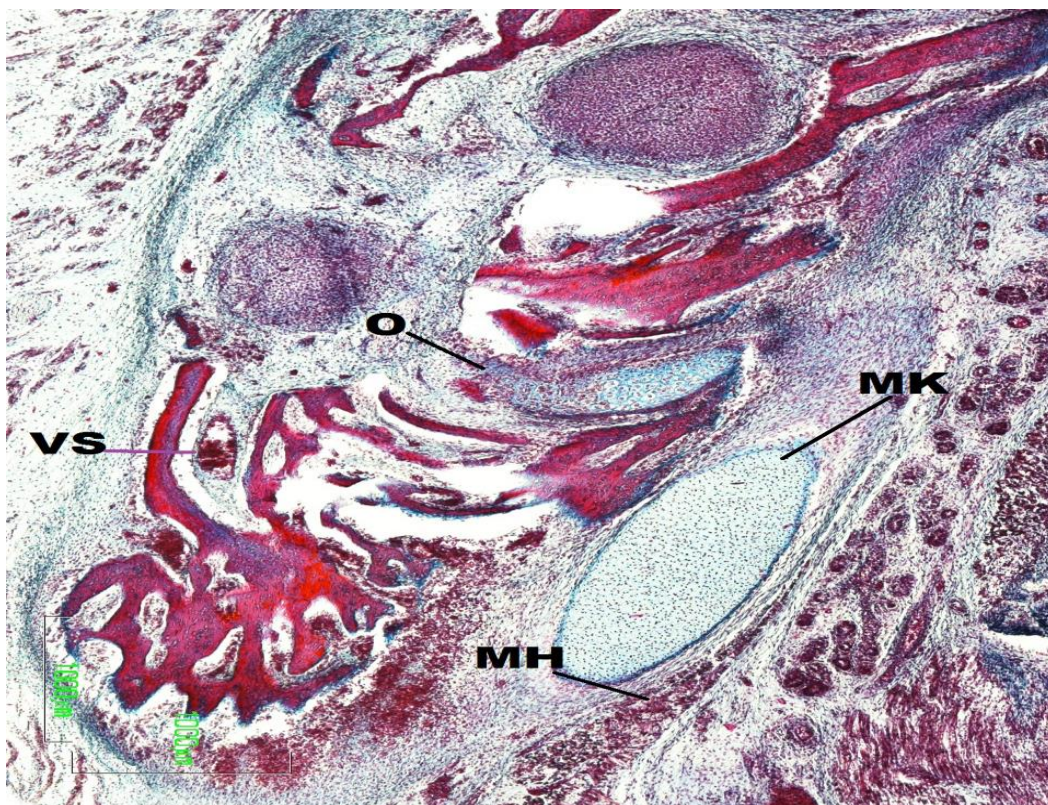


Fig. 40

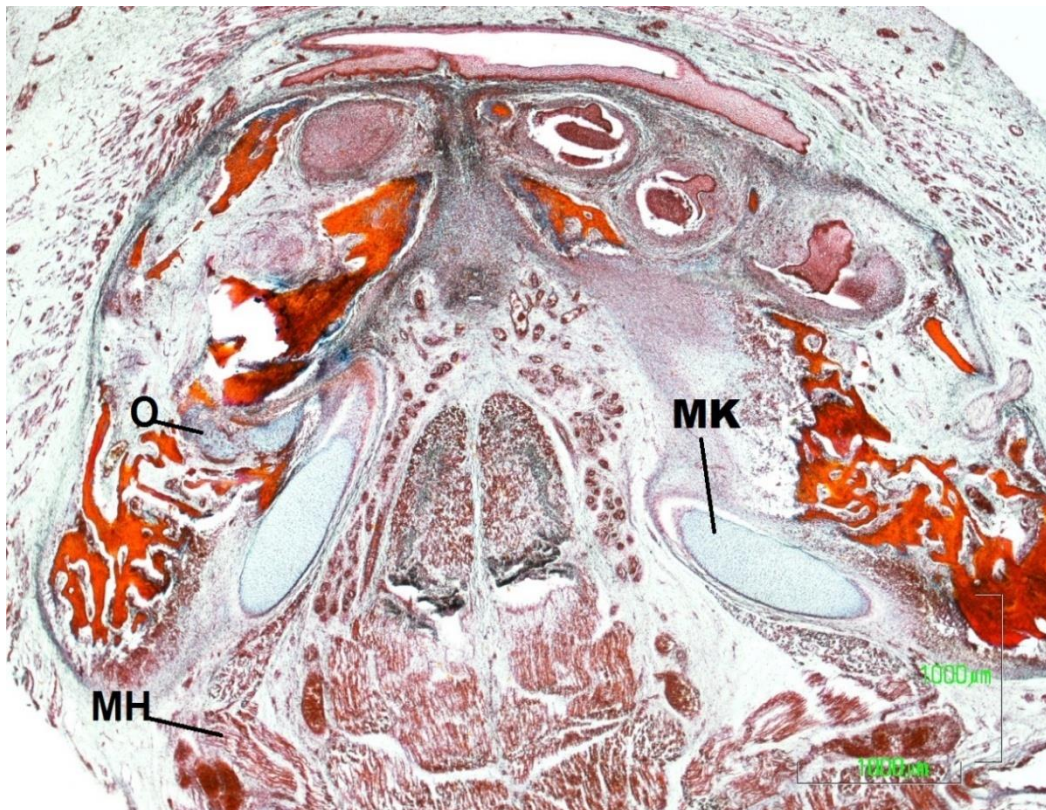


Fig.41

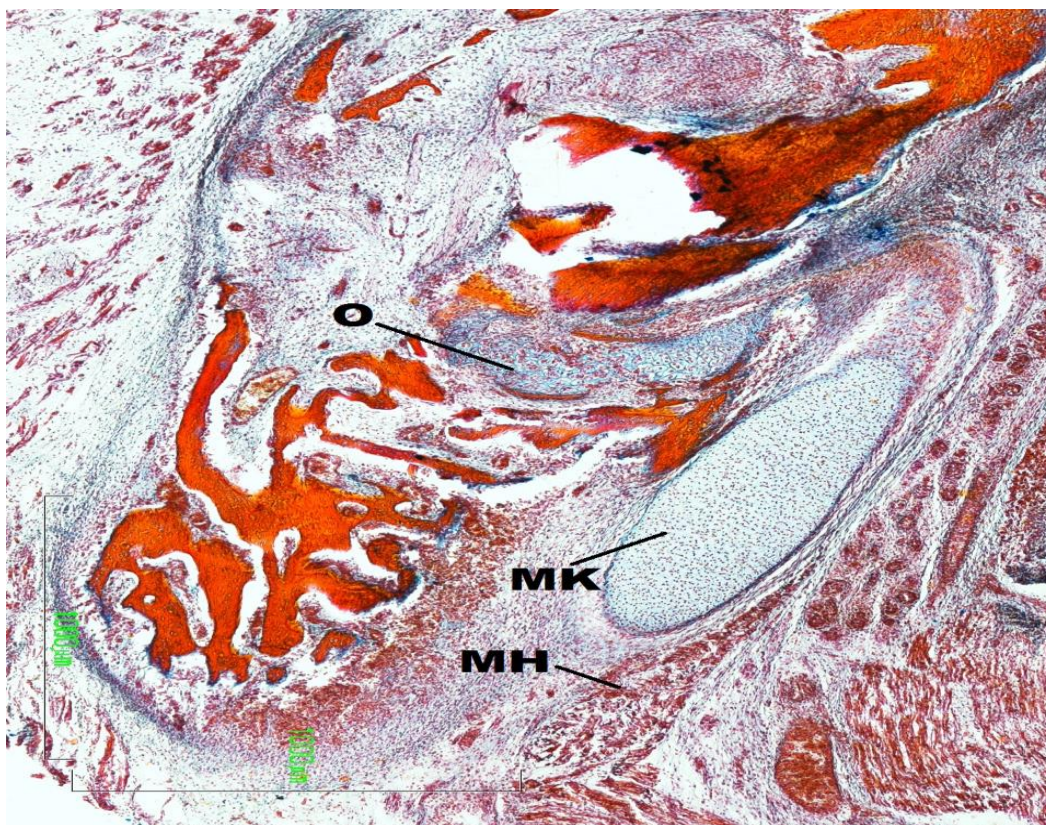


Fig.42

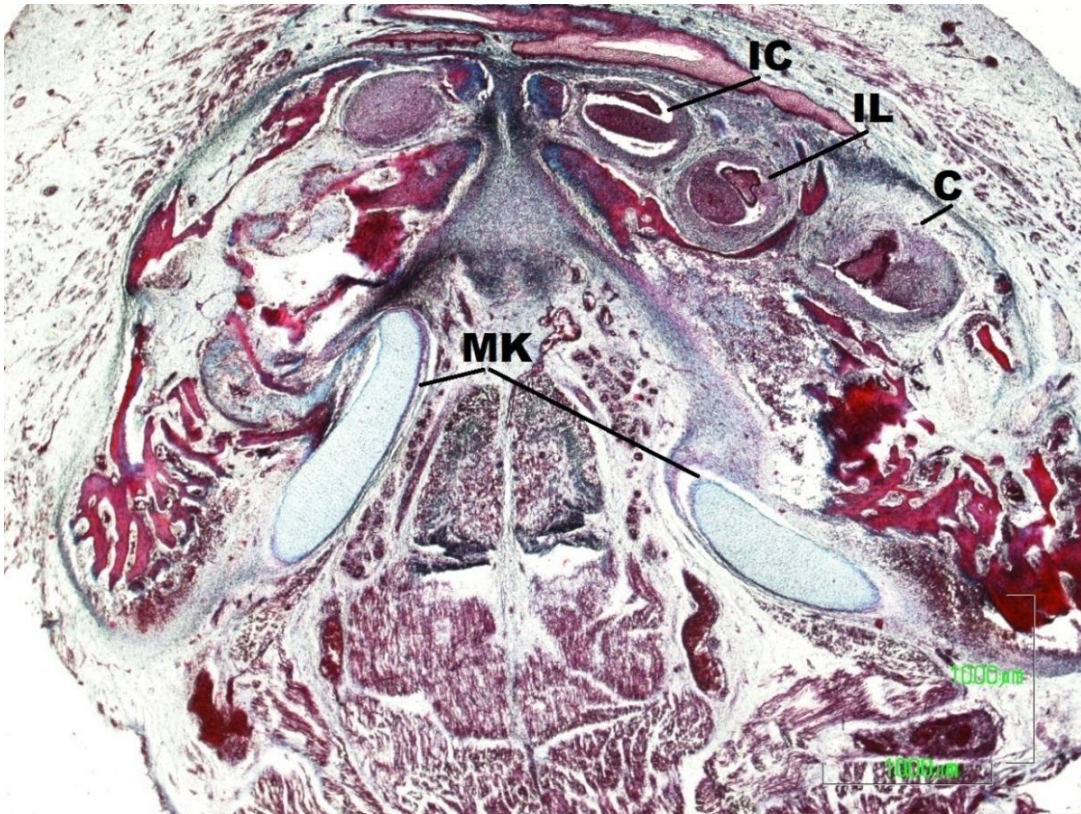


Fig.43

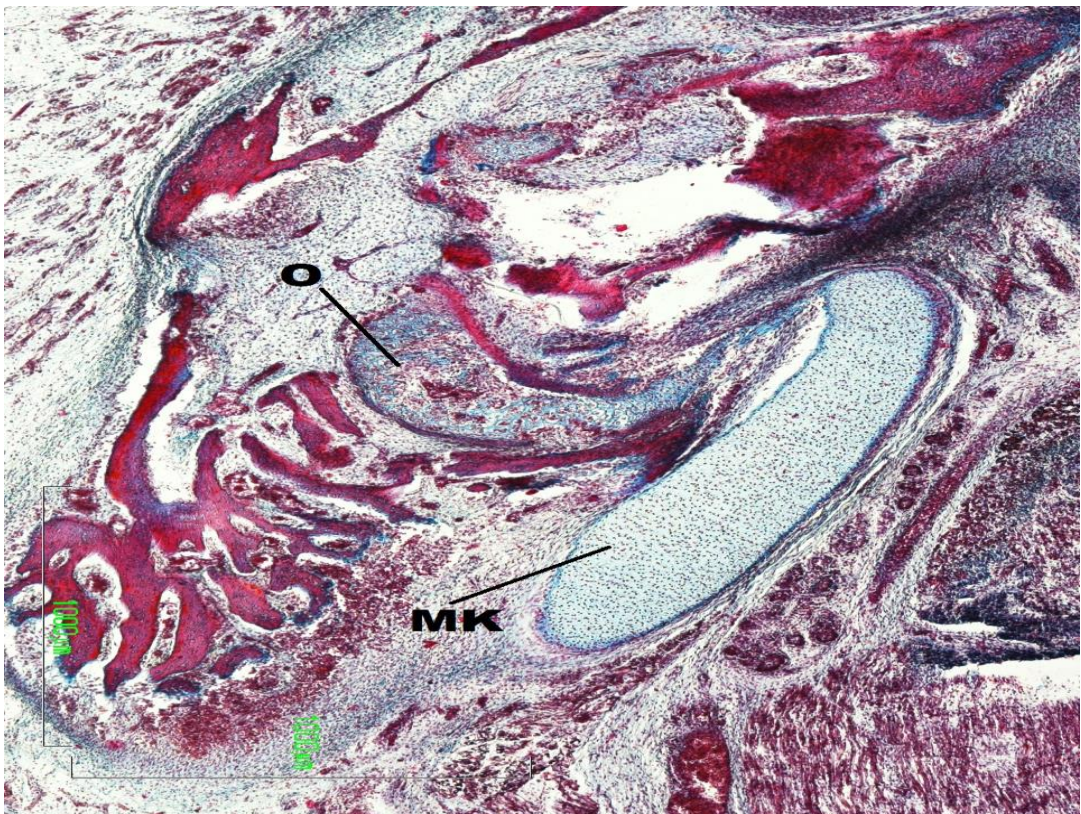


Fig.44

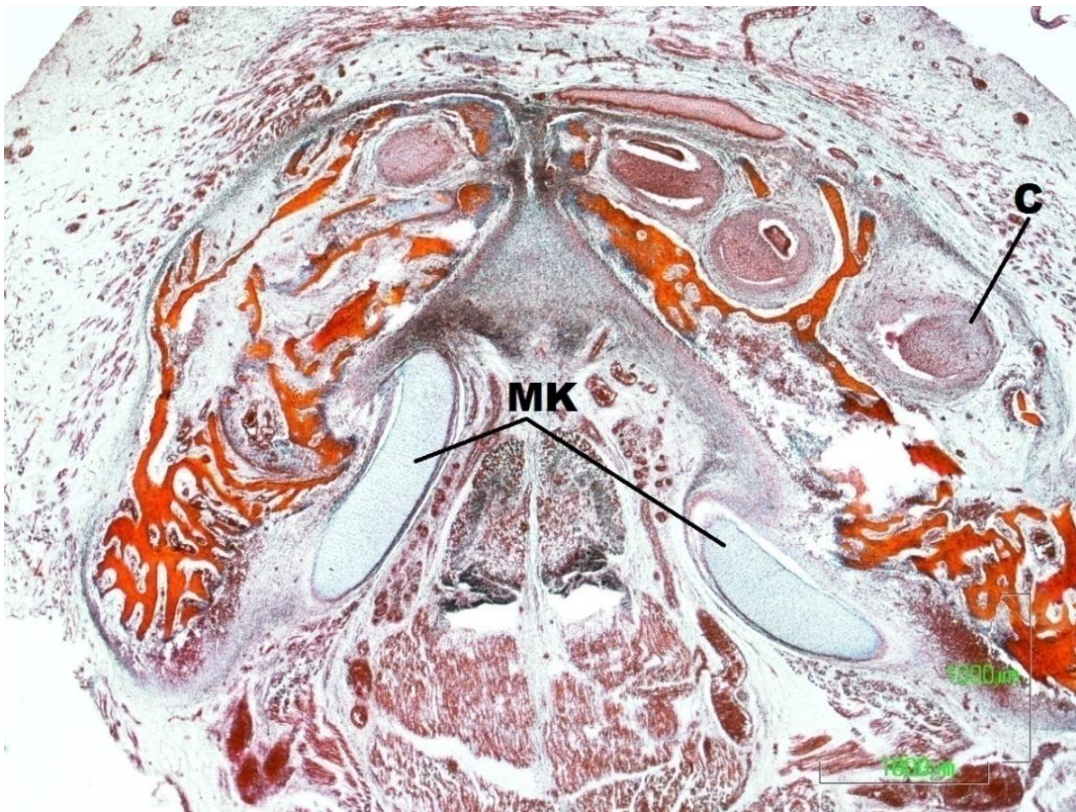


Fig. 45

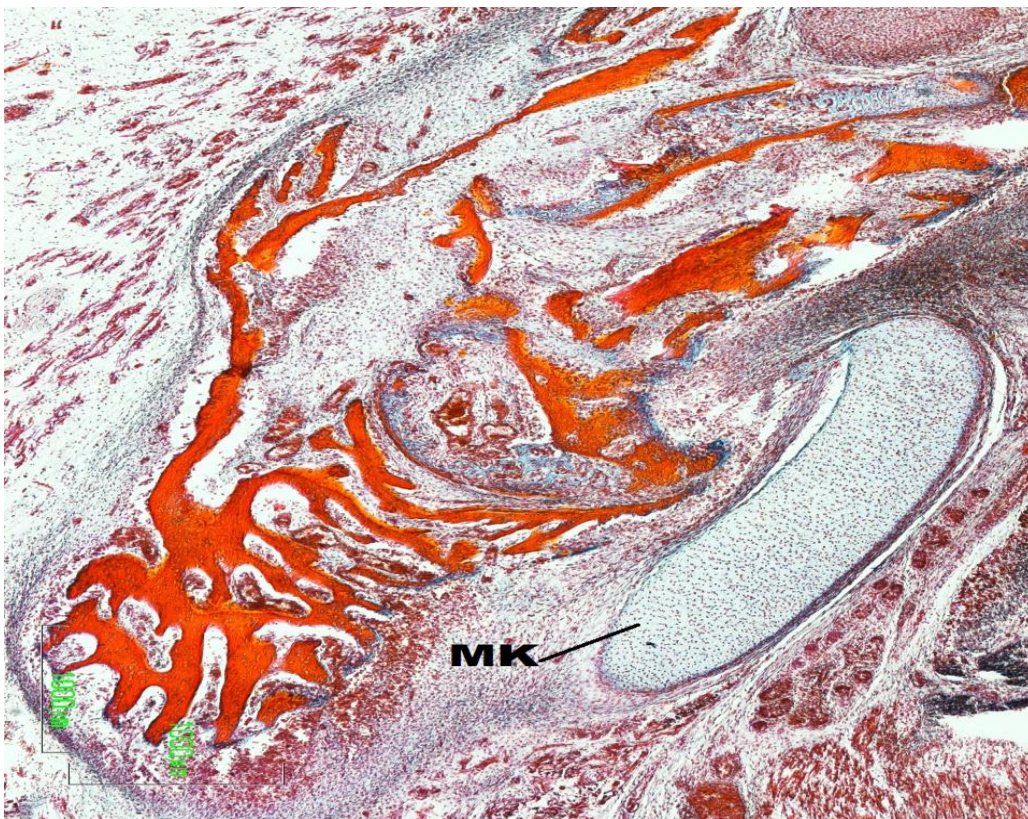


Fig. 46

FETO HUMANO HL32 (84 mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO

Las secciones transversales en este espécimen nos demuestran la morfología de la mandíbula y su relación con el cartílago de Meckel en este estadio del desarrollo (Figs.47 y 48). En el área del foramen mental el cartílago de Meckel presentaba una curvatura de convexidad anterior, cuyo extremo se correspondía con la entrada del cartílago en la mandíbula, donde era rodeado por la osificación mandibular y en él se producían los cambios citoestructurales típicos de una osificación endocondral (Figs. 49 y 50). En la mandíbula todavía se podían observar algunos restos del cartílago (Fig. 50). En esta zona fue observada la vena de Serres (Fig. 49).

La mandíbula se expandía sobre el cartílago formando una protusión que era típica en estas fases del desarrollo (Figs. 48, 49 y 50).

También pudieron observarse como los extremos anteriores de los cartílagos de Meckel iban quedando aislados en la cara dorsal de la sínfisis mandibular para constituir la chondriola symphysea (Figs. 51 y 52).



Fig.47



Fig. 48

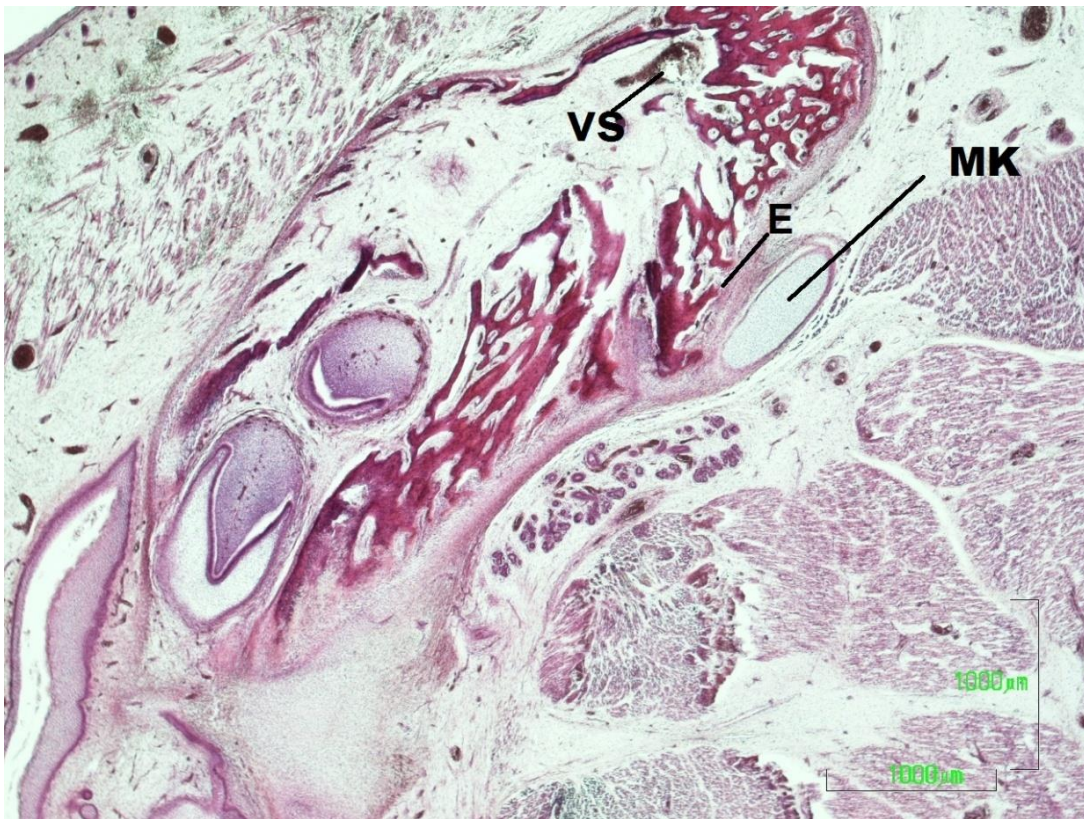


Fig. 49

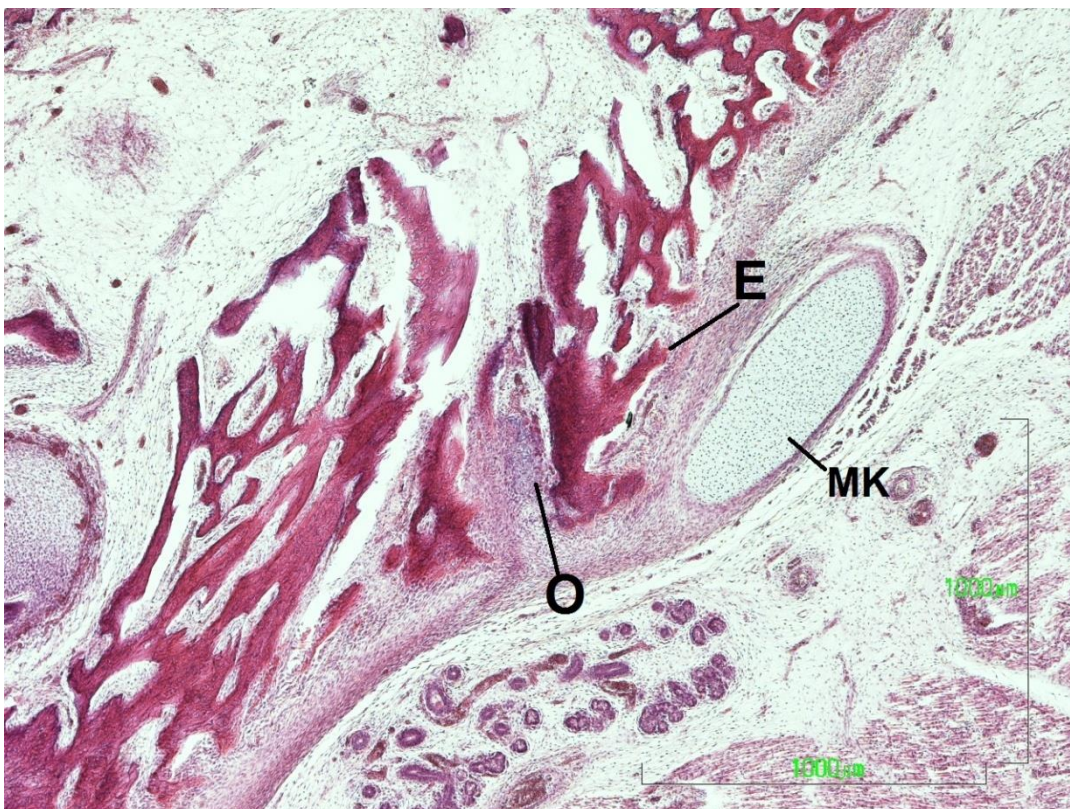


Fig. 50

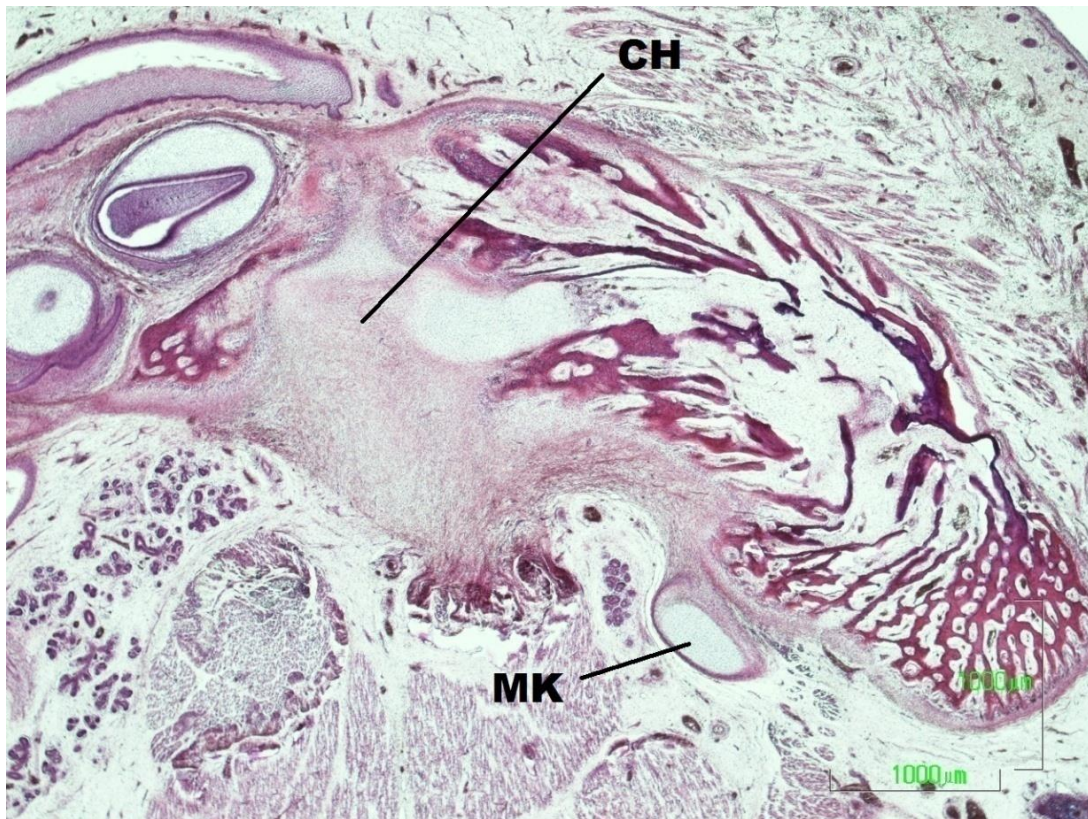


Fig. 51

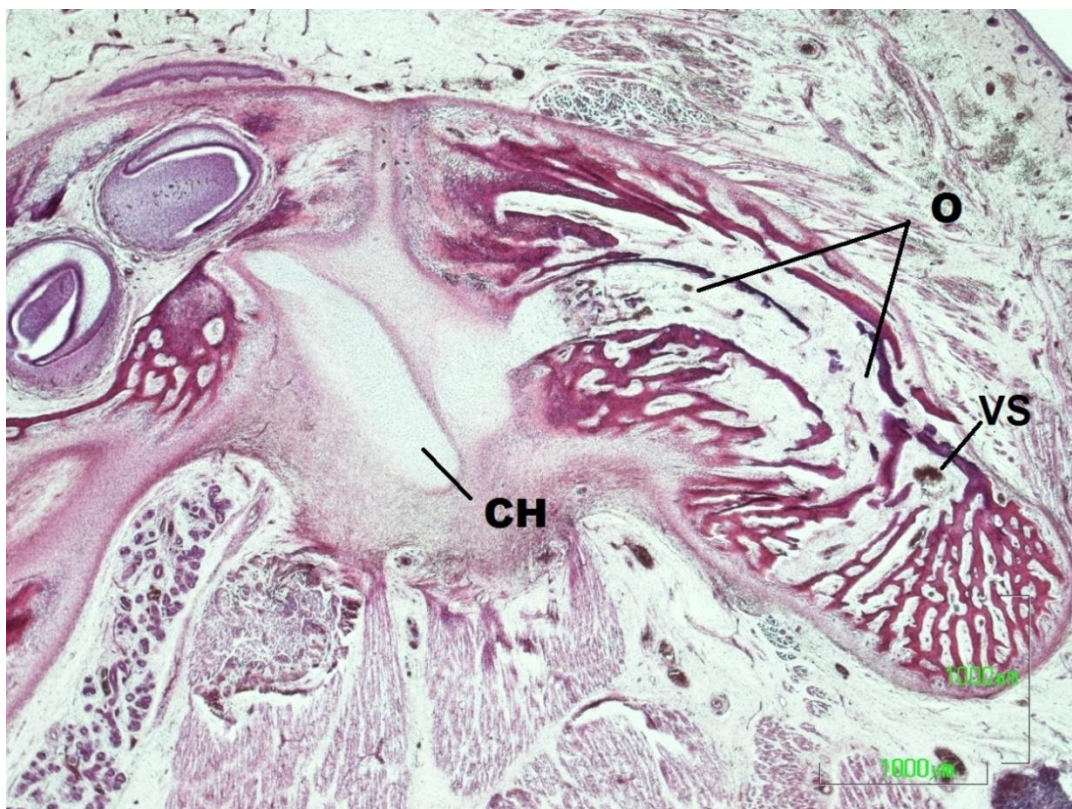


Fig. 52

FETO HUMANO BU23 (85 mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO

Las secciones de este feto humano son transversales interesando la porción alveolar de la mandíbula y foramen mental. Aparecen seccionados en la porción alveolar de la mandíbula los gérmenes dentarios temporales de los incisivos central, lateral y canino (Figs. 53 y 54).

El foramen mental estaba localizado como es lo habitual, dorsal al germen dentario del canino (Fig.54). A este nivel y sobre la cara medial de la mandíbula se encuentra el cartílago de Meckel, de forma alargada y relacionándose con el musculo milohioideo y con la glándula sublingual. De la cara medial de la mandíbula sale una protusión que alcanza al cartílago (Figs. 53 y 54).

En secciones algo más caudales se observó el nervio mentoniano en su trayecto facial, cubierto por la musculatura mímica (Figs.55 y 57). La cara medial de la mandíbula presentaba una protusión sobre la que se disponía el cartílago de Meckel, este formaba una curva convexa hacia delante y se introducía en la mandíbula para osificarse endocondralmente (Figs.55-58). Todavía en este estadio fue posible observar algunos restos del cartílago (Figs. 57 y 58). Por otro lado también aparecían otros restos cartilaginosa de ambos cartílagos, a manera de nódulos redondeados situados sobre la cara dorsal del sínfisis, que corresponde a la chondriola symphysea o islotes meckelianos (Figs. 55 Y 57). En la mandíbula y dorsal al foramen mental, se observó la vena de Serres, en el conducto del mismo nombre (Fig. 57).

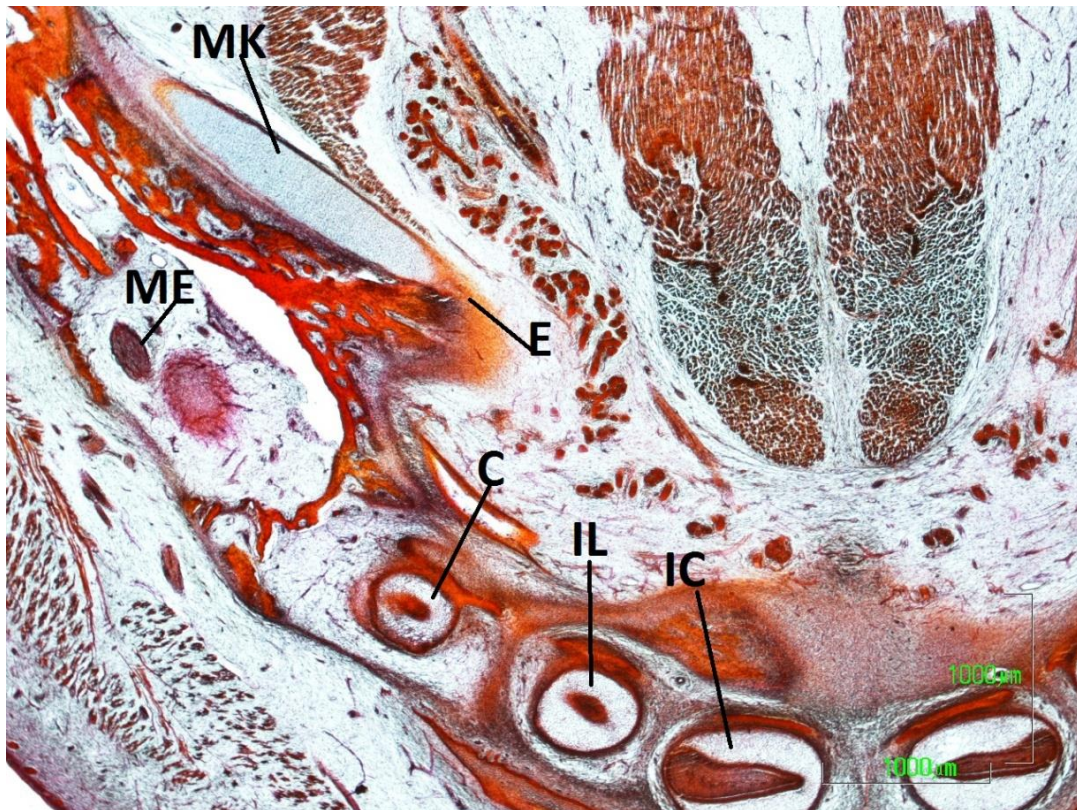


Fig. 53

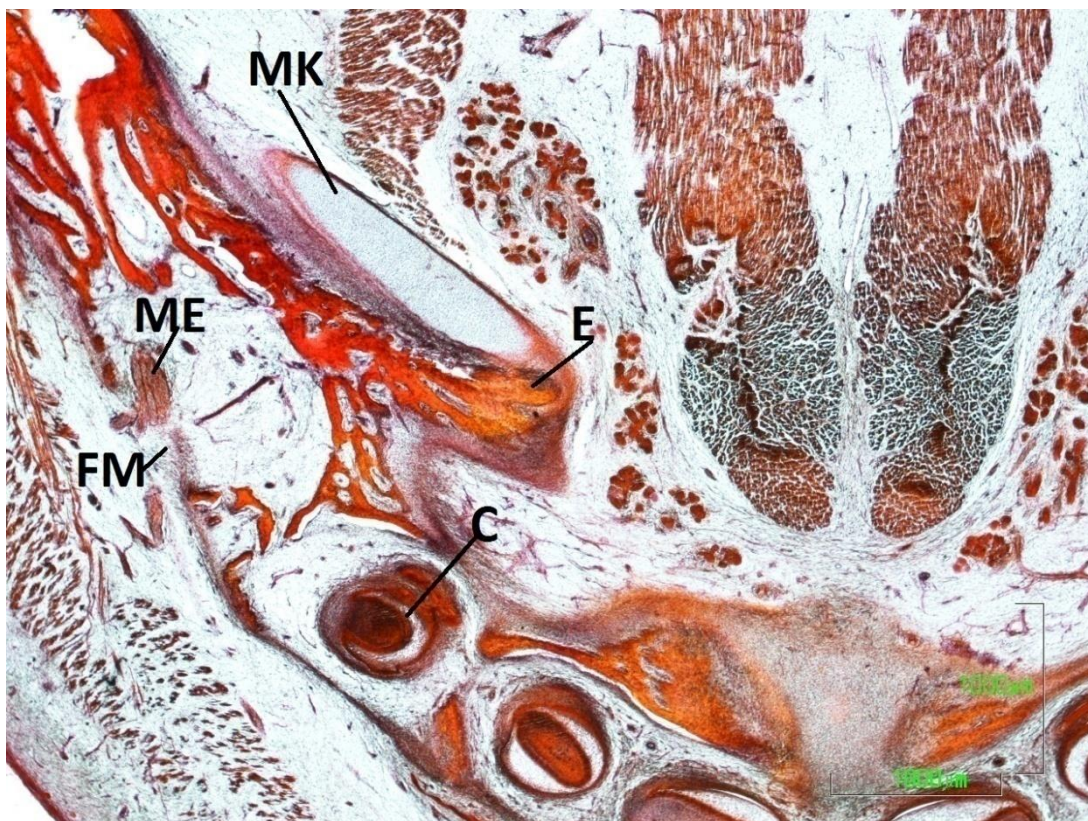


Fig. 54

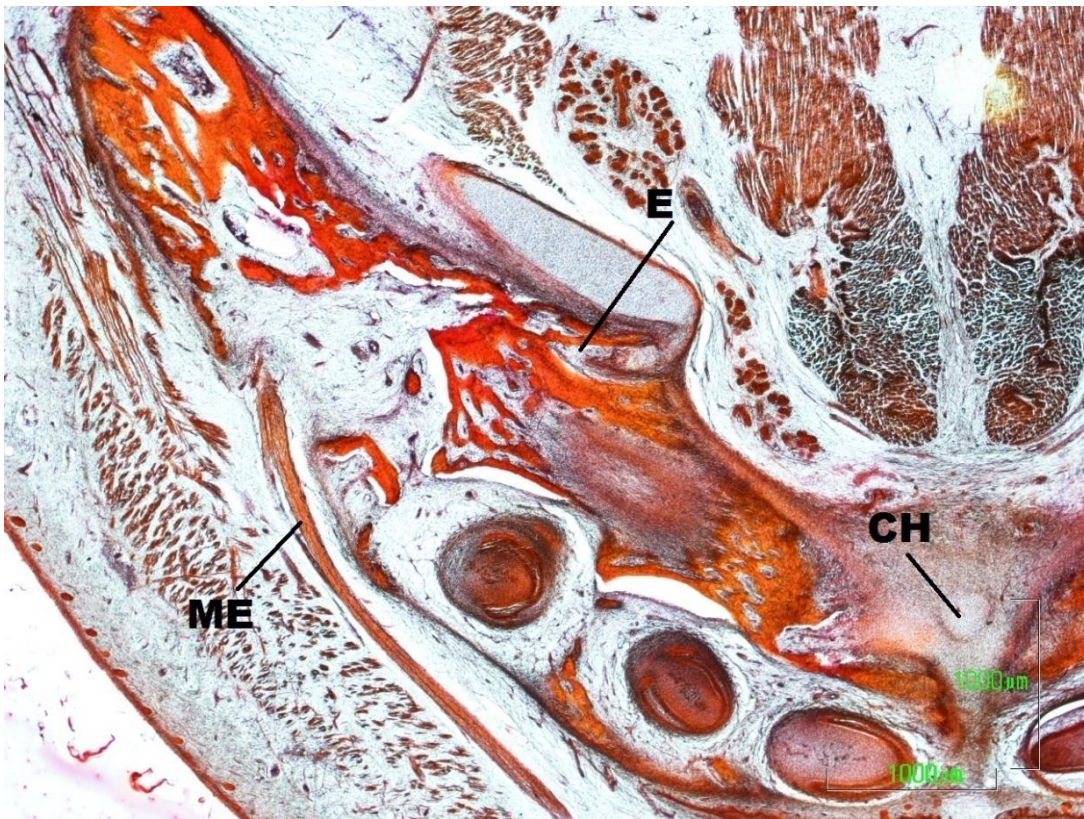


Fig. 55

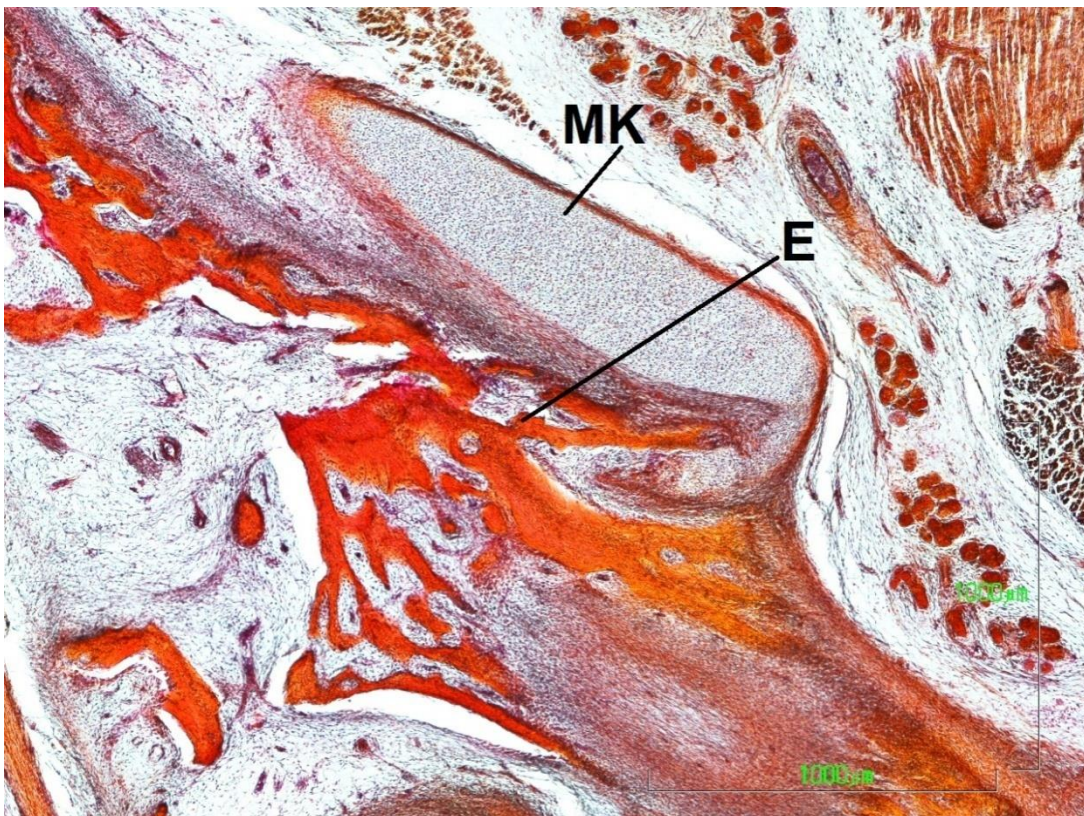


Fig. 56

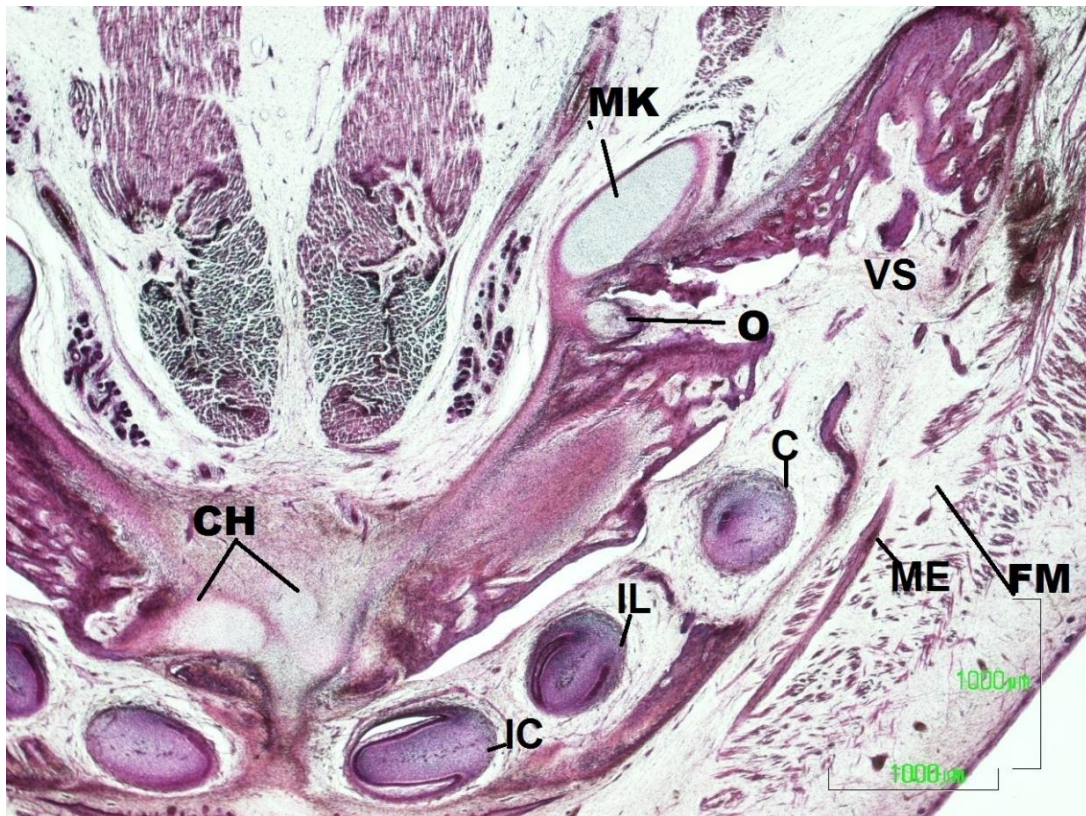


Fig. 57



Fig. 58

FETO HUMANO BE608 (90mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO

Las secciones transversales de este feto humano interesan la sínfisis mandibular, en cuya cara medial se observaron las inserciones de los músculos genioglosos y genihioides. A ambos lados de estos músculos aparecía a uno y otro lado la glándula sublingual (Figs. 59 y 60).

Dorsalmente a la sínfisis, la morfología del cartílago de Meckel en ambos lados era similar. Dorsoventralmente el cartílago presentaba un primer tramo al lado de la cara medial de la mandíbula, con forma ovalada a la sección. En este sector no había ninguna modificación estructural en el mismo (Fig. 59).

A continuación el cartílago penetraba en la mandíbula o ésta le rodeaba para englobarlo (Figs. 60 - 63). En esta zona, el cartílago presenta una curva, cuya concavidad se orientaba dorsal y lateralmente y la mandíbula se expandía rodeando al cartílago, por lo que la cara medial de la mandíbula presentaba una protusión (Figs. 60, 61 y 63). En el tercer tramo el cartílago ofrecía otra curva, pero ya estaba incluido dentro de la mandíbula y en él se apreciaban las características inherentes a una osificación endocondral, donde además fueron observados abundantes vasos sanguíneos (Figs. 64 y 65). Lateralmente al segmento intramandibular del Meckel, donde se osifica, se observó la vena de Serres muy voluminosa (Fig. 65).

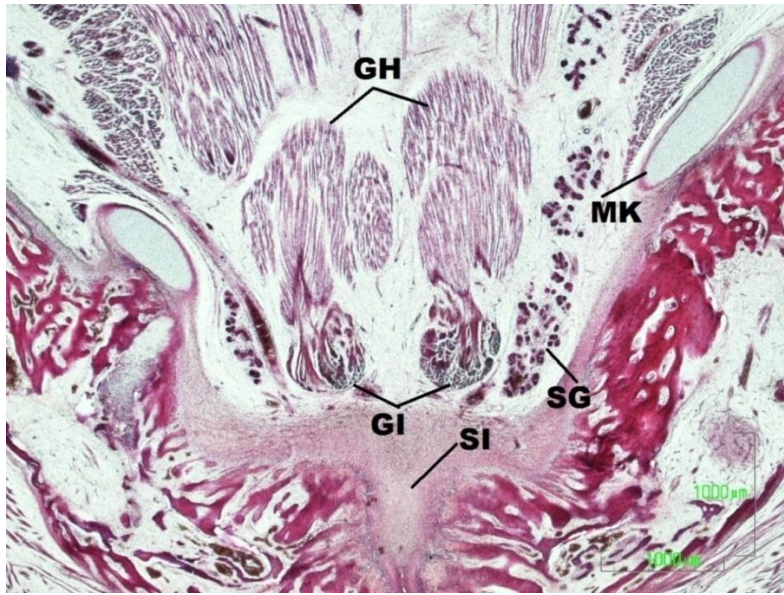


Fig.59

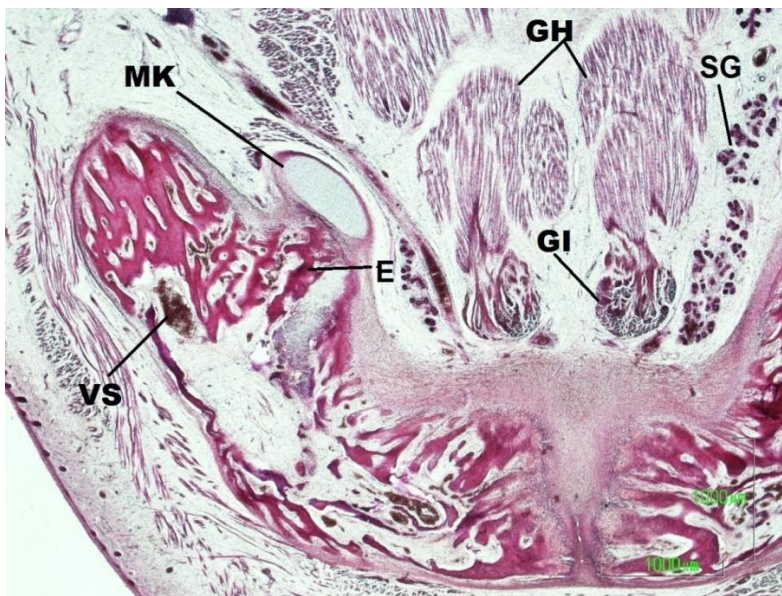


Fig. 60

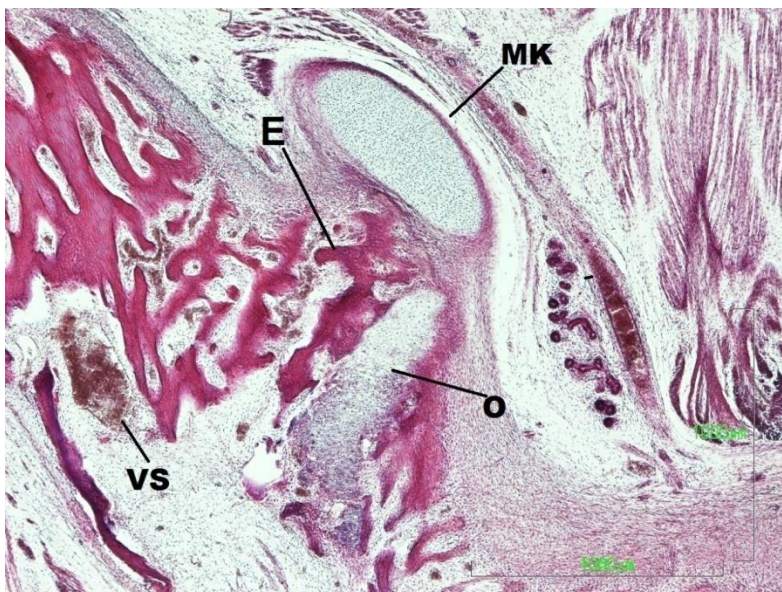


Fig. 61



Fig. 62

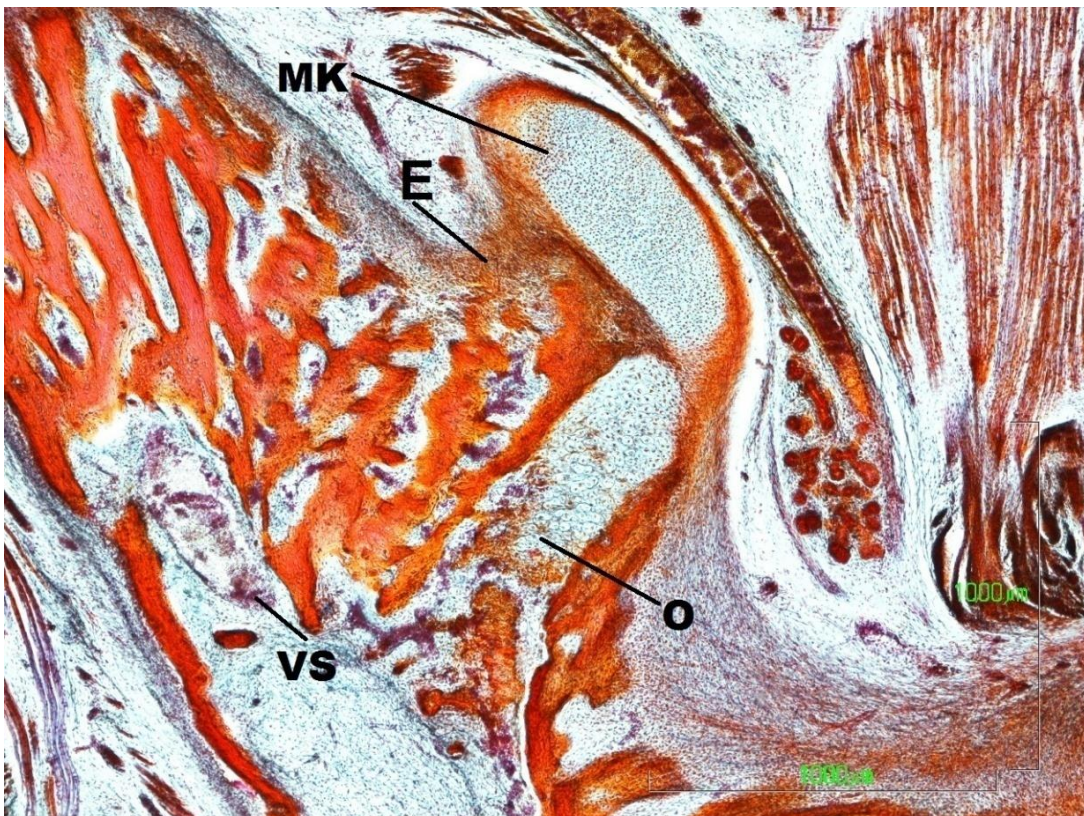


Fig. 63



Fig. 64

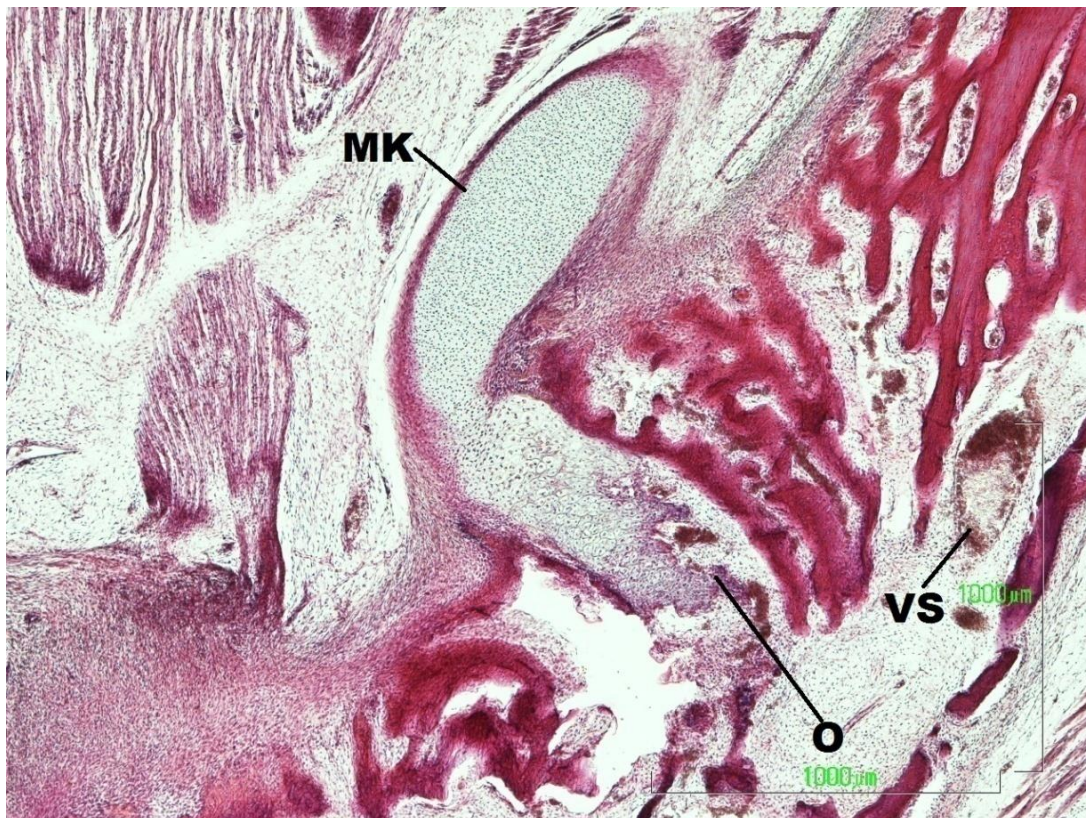


Fig. 65

FETO HUMANO BU18 (93 mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO

Hemos estudiado secciones transversales de la mandíbula, que interesan a la sínfisis y foramen mental en sentido craneocaudal.

A nivel de foramen mental localizado dorsal al germen temporal del canino, y por tanto en la porción alveolar de la mandíbula, el cartílago de Meckel se encontraba adosado a la lámina interna de la mandíbula. A la sección presentaba una morfología ovalada y se relacionaba con el conducto de Wharton situado medialmente (Figs. 66 y 67). Para ello la lámina medial presentaba una evidente protusión (Figs. 66 - 69). Caudalmente y a nivel de la emergencia del nervio mentoniano, en la mandíbula y dorsal a él se observó la vena de Serres. Dorsal a la sínfisis fueron observados los restos cartilaginosos correspondientes a los cartílagos de Meckel. Estos eran continuos con el segmento de los mismos que por osificación endocondral participaban en la edificación de la mandíbula en la región situada ventral a los forámenes mentales (Figs. 66 - 69).

Estos restos cartilaginoso correspondían a la chondriola symphysea o islotes meckelianos. Por tanto en este feto humano se constató como el cartílago de Meckel persiste en la cara dorsal de la sínfisis y dorsal al foramen mental.

En secciones caudales al foramen mental, el cartílago de Meckel formaba una curva de convexidad anterior en el área donde se introducía en la mandíbula para osificarse endocondralmente, pero no fue posible observar la segunda curva que ha sido descrita en estadios anteriores, ya que el cartílago al osificarse desaparecía (Figs. 70 - 73).

La morfología especial que ofrece el cartílago se correspondía con la expansión o protusión de la lámina medial, situada por encima del músculo milohioideo y por tanto en la cavidad oral, muy próxima a la glándula sublingual (Figs. 68 - 73).

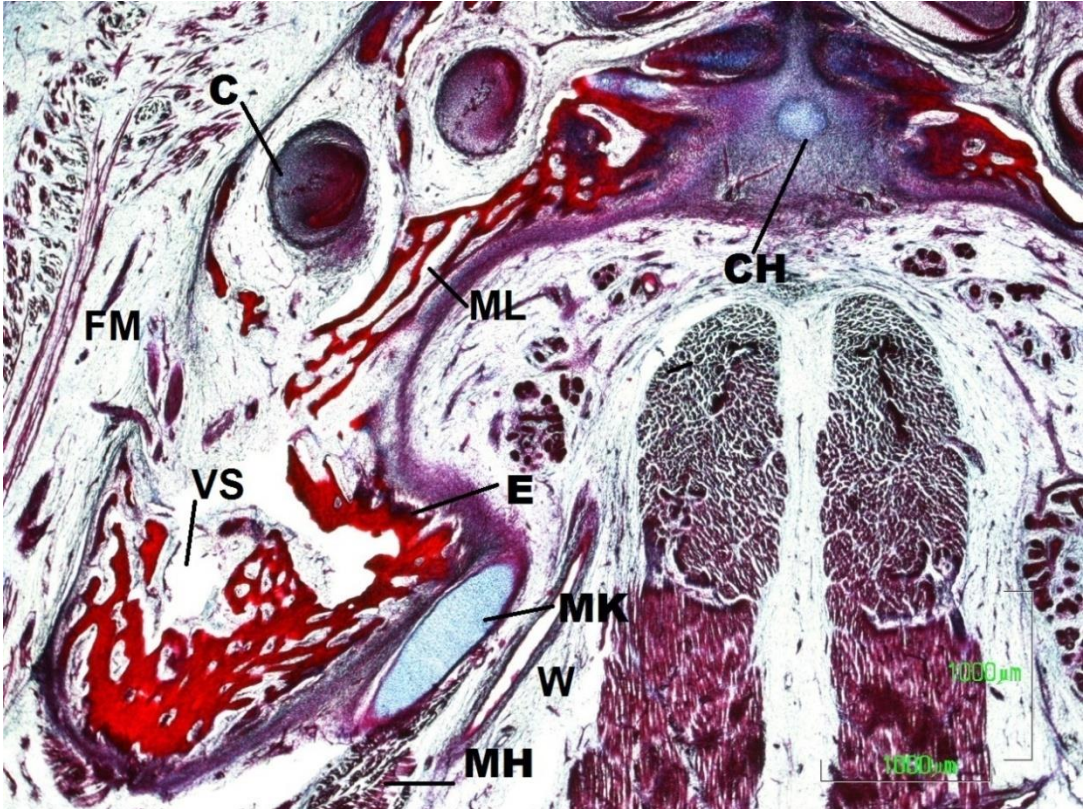


Fig. 66

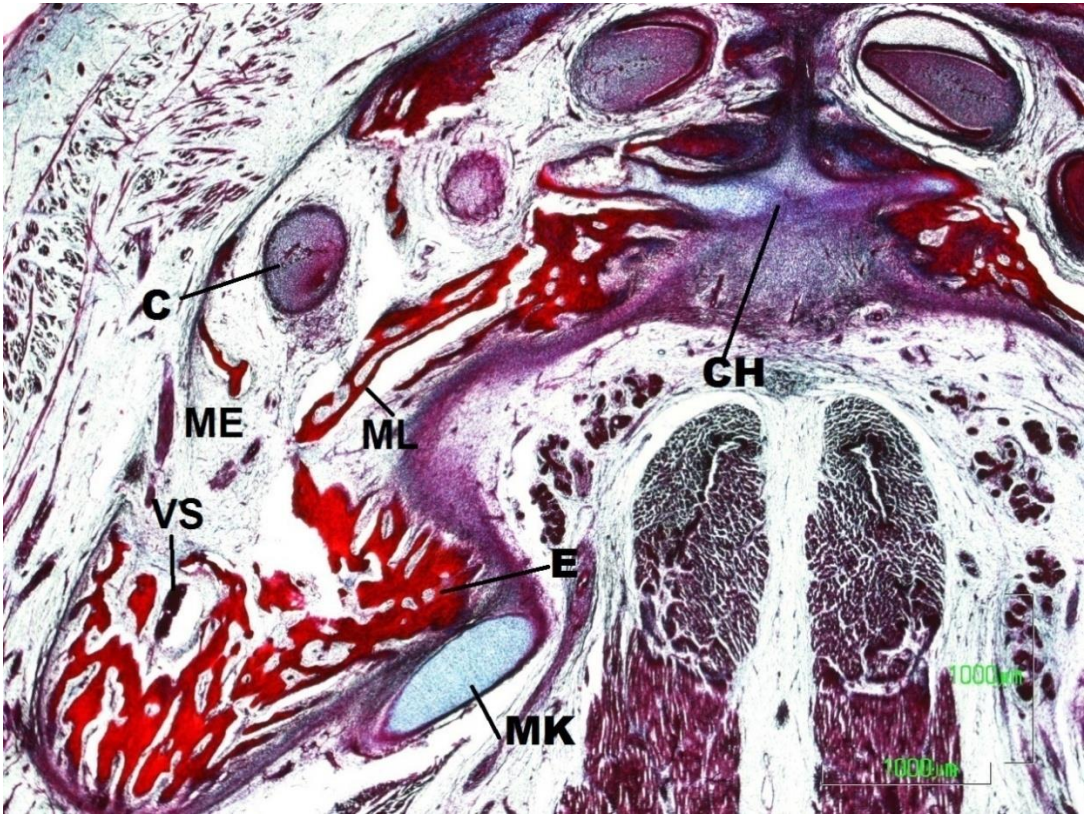


Fig. 67

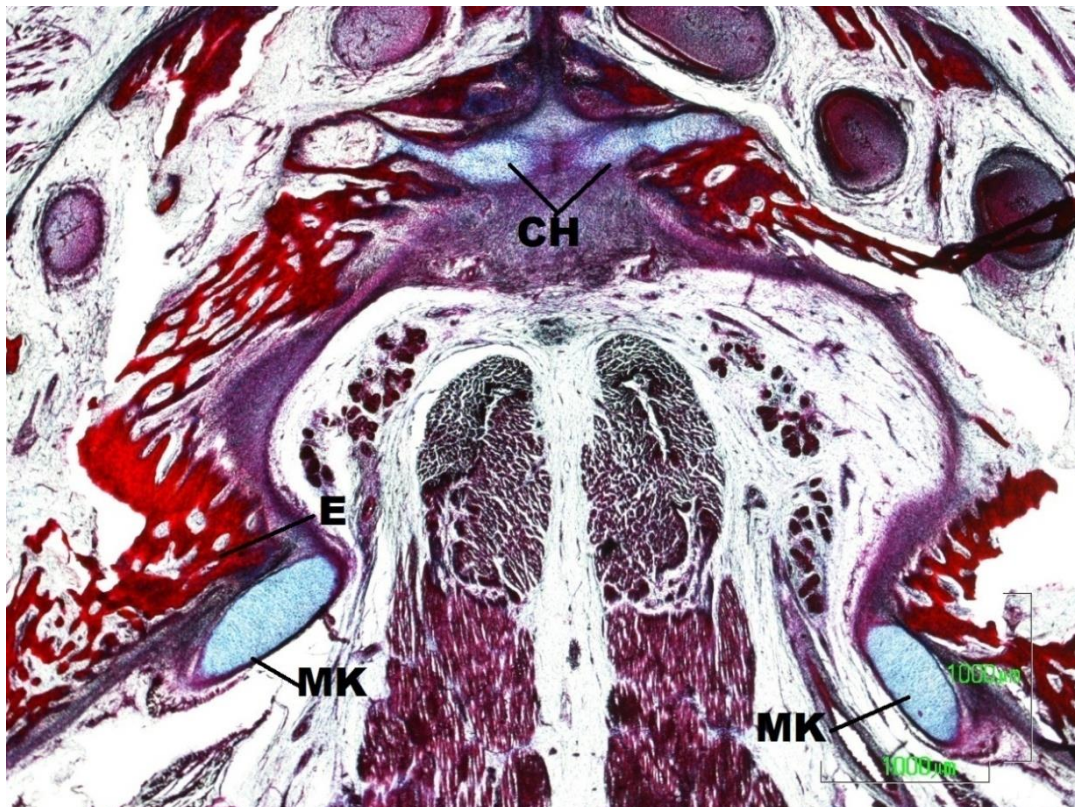


Fig. 68

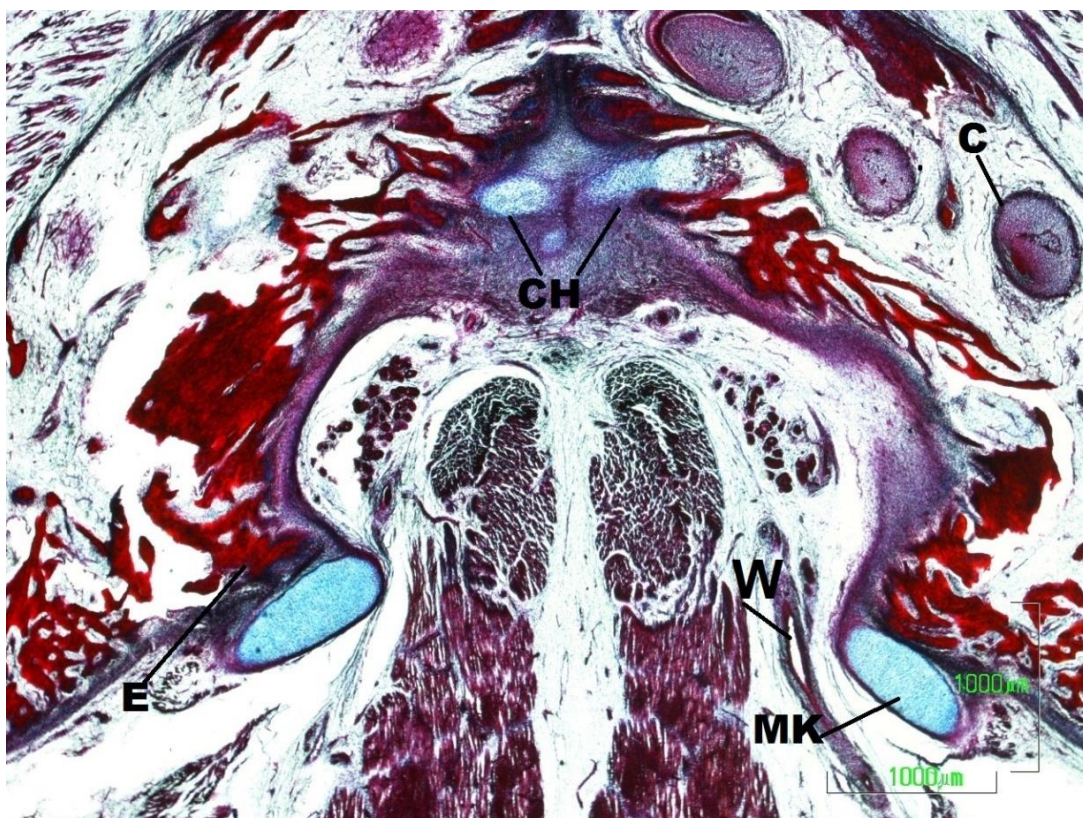


Fig. 69

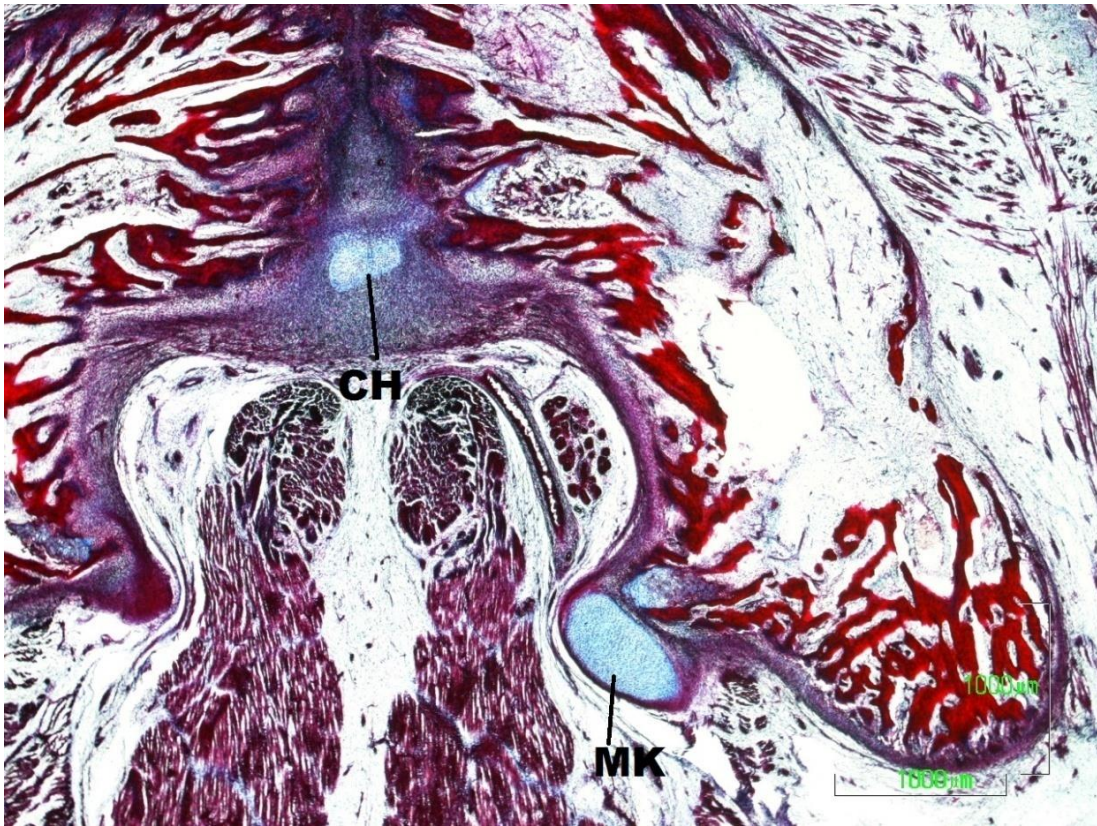


Fig. 70

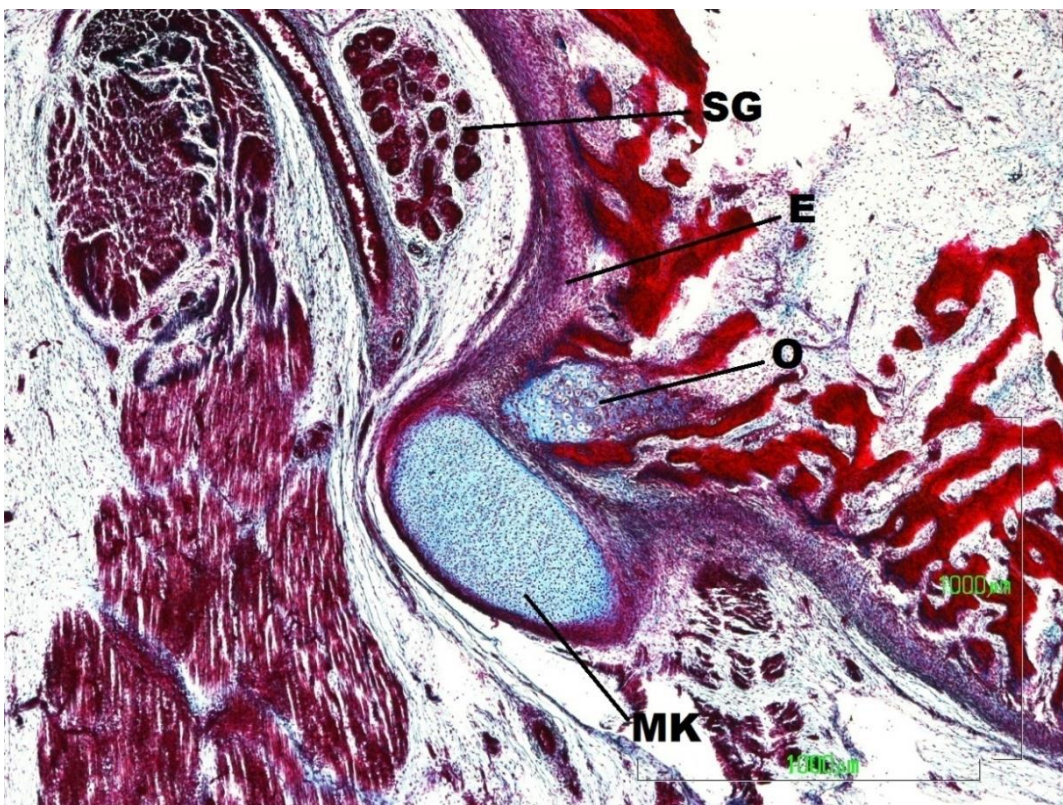


Fig. 71



Fig. 72

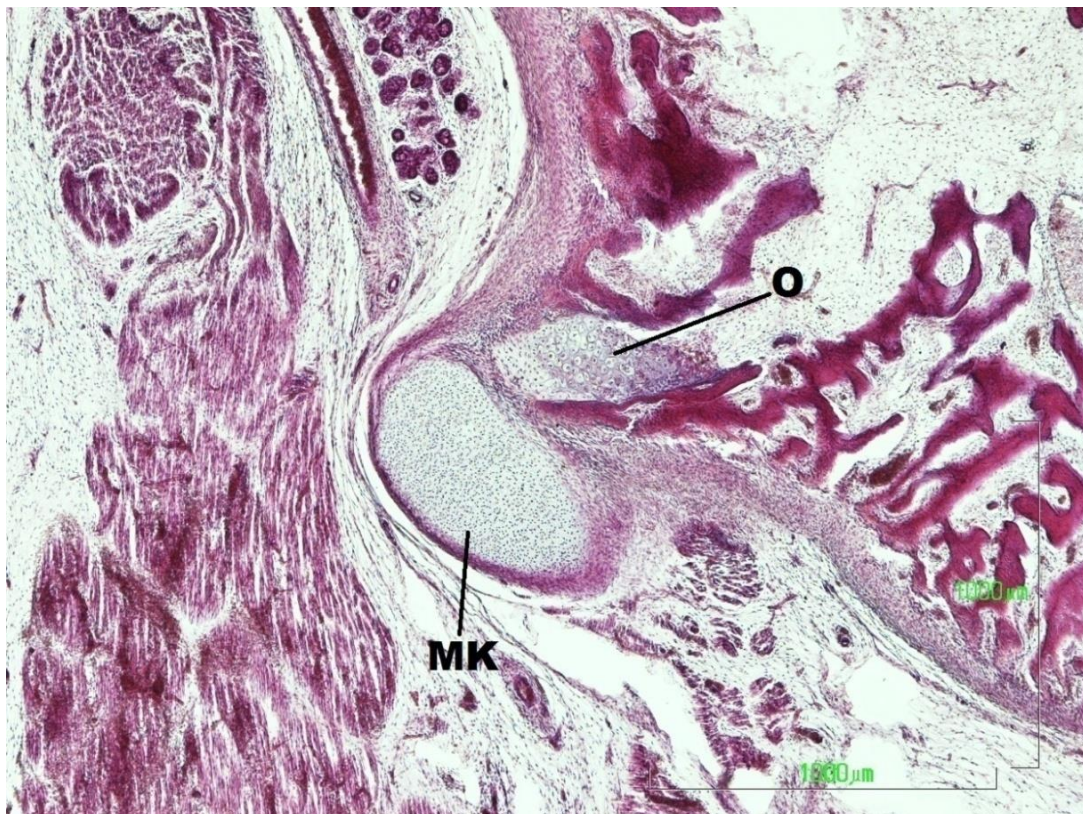


Fig. 73

FETO HUMANO B207 (95 mm)

13 SEMANAS DE DESARROLLO.

En las secciones frontales, muy próximo al foramen mental, la mandíbula presentaba dos áreas bien definidas, una craneal al foramen, porción alveolar que constaba de dos láminas medial y lateral. En la lateral se perfilaba el foramen mental, donde se observó el nervio mentoniano dividido en ramas. Entre las dos láminas se estaba configurando el alveolo del canino y entre ellas el germen dentario del canino temporal (Fig.76). La mitad caudal de la mandíbula constituirá la porción basal, formada por hueso de osificación intramembranosa. En la cara medial de la mandíbula y entre las dos partes, porción alveolar y basal, se observó el cartílago de Meckel, muy reducido de tamaño en comparación con la mandíbula y se encontraba craneal a la inserción del músculo milohioideo y caudal al conducto de Wharton (Figs. 74 – 77).

El cartílago de Meckel presentaba dos partes; una situada por fuera de la mandíbula y otra en su interior. La situada por fuera ofrecía las características observadas previamente en el cartílago. Por el contrario la parte que quedaba dentro de la mandíbula presenta una osificación endocondral (Figs. 75, 76, 77 y 80). Además éste área presenta dos características asociadas:

- una era el saliente o protuberancia que tenía la mandíbula y que alcanzaba el cartílago de Meckel (Figs. 75 - 81).
- otra es el cambio de dirección o curva que experimentaba el cartílago en esta área y que se puede observar en la secuencia de imágenes (Figs. 75 – 81). Por otro lado y también en esta zona fue observado como comenzaba a constituirse la vena de Serres. Esta vena por tanto se formaba en el mismo lugar que se producía la osificación endocondral del cartílago de Meckel (Figs. 75, 79, 80 y 81).

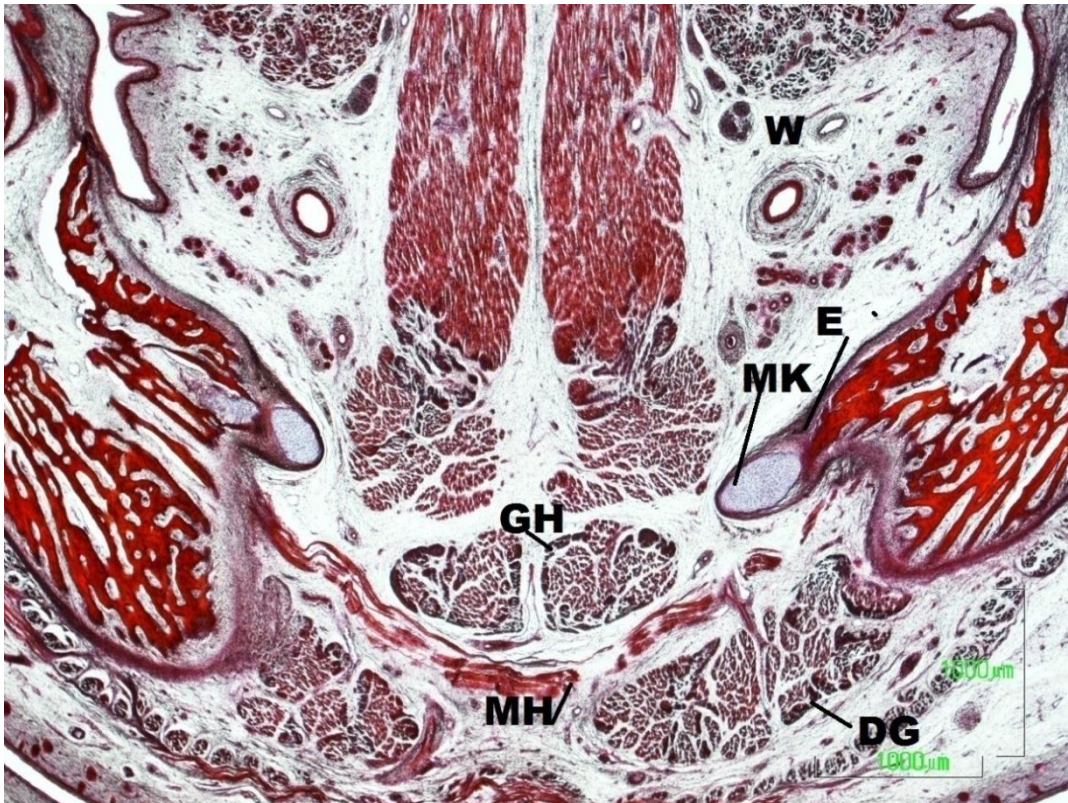


Fig.74

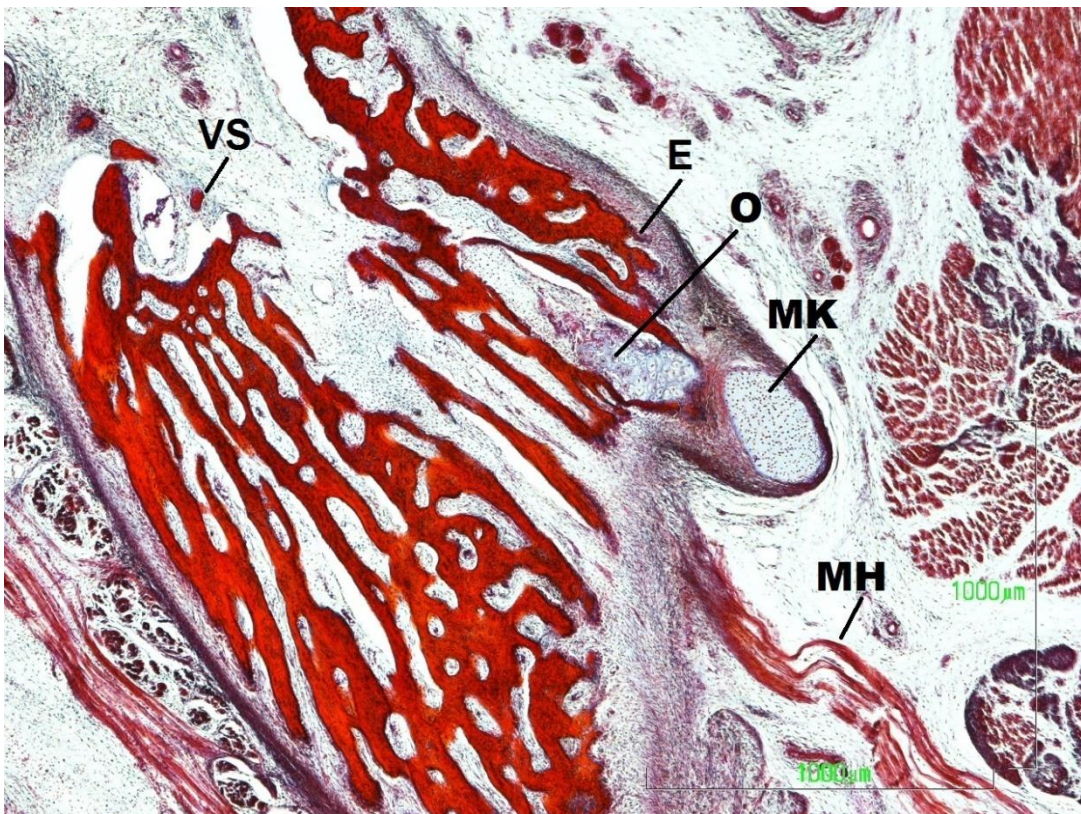


Fig.75



Fig.76

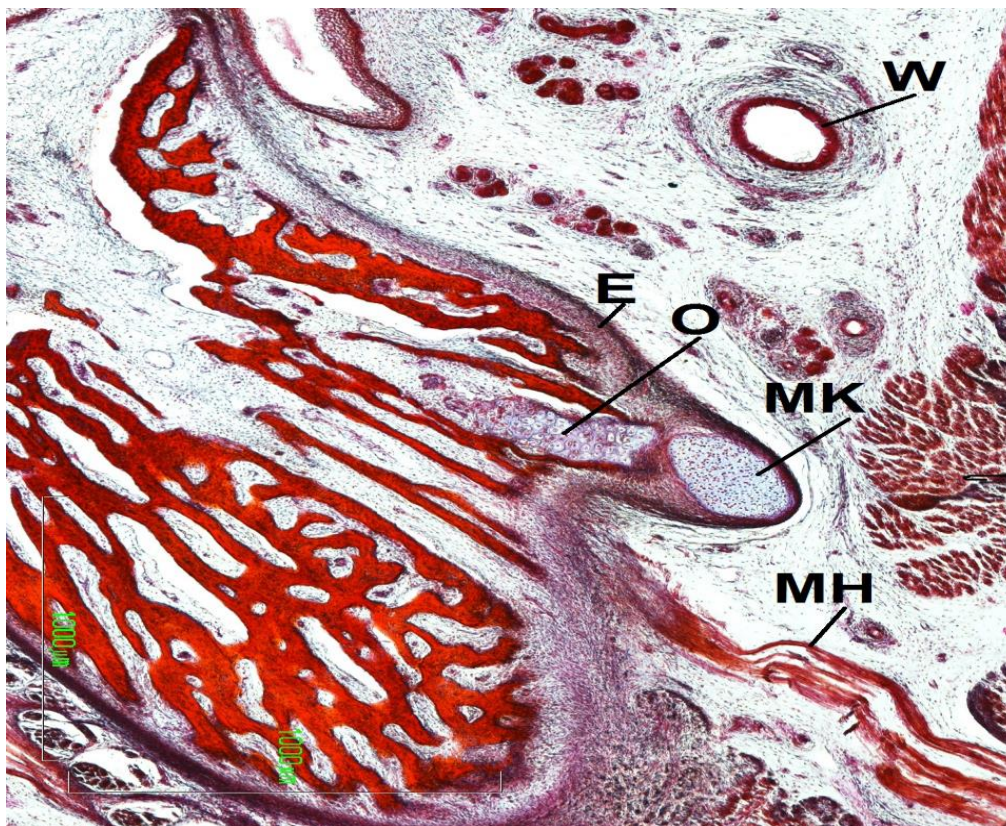


Fig.77

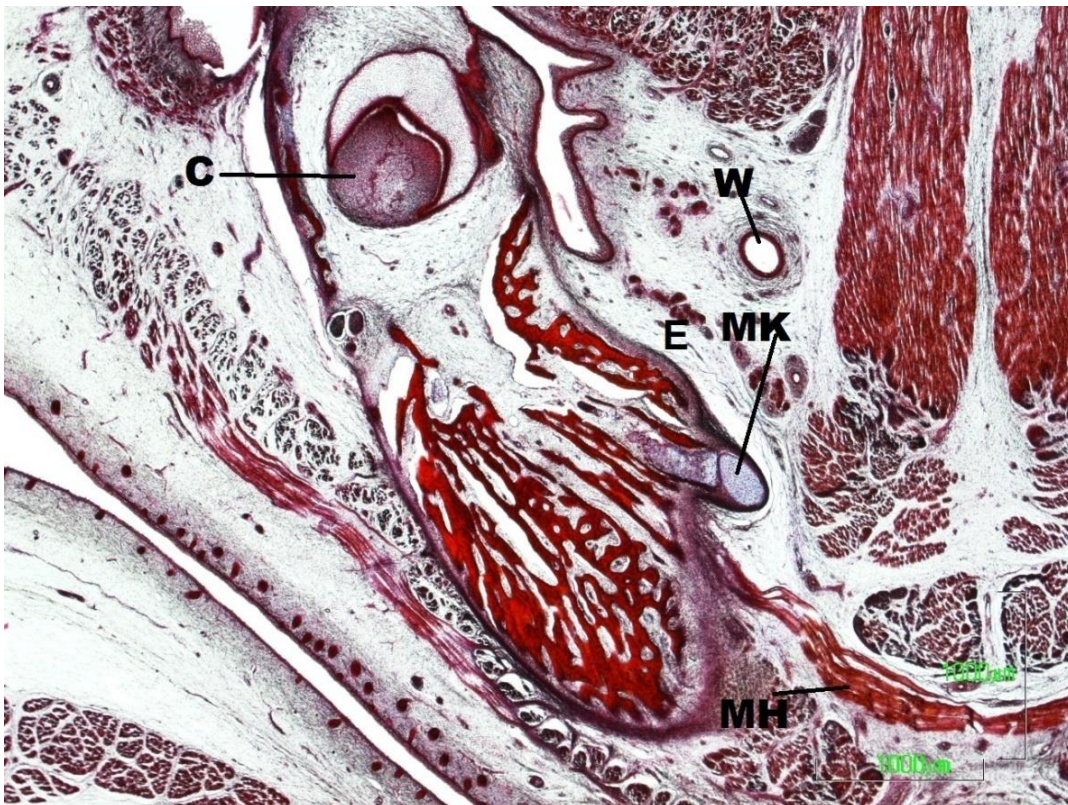


Fig. 78

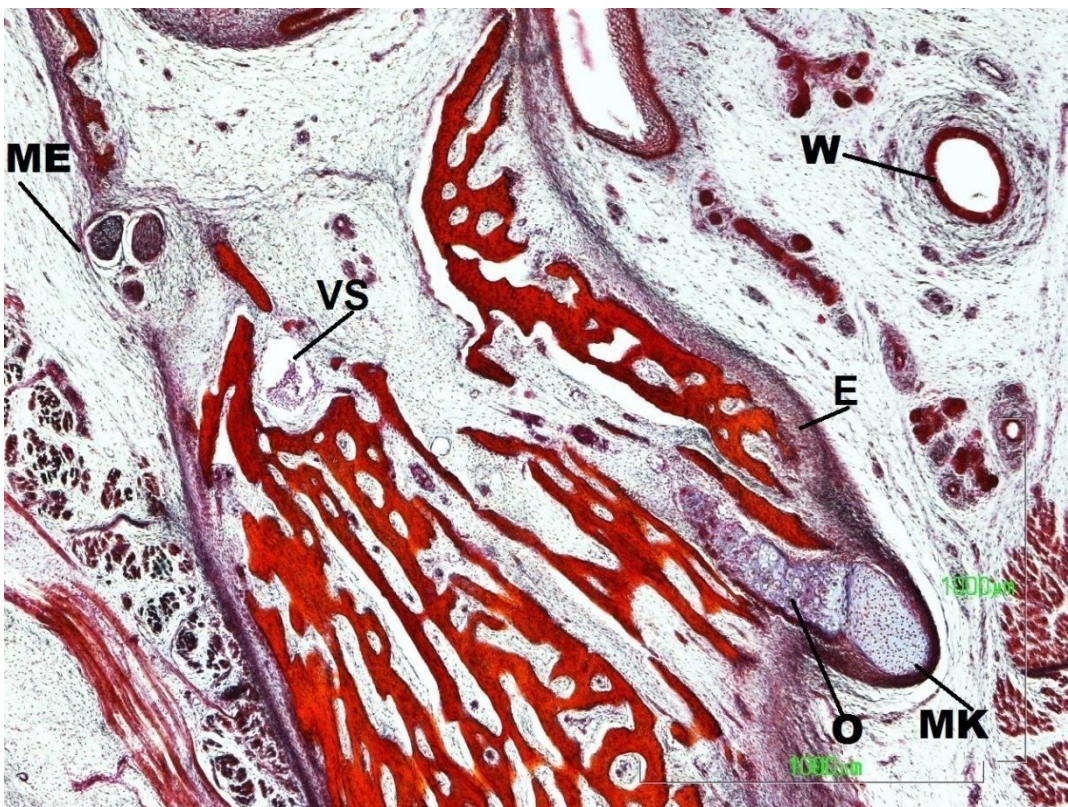


Fig.79



Fig.80

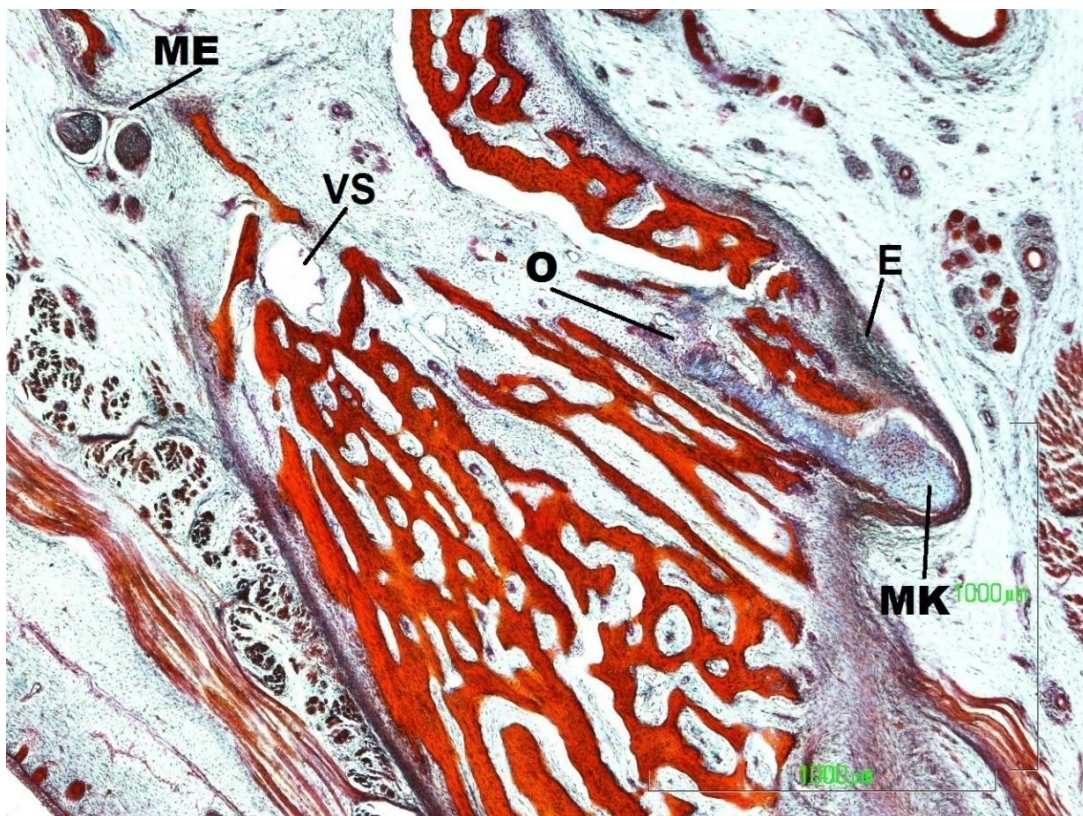


Fig. 81

FETO HUMANO BU007 (107 mm)

14 SEMANAS DE DESARROLLO.

En las secciones frontales de este espécimen, se muestra con claridad como la mandíbula consta de dos partes bien diferenciadas, una porción superior o alveolar, donde se encuentra conectado a la cresta dentaria el germen dentario temporal y otra parte o basal formada por hueso de osificación intramembranosa, cuyas trabéculas óseas se disponen paralelamente unas a otras y tratan de confluir hacia un espacio situado en la mitad de la mandíbula donde se localizó la vena de Serres (Fig. 86).

El nervio mentoniano se situaba muy cerca de la cortical externa, ya que estaba muy cerca de abrirse en el foramen mental, aquí el nervio dentario inferior se dividía ya en el nervio mentoniano y nervio incisivo. Estos nervios se sitúan entre el germen dentario del canino temporal y la vena de Serres. Medial a la mandíbula se seccionó el conducto de Warthon y caudalmente a la glándula sublingual (Figs. 83, 84 y 86).

El cartílago de Meckel había reducido notablemente su tamaño en comparación con la mandíbula y a estadios anteriores. Se encontraba aplicado sobre la superficie medial de la mandíbula, en un saliente o protusión que presentaba la misma. De forma ovalada a la sección y bien visible en un nivel dorsal pero muy próximo a foramen mental, el cartílago de Meckel prácticamente desaparecía a la altura del foramen mental (Figs.82 - 86).

A nivel del foramen mental todavía se podían observar algunos restos del cartílago de Meckel en vías de osificación endocondral (Figs. 83 y 85).

La protusión de la mandíbula que conecta ésta con el cartílago de Meckel en este sector del orificio mentoniano, se disponía craneal al músculo milohideo y por tanto en la cavidad bucal (Figs. 82, 83 y 86).

Un hecho morfológico diferenciativo con estadios anteriores, fue que el cartílago de Meckel , al osificarse aquella porción que se encontraba en el

interior de la mandíbula , donde presentaba incurvaciones, estas han desaparecido, en virtud de la osificación endoncondral del cartílago comentado.

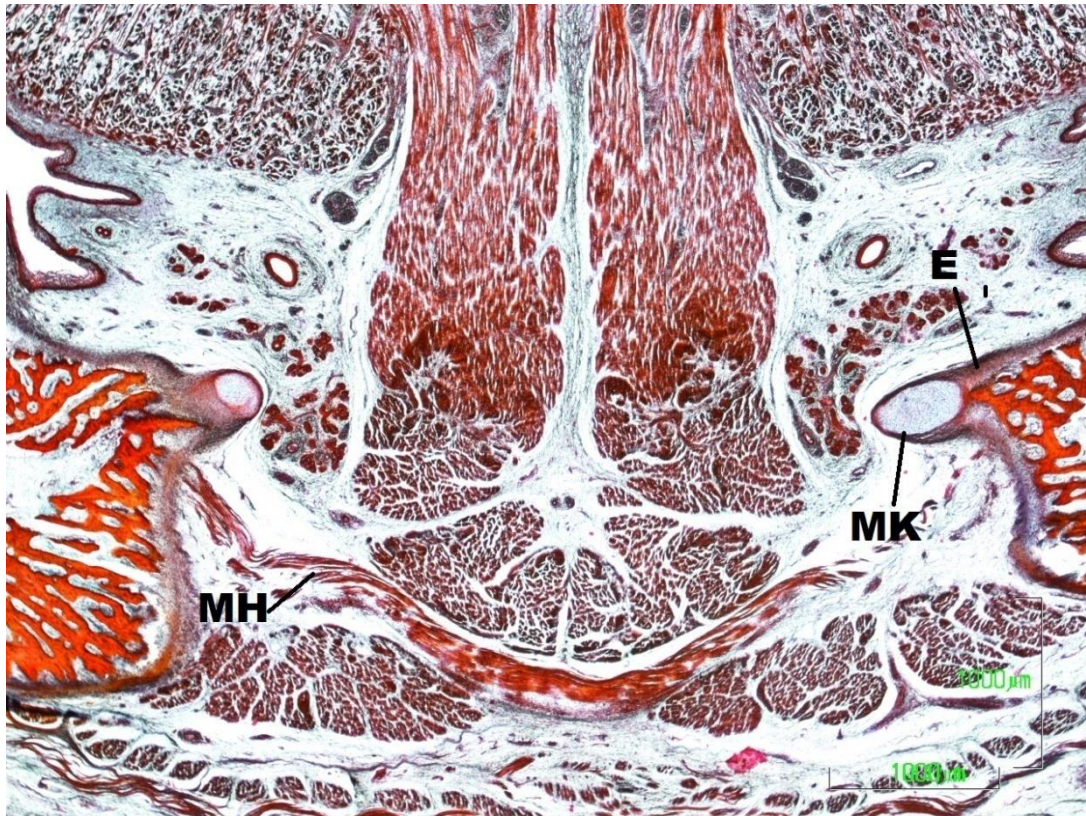


Fig. 82

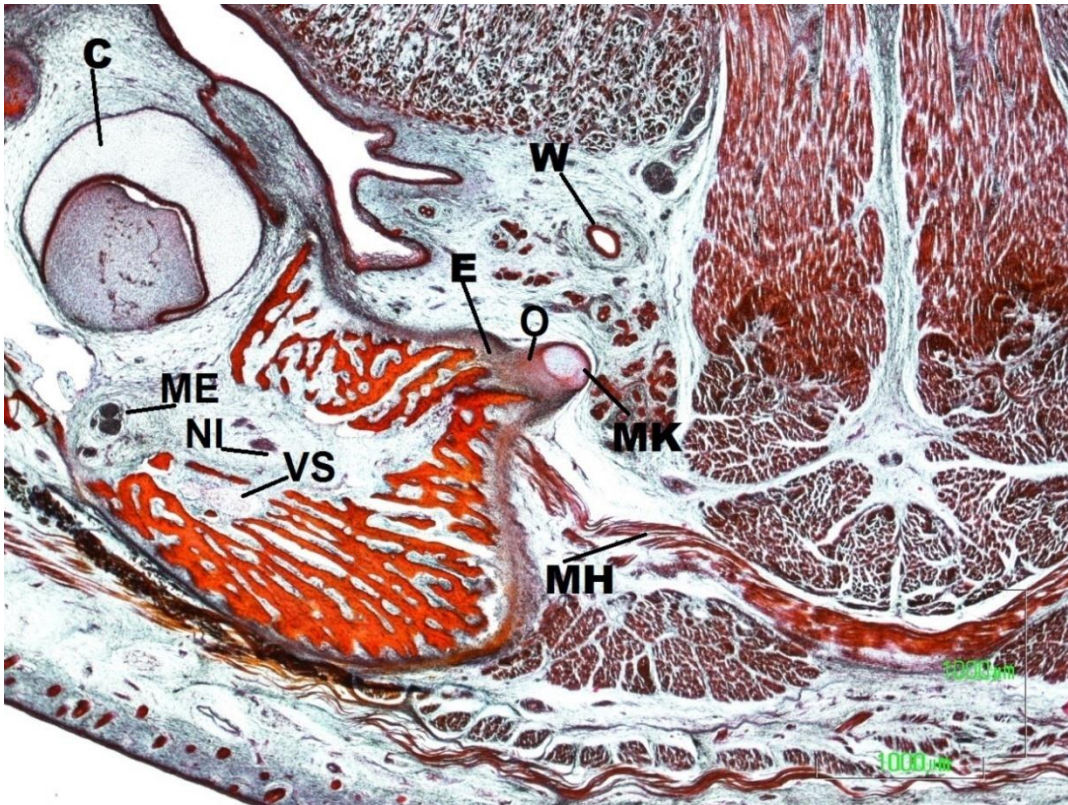


Fig. 83

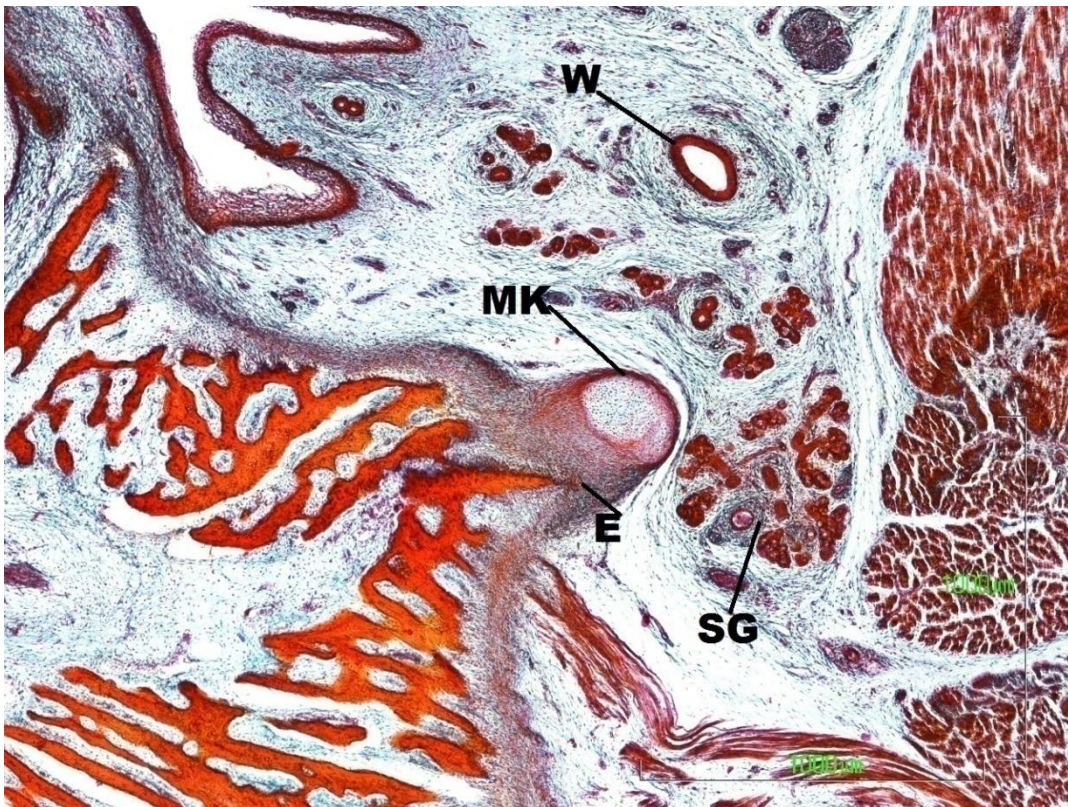


Fig. 84

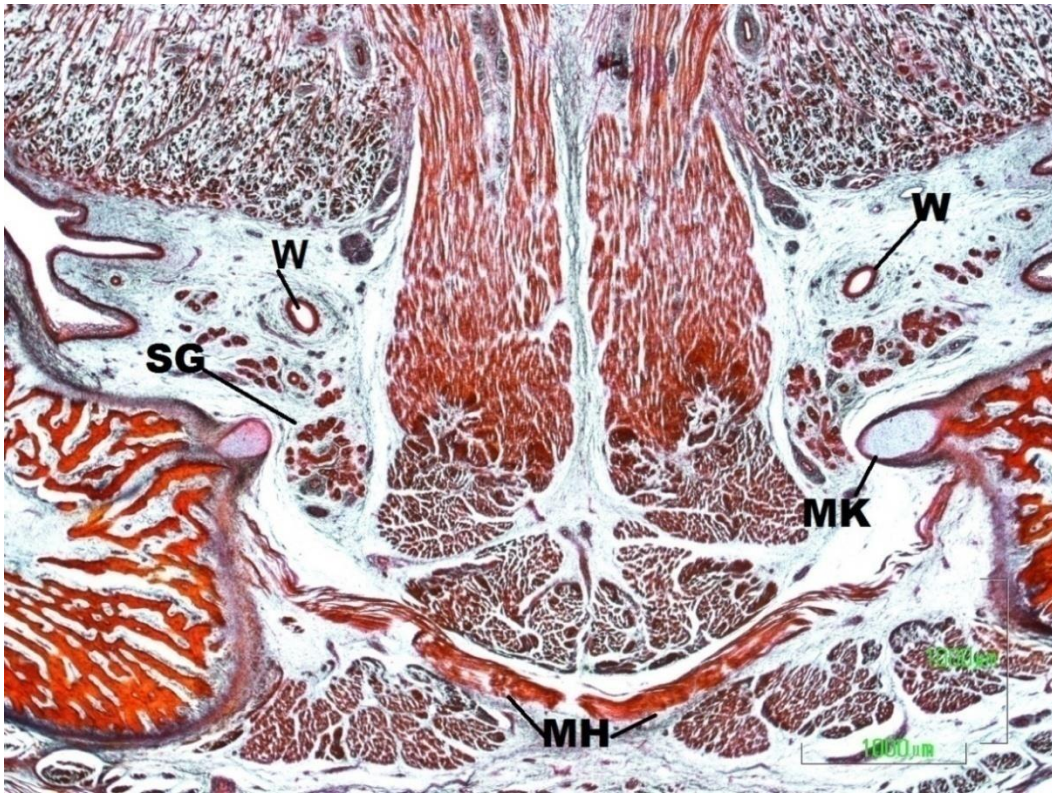


Fig. 85

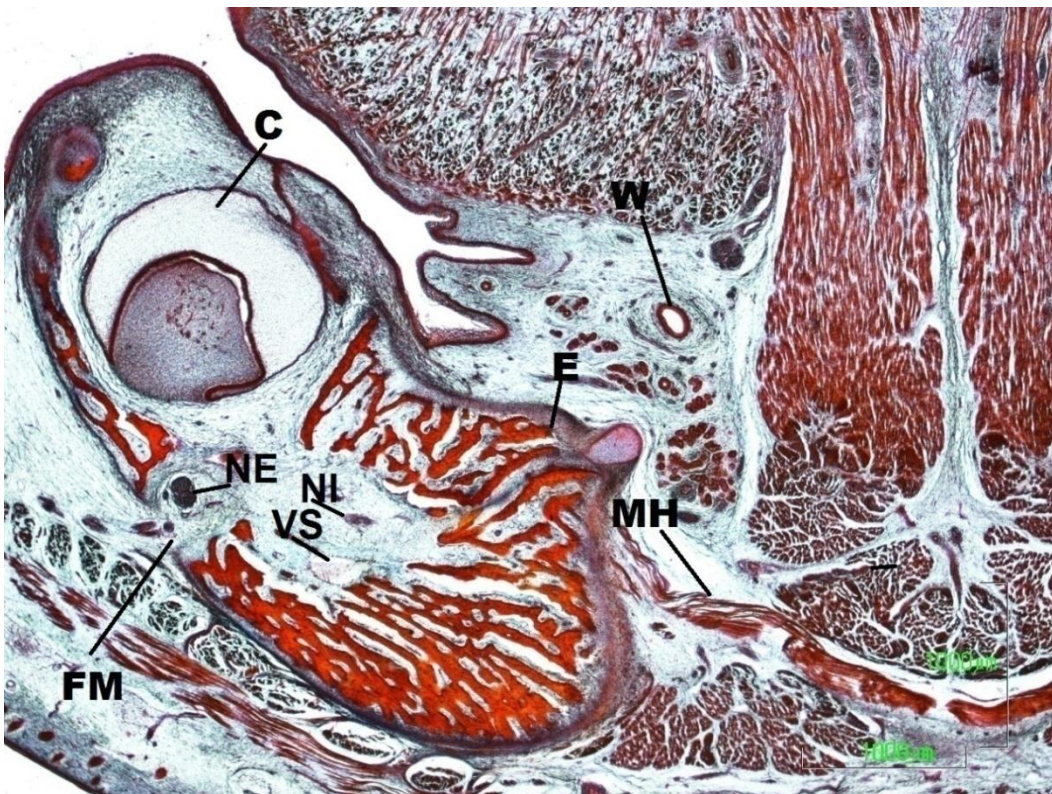


Fig. 86

Discusión

El presente estudio está basado en las relaciones que presenta la mandíbula durante la etapa de osificación de los cartílagos de Meckel. Tiene por objetivo demostrar que, la mandíbula adquiere una morfología especial y que esta morfología era constante en todos los especímenes estudiados.

El desarrollo de la mandíbula humana está relacionado con el cartílago del primer arco branquial o cartílago de Meckel, siendo en la región anterior comprendida entre los forámenes mentonianos, donde el cartílago experimenta una serie de transformaciones que conducirán a la participación activa en la formación de una parte del cuerpo mandibular, como ha sido descrito por Rodríguez-Vázquez y cols. (1997b). Esta región del cartílago de Meckel corresponde a la denominada por Mugnier (1964) región parasinfisaria.

Desde un punto de vista embriológico, la expresión de región sinfisaria parece ser más acertada ya que, aunque en sentido estricto, corresponde a la zona ventral y medial de la mandíbula que como indicó Gaspard (1978) y Rodríguez-Vázquez y cols. (1997b), los límites de esta región se extienden lateralmente hasta los agujeros mentonianos.

En nuestro estudio observamos que cuatro procesos son coincidentes en el desarrollo de la mandíbula:

- a) osificación endocondral del cartílago de Meckel.
- b) formación de la vena de Serres.
- c) presencia de curvaturas en el cartílago de Meckel.
- d) prominencia o expansión de la lámina medial de la mandíbula.

Aunque parte de ellos han sido analizados aisladamente en distintos trabajos (Rodríguez-Vázquez y cols. 1997, 2011 y 2013), en este estudio se ha

determinado que todos están interrelacionados entre sí, y que son determinantes en la morfología que adquiere la mandíbula y que podría ayudarnos a comprender la constante protusión que se forma en la cara medial de la misma en el área próxima al foramen mentoniano.

Nuestro estudio se limita a una etapa muy concreta del desarrollo, aquella donde se producen los profundos cambios que determinan su morfología, ya que es donde coinciden los cuatro procesos anteriormente mencionados y además es este periodo el menos analizado. Para ello nos hemos basado en los estudios previos realizados por Rodríguez-Vázquez y cols. (1997, 2011, 2015).

La discusión la desarrollamos en los cuatro aspectos señalados previamente, y esencialmente en los puntos c y d.

a) Osificación endocondral del cartílago de Meckel.

Nuestro estudio confirma que los cartílagos de Meckel presentan una osificación endocondral desde la zona situada en el folículo dentario del canino y del primer molar decidual (aproximadamente a la altura del agujero mentoniano) hasta la región ventral y media de la mandíbula en desarrollo, por debajo y detrás de los incisivos centrales temporales, donde el cartílago permanece aislado en la cara dorsal de la futura sínfisis (Rodríguez-Vázquez y cols., 1997).

La osificación de los cartílagos de Meckel lleva consigo que sus extremos ventrales, estrangulados por el tejido óseo, vayan aislándose en forma de dos nódulos en el tejido fibroso que a manera de cuña ocupa la cara dorsal de la sínfisis. Kölliker (1849), les dio el nombre de “chondriola symphysea” En este sentido nuestras observaciones confirman las de Henneberg (1894), Bertolini y

cols. (1967), Bolender (1972), Goret-Nicaise (1982), Goret-Nicaise y Dhem (1982), Goret-Nicaise y Dhem (1983) y Rodríguez-Vázquez y cols. (1997b).

b) Formación de la vena de Serres.

La osificación endocondral de los cartílagos de Meckel coincide en el tiempo con la formación de la vena de Serres (Rodríguez-Vázquez y cols., 2011). Por ello, como opina Rodríguez-Vázquez y cols. (2011), cuando la mandíbula ya se ha formado, esta vena deja de tener el significado de ser la vía de drenaje de los procesos de osificación del cuerpo de la mandíbula. Por tanto, si bien la osificación de los cartílagos ha sido ampliamente descrita (Masquelin, 1878; Baumüller, 1879; Kölliker, 1861; Rengel Sanchez, 1954; O'Rahilly y Gardner, 1965; Bertolini y cols., 1967; Kjaer, 1975; Goret-Nicaise y Dhem, 1983; Goret-Nicaise y Pilet, 1983; Goret-Nicaise, 1986; Sperber, 1989; Oliarguet y cols., 1993 a, b y 1994) y que el tipo de osificación es endocondral (Richany y cols., 1956; Kjaer, 1975; Goret-Nicaise y Dhem, 1983 y Oliarguet y cols., 1993a y 1994), hasta los recientes estudios realizados por Rodríguez-Vázquez y cols. (2011), no se había establecido ninguna relación entre la misma y la formación de la vena de Serres.

Por tanto, la mandíbula, especialmente la región de la sínfisis, corresponde a un modelo de osteogénesis - destrucción. La osteogénesis - destrucción aumenta la angiogénesis (Fang y cols., 2005; Zheng y cols., 2009). Siendo esta una de las razones del por qué la vena de Serres se origina en la osificación endocondral del cartílago de Meckel. El propio cartílago es probable que no lleve información sobre la diferenciación en el hueso o ligamento (Chung y Nishimura, 1999; Ishizeki y cols., 2001). Así pues, la angiogénesis permite mayor probabilidad de proporcionar inducciones químicas para regular la diferenciación del cartílago. En ratones, Sakakura y cols. (2007 y 2008) informaron de unos factores químicos específicos en la osificación endocondral del cartílago de Meckel, aunque no tenemos ninguna información sobre la vena de Serres en animales de experimentación.

Observamos, y al igual que Rodríguez-Vázquez y cols. (2011) hasta la décimo primera semana, que una vena definitiva estaba formada por la confluencia del drenaje venoso de las áreas de la osificación endocondral del cartílago de Meckel y de la osificación membranosa de la región de la sínfisis de la mandíbula. El desarrollo inicial mostró una estrecha relación topográfica con la osificación endocondral del cartílago de Meckel. En particular, la vena estaba aislada del paquete vasculonervioso dentario inferior.

Además, en este estadio se iniciaba la formación del conducto de Serres. El conducto de Serres parece que no se corresponde con el canal mandibular fetal descrito por Sicher y Tandler (1930) y Bogdanova (1970).

La vena de Serres no es un afluente de la vena alveolar inferior, sino que es independiente. En contraste con la vena alveolar inferior que sería el principal drenaje de los gérmenes dentarios, la vena de Serres sería la vía de drenaje principal de gran parte de la mandíbula. Opinión que ha sido puesta de manifiesto por Rodríguez-Vázquez y cols. (2011).

Según todo lo anterior podemos determinar que la chondriola symphysea es la consecuencia del desarrollo de los cartílagos de Meckel (Rodríguez – Vázquez y cols., 1997), de la misma manera que la vena de Serres es también la expresión del tipo de osificación de la mandíbula (Rodríguez-Vázquez y cols., 2011).

Por tanto, según lo comentado hasta ahora es aceptado que la región la región del corpus mandibulae denominada región sinfisaria, tiene un desarrollo diferente al resto del hueso. A esto dos procesos bien estudiados hasta la fecha y que nosotros confirmamos en su totalidad, se añaden otro dos hechos que son la presencia de curvaturas en el cartílago de Meckel, y la prominencia o protusión de la lámina medial de la mandíbula.

c) Curvaturas en el cartílago de Meckel.

Las inflexiones o curvaturas del cartílago de Meckel fueron observadas por Rodríguez-Vázquez y cols. (1997). Estas curvaturas, denominadas como cambios de dirección, las reflejó en la Fig. 10 de su trabajo. Los cambios de dirección se encontraban en los límites anterior y posterior del área que se osificaba de los cartílagos para contribuir a la formación de la mandíbula. No obstante esta morfología específica de los cartílagos de Meckel no fue analizada en la etapa que nosotros abordamos en nuestro estudio y especialmente en el área próximo al foramen mentoniano.

Efectivamente en nuestro estudio, en los estadios analizados, observamos que el cartílago de Meckel presentaba una doble curva en el área del foramen mentoniano. Esta morfología fue posible observarla muy bien en las secciones transversales. El primer tramo del cartílago estaba localizado medial a la mandíbula y fuera de ella, es decir extra mandibular. En este primer tramo o sector el cartílago de Meckel no ofrecía ninguna característica que denotara modificación en su citoestructura. El siguiente tramo del cartílago presentaba una curva muy significativa, cuya convexidad era ventral y estaba localizada en el punto donde el cartílago penetraba en la mandíbula, o la mandíbula comenzaba a rodear al cartílago. El tercer tramo el cartílago se encontraba dentro de la mandíbula, intramandibular y rodeado por una expansión de la misma, similar a una protuberancia. En este tercer sector el cartílago se estaba osificando endocondralmente y además presentaba una morfología curva, cuya convexidad era dorsal. Por tanto en conjunto el cartílago de Meckel ofrecía una morfología de doble curvatura, la primera fuera en parte, la segunda dentro de la mandíbula.

Pero también era evidente el cambio morfológico del Meckel en las secciones frontales. El cartílago de Meckel presentó una morfología ovalada en el lado inmediatamente dorsal a la del foramen mental, pero por el contrario,

el cartílago exhibió un marcado cambio en la dirección con una o doble curvatura en el nivel del agujero mentoniano en forma de S. La curvatura era tan marcada que dos segmentos independientes de cartílago de Meckel parecían estar presentes en las secciones frontales. La primera curva corresponde a la zona donde el cartílago fue rodeado por la expansión de la lámina medial de la mandíbula. La segunda curva ya estaba dentro de la mandíbula y su osificación endocondral estaba en el proceso de lisis de los condrocitos para a continuación sus espacios ser ocupados por vasos sanguíneos. El cartílago ofrecía un trayecto ascendente, por lo que en conjunto el cartílago presentaba en este área y desde dorsal a ventral una dirección caudo craneal y medio lateral.

A las 13 semanas de edad gestacional (93 mm) y como consecuencia de los procesos de osificación del cartílago de Meckel, la segunda curva mencionada, que se encontraba en el interior de la mandíbula, desapareció debido a la osificación de este tramo cartilaginoso y se siguió observando la primera curva.

A partir de la 14 semana de edad gestacional (107 mm) el cartílago de Meckel al osificarse en aquella porción que se encontraba en el interior de la mandíbula, las incurvaciones observadas en fases previas habían desaparecido debido a la osificación endocondral del cartílago.

Por tanto las incurvaciones del cartílago de Meckel en el área del foramen mental entre los gérmenes del canino y primer molar decidual se mantenían mientras se producía la osificación endocondral del cartílago de Meckel.

d) Prominencia o protusión de la lámina medial de la mandíbula.

Según nuestras observaciones en el desarrollo normal de la mandíbula, se formaba una prominencia o expansión ósea en la cara interna de la mandíbula, que en nuestra opinión correspondería al origen del torus mandibular. Esta prominencia se localizaba en la cavidad oral, ya que estaba situada craneal a la inserción del músculo milohioideo, estructura que la delimita del cuello.

Durante los estadios iniciales estudiados, la lámina de osificación intramembranosa de la mandíbula se extendía medialmente, y a manera de pinzas trataba de englobar al cartílago de Meckel. La disposición morfológica descrita se correspondía con el segmento de cresta dentaria que se encontraba entre el germen dentario del molar temporal y el germen dentario del canino temporal.

A las 11 semanas en las proximidades del agujero mentoniano, un poco rostralmente al mismo y a nivel del germen del diente canino decidual, la lámina interna de osificación intramembranosa de la mandíbula se extendía, a manera de voladizo o protusión estableciendo contacto con el cartílago del primer arco branquial. En el espacio entre las dos láminas de la mandíbula, se disponía el nervio incisivo y caudalmente a ellos aparecía en la base de la V interlaminar la vena de Serres, recibiendo un afluente venoso que contribuía a su formación.

A las 14 semanas, cuando la osificación del cartílago de Meckel ha finalizado y en la mandíbula se pueden observar claramente sus dos partes, una mitad superior que corresponde a la porción alveolar y otra aproximadamente mitad inferior que corresponde a la porción basal, todavía se observó el cartílago de Meckel que se había reducido notablemente su tamaño en relación a la mandíbula y a estadios anteriores. Se encontraba aplicado

sobre la superficie medial de la mandíbula, en un saliente o protusión que presentaba la misma. De forma ovalada a la sección y bien visible en un nivel dorsal pero muy próximo a foramen mentoniano, el cartílago de Meckel prácticamente desaparece a la altura del mismo.

e) Interrelación de los procesos.

En nuestras observaciones hemos tratado de interrelacionar los distintos procesos descritos previamente. Todos estos procesos se producen durante el desarrollo de la mandíbula, a nivel y en la proximidad de donde se está formando el foramen mentoniano. Hemos determinado que la protusión observada por nosotros no es casual, sino causal debido a la conexión de una serie de factores que son coincidente en el tiempo en unos estadios muy concretos del desarrollo.

Muchos de estos aspectos han sido analizados previamente por separado (Rodríguez-Vázquez y cols. 1997, 2011 y 2013), pero hasta ahora no se había establecido la interrelación entre ellos. Nuestro estudio los relaciona entre sí, con objeto de comprender el origen del torus mandibular y hemos constatado en nuestras observaciones que es en éste área del foramen mental donde se producen gran cantidad de modificaciones morfológicas en la mandíbula que conducen a la formación de una protusión de la cara interna del cuerpo mandibular en desarrollo y que coincide en su topografía con el lugar donde se describe el torus mandibular.

No se podría entender la morfología de la mandíbula en la región sinfisaria y aun menos el origen de la protusión de su lamina medial, sin la participación e interconexión de los cuatro procesos coincidentes: la osificación endocondral del cartílago de Meckel, la presencia de curvaturas en el cartílago de Meckel, la

formación de la vena de Serres, y la prominencia o protusión de la lámina medial de la mandíbula.

El cartílago de Meckel, a nivel del foramen mentoniano, estaba rodeado por una expansión de la lámina medial de la mandíbula, que a manera de pinza se disponía fundamentalmente sobre su cara superior. La osificación endocondral del cartílago de Meckel se encontraba a su vez rodeada por una vaina de osificación intramembranosa. Coincidiendo con estos hechos y en este mismo área de la mandíbula, fue observada la vena Serres, por lo que se corroboró la relación existente entre los procesos de osificación del cartílago de Meckel y la aparición de la vena de Serres, y que tal y como señaló Rodríguez-Vázquez y cols. (2011) sirve como una ruta de drenaje venoso para el proceso de osificación endocondral de los cartílagos de Meckel en esta área.

Debido a que la lámina medial de la mandíbula era más gruesa en esta zona, la curvatura o flexión del cartílago de Meckel en las secciones horizontales también era más pronunciada.

Se observó así mismo que la osificación del cartílago de Meckel, como hemos señalado previamente, se correspondía topográficamente con un área comprendida entre el área del foramen mentoniano y los gérmenes incisivos laterales deciduales. Esta osificación endocondral estaba a su vez delimitada por dos morfologías distintas del Meckel: dorsalmente, por una curvatura lateral y craneal muy marcada del cartílago, y ventralmente por una flexión que en forma de gancho cartilaginosa se localizaba por debajo del germen del incisivo central decidual, en la cara dorsal de la sínfisis mandibular.

Por tanto la curvatura, y osificación del cartílago eran fenómenos coincidentes. Dorsalmente al foramen mentoniano y en el nivel de la sínfisis

mandibular, los cartílagos de Meckel conservaban su citoestructura, sin observarse ningún signo de osificación endocondral (Rodríguez-Vázquez y cols, 1997). La osificación de los cartílagos de Meckel determina que sus extremos ventrales, vayan aislándose en forma de dos nódulos en el tejido fibroso en la cara dorsal de la sínfisis, (Bertolini y cols., 1967; Bolender, 1972; Goret-Nicaise, 1982; Goret-Nicaise y Dhem, 1982; Goret-Nicaise y Dhem, 1983 y Rodríguez-Vázquez y cols., 1997)

En nuestras observaciones el cartílago de Meckel presentaba una morfología ovalada en el lado inmediatamente dorsal a la del foramen mentoniano, pero por el contrario, el cartílago exhibió un marcado cambio en la dirección con una o doble curvatura en el nivel del agujero mentoniano en forma de S, tal y como hemos descrito. La curvatura era tan marcada que dos segmentos independientes de cartílago de Meckel parecían estar presentes en las secciones frontales. La primera curva corresponde a la zona donde el cartílago fue rodeado por la expansión de la lámina medial de la mandíbula. La segunda curva ya estaba dentro de la mandíbula y su osificación endocondral estaba en el proceso de lisis de los condrocitos para a continuación sus espacios ser ocupados por vasos sanguíneos.

Nosotros consideramos que la osificación de los cartílagos de Meckel, para contribuir a la formación de la mandíbula acompañado del crecimiento y aumento de la dimensión transversal de la misma, determina que los cartílagos de Meckel experimenten un cambio de dirección, en las áreas posterior y anterior que delimitan el tramo cartilaginoso, que participa con su osificación en el maxilar inferior. En la zona posterior, a nivel del agujero mentoniano, el cartílago hacia delante se curva arriba y afuera; en el área que queda cerca de la futura sínfisis lo hacen en dirección cráneo-dorso-medial, a manera de ganchos. Por tanto la zona que se osifica y queda incluida en la mandíbula, aparece delimitada por un doble cambio morfológico del Meckel. Este hecho fue observado igualmente por Bolender (1972), que lo comparó a una bayoneta.

Este crecimiento podría determinar que en el área del foramen mentoniano y relacionándose con todos los procesos descritos fuera observada constantemente, durante el periodo de desarrollo estudiado, una expansión o relieve óseo de la lámina medial de la mandíbula, que se extendía sobre la cara craneal del cartílago de Meckel, exactamente en el área donde penetraba en el interior de la mandíbula y experimentaba una osificación endocondral. Este relieve óseo se localizaba craneal al músculo milohioideo, por lo tanto, en la cavidad oral.

En nuestra opinión la expansión ósea descrita correspondería por su morfología, ubicación topográfica y relaciones, al anlage o esbozo del torus mandibular. Esta misma disposición también ha sido descrita por Rodríguez-Vázquez y cols. (2013).

Recientemente Rodríguez-Vázquez y cols. (2013), observan que el estadio de 10 a 13 semanas de desarrollo coincidían con un periodo crítico para el desarrollo fetal de la mandíbula ya que mostraba notables cambios, especialmente en su parte superior: 1) curvatura en el curso intramandibular del cartílago de Meckel y su osificación endocondral; 2) la lámina medial de la mandíbula bajo la osificación intramembranosa rodea al cartílago de Meckel y 3) formación de la sínfisis mandibular. La curvatura de flexión o doble del cartílago de Meckel fue descrito en detalle con un diagrama por Rodríguez-Vázquez y cols.(1997). En el mismo periodo, la mandíbula y la base del cráneo cambian drásticamente de posición para formar la cara (Diewert, 1985). Los movimientos de crecimiento de la condrocráneo y del cartílago de Meckel parecen jugar un papel importante en la reubicación espacial del desarrollo de los huesos faciales durante la formación de la morfología craneofacial (Diewert, 1985). Por lo tanto estamos de acuerdo con Rodríguez-Vázquez (2013) en que el anlage del torus podría ser necesario para la corrección entre los tamaños de cartílagos y proporcionar o determinar una morfología más adecuada de la cara. Realmente, una mandíbula fuerte y bien desarrollada es más favorable a la presencia del torus (Eggen y Natvig, 1989).

El desarrollo de la sínfisis y formación de la región anterior del corpus mandibulae responde a los criterios de un desarrollo armónico en el conjunto del desarrollo craneofacial. El mantenimiento de la zona ventral y media de la futura mandíbula sin osificarse, permite que actúe como una auténtica articulación y sea un área de crecimiento que permite a la mandíbula adaptarse al aumento de anchura de la base craneal, con la que debe establecer articulación, fenómeno que no podría producirse si este área estuviera osificada. Esta área de crecimiento activo tiene una vía de drenaje venoso, que corresponde a la vena de Serres.

Se sabe que, en la misma etapa de desarrollo, otros cambios profundos se producen en la cabeza y cuello: las regiones faciales superior e inferior crecieron rápidamente para proporcionar conexiones con la base del cráneo con objeto de llegar a la morfología final.

La osificación de los huesos faciales se ha iniciado, sin embargo, en la base del cráneo, los cartílagos primarios constituyen una masa continua de esqueleto (Diewert, 1985). Nosotros pensamos que las curvaturas descritas en el cartílago de Meckel (Rodríguez-Vázquez y cols., 1997, 2013) posiblemente sean debidas al ajuste y modificación del cartílago por el crecimiento de las estructuras faciales. Diewert (1985) señaló que los movimientos de crecimiento de la condrocráneo podrían desempeñar un papel importante en la reubicación espacial de desarrollo de los huesos faciales para el establecimiento de la morfología definitiva craneofacial.

Estos procesos por otro lado coinciden con la disminución de la flexión del cuello (Hamilton y Mossman, 1975; O'Rahilly y Müller, 1996) que determina el aumento de la distancia entre la base del cráneo y el hueso hioides, como señaló Rodríguez-Vázquez y cols. (2015). Además con un crecimiento de las estructuras faciales que crecen predominantemente en el plano sagital, con un aumento de cuatro veces en longitud, un aumento de dos veces en altura, pero poco o ningún cambio en el ancho (Diewert, 1985) entre 7 y 10 semanas. En

estas etapas, el tamaño del cuerpo también aumentó de 18 a 49 mm. La suma de todos los procesos morfológicos determinan que el cartílago de Meckel experimente unas modificaciones en consonancia con los estrés mecánicos que tiene la cabeza fetal en estas etapas del desarrollo.

En nuestra opinión el torus es una manifestación normal del desarrollo de la mandíbula humana específica de ella, debido a múltiples factores, entre los que se encuentran la osificación del cartílago del primer arco branquial y sus consecuencias como son la formación de la vena de Serrres y el intenso crecimiento del esqueleto facial en la etapa donde se constituye.

El área donde se observó la anlage del torus, se ve situado topográficamente en la cavidad oral, por tanto, se encuentra cranealmente a la inserción del músculo milohioideo y por lo tanto no correspondía a la línea milohioidea. Además, otro aspecto importante en su ubicación topográfica era que se correspondía con la ubicación del foramen mental en la lámina lateral de la mandíbula, entre los gérmenes del canino temporal y los gérmenes de los primeros molares deciduales. Ubicación frente al foramen mental, que coincidieron con el torus mandibular en el adulto, que ya observó Furst (1908), Ossenberg (1981), Jainkittivong y Langlais (2000), Choi y cols. (2010, 2012). El torus mandibular cambia su posición durante la vida postnatal como resultado del crecimiento del cuerpo de la mandíbula (Kjaer, 1999).

La presencia del torus es variable para los autores. El 80% de los cráneos observados por Furst tenían torus mandibular. Su prevalencia varía enormemente, entre un 7,9% según Kolas (1953) hasta el 64% según Mayhall y Mayhall (1971). Tal vez estas mayores diferencias podrían estar relacionadas en la forma en que se realizaron este tipo de estudios, porque es más difícil localizar un torus mandibular en una persona viva en las encías que en cráneos secos.

En este sentido se ha propuesto diferentes teorías para explicar el origen del torus pero ninguno de ellos se han basado en el desarrollo de la mandíbula ni del cartílago de Meckel como propone Rodríguez-Vázquez y cols. (2013).

Una vez que se forma el primodio del torus, esta estructura constituye una protuberancia poco apreciable, aunque podría ser identificado en los niños (Verdugo-López y cols., 2012).

Por lo tanto su existencia desde edades tempranas apoyaría la teoría de Rodríguez-Vázquez y cols. (2013) y observada por nosotros sobre la aparición de una formación previa, que también se encuentra en su ubicación topográfica habitual (Verdugo-López y cols., 2012).

Por otro lado, los factores y hábitos como el estrés oclusal (Hrdlicka, 1940; Jhonson, 1959; Levesque, 1965; Hylander, 1977; Ossenber, 1981) y bruxismo (Kerdpon y Sirirungrojying; 1999), sobrecarga y/o fuerza muscular de la mandíbula, podría aumentar su tamaño o afectar al crecimiento de toda la mandíbula, como en el caso de fuertes mandíbulas, pero no su origen. La posible existencia de nódulos o formaciones nodulares del torus, (Kolas y cols., 1953; Sellevold, 1980; Jankittivong y cols., 2007) podría interpretarse como la posibilidad de una extensión dorsal de la osificación endocondral del cartílago de Meckel, que podría formar una o varias estructuras de gran volumen en la cara medial de la mandíbula.

Por tanto en nuestro estudio hemos tratado de relacionar los distintos procesos que acontecen entre las 11 y 14 semanas, ya que en estas fases es donde se producen los mayores cambios tanto en la morfología mandibular como del cartílago del primer arco branquial, y de esta forma sería posible explicar la formación de un saliente óseo a nivel de la mandíbula de osificación intramembranosa. Expansión que ha sido observada constantemente y que por su ubicación se correspondería con el anlage del torus mandibular.

Conclusiones

A partir de nuestras observaciones podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Confirmamos que el cartílago de Meckel presenta una osificación endocondral en el sector comprendido ente el foramen mental y la sínfisis de la mandíbula y que este proceso coincide con la formación de la vena de Serres.
2. Confirmamos la presencia de un cambio en la morfología del cartílago de Meckel a nivel del foramen mental de la mandíbula, caracterizada por una doble curvatura una fuera de la mandíbula y otra dentro.
3. A nivel del foramen mental la lámina interna de osificación intramembranosa de la mandíbula presenta una protusión que se extiende sobre el cartílago de Meckel. Esta protusión se sitúa en la cavidad oral.
4. La protusión o expansión localizada en la lámina interna de la mandíbula y a nivel de la área del foramen mental, determina un relieve en la misma localizado craneal al músculo milohioideo, que aporta significativas evidencias que corresponde al origen del torus mandibular.
5. El esbozo del torus mandibular está relacionado con tres procesos localizados en el área del foramen mental de la mandíbula: la osificación endocondral del cartílago de Meckel, el cambio de morfología del cartílago, y la formación de la vena de Serres, que determinan la expansión de la osificación de la lámina interna de la mandíbula sobre el cartílago de Meckel.

Bibliografía

1. Alini M., Marriott A., Chen t, Abe S., Poole A.R. (1996). A novel angiogenic molecule produced at the time of chondrocyte hypertrophy during endochondral bone formation. *Dev Biol*; 176:124–132.
2. Al Quran F.A.M, Al-Dwairi Z.N.(2006).Torus palatinus and torus mandibularis in edentulous patients. *J Contemp Dent Pract* 2:112-119.
3. Aprile H., Figún M.E., Garino R.R. (1954). *Anatomía Odontológica*. El Ateneo; Buenos Aires.
4. Austin J.E., Radford GH, Banks S.O Jr. (1965). Palatal and mandibular tori in the Negro. *NY State Dent J* 31: 187–191.
5. Axelsson G., Hedegard B. (1981). Torus mandibularis among Icelanders. *Am J Phys Anthropol* 54: 383-389.
6. Barregi R., Narducci P., Grill V., Sandruccima, Bratina F. (1994). On the presence of a secondary cartilage in the mental symphyseal region of human embryos and fetuses. *Surg Radiol Anat*; 16:379-384.
7. Baumüller G. (1879). Ueber die Letzten Veränderungen des Meckel'schen Knorpels. *Z Wiss Zool*; 32:466-511.
8. Beaujón O. (1965). Evolución morfológica de los maxilares. *Acta Odontol Venez*; 3:107-152.
9. Beena J.P. (2012). Torus palatinus in añ infant: a case report. *J. Dent. Child*. 79(3):181-184.
10. Bennejeant C.H. (1914). Étude sur le canal et sur l'artère de la dentition temporaire (Thèse). Imprimerie Coopérative Ouvriere; Montpellier.B
11. Bergmann M., Wendler D., Bertolini R. (1984). Akzessorische Mandibular Kanäle beim Menschen. *Anat Anz*; 156:293-302.
12. Bertolini R., Wendler D., Hartmann E. (1967). Die Entwicklung der Symphysis mentis beim Menschen. *Anat Anz*; 121:55-71.
13. Bhaskar S. (1953). Growth pattern of the rat mandible from 13 days insemination age to 30 days after birth. *Amer J Anat*; 92: 1-53.
14. Bhaskar S., Weinmann J., Schour J. (1953). Role of Meckel's cartilage in development and growth of the rat mandible. *J Dent Res*; 32:398-410.
15. Bhaskar S. (1976).- *Orban's oral Histology and Embryology*. Mosby comp; St. Louis.

16. Bogdanova R.A. (1970). Developmental and structural characteristics of the human mandibular canal in the intrauterine period. *Arch Anat Gistol I Embriol*; 58:55-60.
17. Bolender C.J. (1972). Etude comparative du développement mandibulaire chez le foetus du rat et chez le foetus humain (Thèse). Univ. Strasbourg.
18. Brock J. (1876). Ueber die Entwicklung des Unterkiefers der Säugethiere. *Z Wiss Zool*; 27:316-351.
19. Brookes M. (1958). The vascularisation of long bones in the human foetus. *J Anat*; 92: 261-267.
20. Brunn P.(1955). Quelques points d ´anatomie sur la vascularisation artérielle du maxillaire inférieur. *Rev Odont Stomat*; 13:98-125.
21. Charlier J.P., Petrovic a, Shambaugh G.E. (1967). Ossification enchondrale de l'extrémité antérieure du cartilage de Meckel de rat nouveau-né: recherches à l'aide de la Tétracycline. *C R Acad Sc Paris*; 265: 804-806.
22. Chávez-Lomeli M.E., Mansilla Lory J., Pompa J.A., Kjaer (1996). The mandibular canal arises from three separate Canals innervating different tooth group. *J Dent Res*; 75:1540-1544.
23. Choi Y, Park H, Lee JS, Park JC, Kim CS, Choi SH, Cho KS, Chai JK, Jung UW (2012). Prevalence and anatomic topography of mandibular tori: computed tomographic analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 70(6):1286-91.
24. Chung K.SN, Nishimura I (1999). Maintenance of regional histodifferentiation patterns and a spatially restricted expression of type X collagen in rat meckel's cartilage explants in vivo. *arch oral biol*; 44:489-497.
25. Companioni F.A. (1985). Estudio de algunas variables morfológicas en mandíbulas cubanas. *Medicentro*; 1:1-14.
26. Corliss C.E. (1979). Embriología Humana de Pattern. Fundamentos del Desarrollo Clínico. El Ateneo; Buenos Aires.
27. Cortés A.R., Jin Z, Morrison M.D, Arita E.S., Song J., Tamimi F. (2014). Mandibular tori are associated with mechanical stress and mandibular shape. *J. Oral. Maxillofac. Surgery.* 72:2115-2125.
28. Dieulafe M., Herpin A. (1906). Développement de l'os maxillaire inférieur. *J Anat Physiol*; 42:239-252.

29. Dieulafe M., Herpin A. (1907). Histogenese de l'os maxillaire inferieur. *J Anat Physiol*; 43:580-592.
30. Diewert V.M. (1985). Growth movements during prenatal development of human facial morphology. *Prog Clin Biol Res* 187:57–66.
31. Dempster W.T., Enlow D.H. (1959). Patterns of vascular channels in the cortex of the human mandible. *Anat Record*; 135:189-205.
32. Drenan M.R. (1937). The torus mandibularis in the bushman. *J Anat* 72:66-70.
33. Drüner L. (1904).- Citado por Bertoloni, R., Wendler, D., Hartmann, E. (1967). Die Entwicklung der Symphysis mentis beim Menschen. *Anat Anz*; 121:55-71.
34. Dubreuil C. (1929). *Leçons d'Embryology Humaine avec notions élémentaires sur les principales malformations congénitale*. Vigot Frères Editeurs; Paris.
35. Durst-Zivkovic B., Davila S. (1974). Strukturelle Veränderungen des Meckelschen Knorpels im Laufe der Bildung des Corpus Mandibulae. *Anat Anz*; 135: 12-13.
36. Eggen S. (1989). Torus Mandibularis: an estimation of the degree of genetic determination. *Acta Odontol Scand* 47: 409-415.
37. Eggen S, Natvig B. 1986. Relationship between torus mandibularis and number of present teeth. *Scand J Dent Res* 94:233–240.
38. Fang T.D., Salim A., Xia W., Nacamuli R.P., Guccione S., Song H.M., Carano R.A., Fivaroff E.H., Bednarski M.D., Giaccia A.J., Loganker M.T. (2005). Angiogenesis is required for successful bone induction during distraction osteogenesis. *J Bone Miner Res*; 20:1114-1124.
39. Fawcett E. (1905). Ossification of the lower jaw in man. *J Amer Med Ass*; 45: 696-705.
40. Fawcett E. (1930). A model of the left half of the human mandible at the 17 mm CR stage. *J Anat*; 64:369-370.
41. Figún M.E., Garino R.R. (2001). *Anatomía Odontológica funcional y aplicada*. El Ateneo; Buenos Aires.

42. Fischel A. (1929). Lehrbuch der Entwicklung des Menschen. 1 Aulf J Springer; Berlin.
43. Friant M. (1957a). Le début de l'ossification du cartilage de Meckel. C R Acad Sci; 244:1071-1073.
44. Friant M. (1957b). L'évolution du cartilage de Meckel chez un Insectivore, la Taupe (*Talpa europaea* L.). C R Acad Sci; 245: 1836-1838.
45. Friant M. (1958a). Sur les premiers stades d'ossification du cartilage de Meckel. Acta Anat; 32: 100-114.
46. Friant M. (1958b).- Sur l'évolution du cartilage de Meckel. Acta Anat; 34: 292-297.
47. Friant M. (1958c). Le cartilage de Meckel. Un stade de son évolution chez l'homme. C. R. Acta Sci; 246: 1746-1748.
48. Friant M. (1960). L'évolution du cartilage de Meckel humain, jusqu'à la fin du sixième mois de la vie foetale. Acta Anat; 41: 228-239.
49. Friant M. (1968). Le cartilage de Meckel du porc (*Sus domestica* Gray). Les premiers stades de son évolution. Folia Morphol; 16:209-214.
50. Frommer J., Margolies M. (1971). Contribution of Meckel's cartilage to ossification of the mandible in mice. J Dent Res; 50:1260-1267.
51. Fuchs H. (1909). Ueber die knorpelbildung im Deckknochen, nebst Untersuchungen und Betrachtungen ueber Gehörknöchelchen, Kiefer und Kiefergelenk der Wirbelthiere. Arch Anat; 1:1-256.
52. Furst CM. 1908. Torus mandibularis bei den Eskimos und an deren Rassen. Verh Anat Ges 22:295–296.
53. Fürst C.M., Hansen F.C.C.(1915). Crania Groenlandica: A description of Greenland Eskimo Crania. Copenhaguen AF Höst and Son: 22-28.
54. García.García AS, Martínez-González JM, Gómez-Font R, Soto-Rivadeneira A, Oviedo-Roldán L. (2010). Current status of the torus palatinus and torus mandibularis. Med. Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal. 15:353-360.
55. Gaspard M. (1978). L'appareil manducateur et la manducation. Vol 1. Prélat; Paris.

56. Gegenbaur C. (1889). *Traité d'Anatomie Humaine*. 3 Ed. C. Reinwald libraire Editeur; Paris.
57. Glasstone S. (1971). Differentiation of the mouse embryonic mandible and squamomandibular joint in organ culture. *Arch Oral Biol*; 16: 723-729.
58. Goret-Nicaise M. (1982). La symphyse mandibulaire du nouveau-né. Etude histologique et microradiographique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*; 83:266-272.
59. Goret-Nicaise M., Dhem A. (1983). Les chondriola symphysea ou îlots. *Arch Biol* 94:207-220.
60. Goret-Nicaise M. (1984a). Identification of collagen type I and type II in chondroid tissue. *Calcif Tissue Int*; 36: 682-689.
61. Goret-Nicaise M. (1984b). Die Symphysis menti beim menschlichen Feten *Anat Anz*; 156:217-224.
62. Goret-Nicaise M. (1986). La croissance de la mandibule humaine: conception actuelle. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de L'Enseignement Supérieur. Université Catholique de Louvain; Bruxelles.
63. Goret-Nicaise M., Dhem A. (1982). Presence of chondroid tissue in the symphyseal region of the growing human mandible. *Acta Anat*; 113: 189-195.
64. Goret-Nicaise M., Dhem A. (1983). Les chondriola symphysea ou ilots meckeliens. *Arch Biol*; 94:207-220.
65. Goret-Nicaise M., Dhem A. (1984). The mandibular body of the human fetus. Histologic analysis of the basilar part. *Anat Embryol*; 169: 231-236.
66. Goret-Nicaise M., Pilet D. (1983). A Few Observations About Meckel's Cartilage in the Human. *Anat Embryol*; 167:365-370.
67. Goret-Nicaise M., Dhem A. (1985). Comparison of the calcium content of different tissues present in the human mandible. *Acta Anat*; 124: 167-172.
68. Granström G., Zellin G., Magnusson B., Mangs H. (1988).- Enzyme histochemical analysis of Meckel's cartilage. *J Anat*; 160:101-108.
69. Hamparian, A. M. (1973). Blood supply of the human fetal mandible. *Am J Anat*; 136: 67-75.

-
70. Haugen L.K. (1992). Palatine and mandibular tori: A morphologic study in the current Norwegian population. *Acta Odontol Scand* 50:65-77.
71. Henneberg B (1894). *Beitrage zur Entwicklungsgeschichte des Unterkiefers beim Menschen*. Inaug Diss; Berlin.
72. Hrdlicka A. (1940). Mandibular and maxillary hyperostosis. *Am J Phys Anthropol* 27: 1-67.
73. Hylander WL. (1977). The adaptative significance of Eskimo craniofacial morphology. In: Dahlberg AA, Graber TM, editors. *Orofacial Growth and Development*. The Hague: Mouton. pp 301–330.
74. Ihunwo AO, Phukubye P. (2006). The frequency and anatomical features of torus mandibularis in a Black South African population: *57:253–262*.
75. Ishizeki K, Takahashi N, Nawa T (2001). Formation of the sphenomandibular ligament by Meckel's cartilage in the mouse: possible involvement of epidermal growth factor as revealed by studies in vivo and vitro. *Cell Tissue Res*; 304:67-80.
76. Jacobson W, Fell H (1941). The developmental mechanics and potencies of the undifferentiated mesenchyme of the mandible. *Quart J Microsc Sci*; 82:563-586.
77. Jainkittivong A., Apinhasmit W., Swasdison S. (2007). Prevalence and clinical characteristics of oral tori in 1520 Chulalongkorn University Dental School patients. *Surg Radiol Anat* 29: 125-131.
78. Jainkittivong A, Langlais R.P. (2000). Buccal and palatal exostoses: Prevalence and concurrence with tori. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90:48–53.
79. Jara Cruz M. (1949). Contribución a la histogénesis de la sínfisis del hueso maxilar inferior en la especie humana. *Arch Esp Morfol*; 7: 553-564.
80. Johnson O.M. (1959). The tori and masticatory stress. *J Prosthet Dent* 9: 975-977.

81. Kerdpon D, Sirirungrojying S. (1999). A clinical study of oral tori in southern Thailand: prevalence and their relation to parafunctional activity. *Eur J Oral Sci* 107:9–13.
82. Kerkring T. (1670-71). *Spicilegium anatomicum, continens observationum anatomicarum rariorum centuriam unam, nec non osteogeniam foetum*. Amstelodami, sumptibus Andreae Frisii.
83. Kingsmil V.J., Gray C.M., Moles D.R., Boyde A. (2007). Cortical Vascular Canals in Human Mandible and Other Bones. *J Dent Res*; 86:368-372.
84. Kjaer I. (1975). Histochemical investigations on the symphysis menti in the human fetus related to fetal skeletal maturation in the hand and foot. *Acta anat*; 93:606-633.
85. Kjaer I, Bagheri A. (1999). Prenatal development of the alveolar bone of human deciduous incisors and canines. *J Dent Res* 78:667–672.
86. Klume K., Satomura K., Nishisho S., Kitaoka E., Yamanouchi K., Tobiume S., Nagayama M. (2002). Potential role of leptin in endochondral ossification. *J Histochem Cytochem* 50:159–169.
87. Kolas S, Halperin V, Jefferies S., Robins H.B.O. (1953). The occurrence of torus palatinus and torus mandibularis in 2478 dental patients. *Oral Surg Med Pathol* 6: 1134-1141.
88. Komuta K., Hirano T., Iwasaki K. (1998). Structural changes in blood vessels entering the growth plate during growth in rats. *Int Orthop*; 22:11-18.
89. Kölliker A. (1849). Allgemeine Betrachtungen über die Entstehung des Knöchernen Schädels der Wirbelthiere. *Ber Zoot Anat*; 2:35-52.
90. Kölliker A. (1861). *Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thieren*. Englemann Verlag; Leipzig.
91. Lang J. (1995). *Clinical anatomy of the masticatory apparatus and peripharyngeal spaces*. Georg Thieme Verlag; Stuttgart.
92. Lehner J., Plenk H, (1936). Citado por JARA CRUZ M (1949). Contribución a la histogénesis de la sínfisis del hueso maxilar inferior en la especie humana. *Arch Esp Morfol*; 7:553-564.
93. Levesque R.P. (1965). Torus mandibularis. A clinical survey.

- Georgetown. Dent J 31:12–15.
94. Magitot E, Robin C.H. (1862). Mémoire sur un organe transitoire de la vie foetale désigné sous le nom de cartilage de Meckel. Ann Sc Nat 4e série Zool; 18: 213-241.
95. Maronneaud P.L. (1948). L'ossification des formations cartilagineuses du premier arc branchial. Rev. Odontostomatol; 6:42-57.
96. Maronneaud P.L. (1952). La constitution du squelette branchial meckelien primordial ses variations phylogéniques. Les processus invo-évolutifs observés a son niveau, chez l'homme. Arch Anat Hist Embryo; 34: 285-295.
97. Maroteaux P (1982). Les maladies osseuses de l'enfant. Flammarion Médecine-Sciences; Paris.
98. Masquelin H (1878). Citado por FRIANT, M. (1958).- Sur les premiers stades d'ossification du cartilage de Meckel. Acta Anat; 32:100-114.
99. Mayhall JT (1970). The effect of cultural change upon Eskimo dentition. Arctic Anthropol 7:117:121.
100. Mayhall J.T., Mayhall M.F. (1971). Torus mandibularis in Two Northwestern territories villages. Am J Phys Anthropol 34: 143-148.
101. Mcmanus J.F.A., Mowry R.W (1968). Técnica histológica. Atika S A; Madrid.
102. Meckel J.F (1820). Handbuch der menschlichen Anatomie. Halle; Berlin.
103. Melcher A.H (1972). Role of chondrocytes and hydrocortisone in resorption of proximal fragment of Meckel's cartilage: an in vitro and in vivo study. Anat Rec; 172:21-36.
104. Moorrees CF. (1951). The dentition as a criterion of race with special reference to the Aleut. J Dent Res 30:815-821.
105. Morrison M.D. (2013). Oral tori are associated with local mechanical and system factors: A case-control study. J. Oral. Maxilofac. Surg 71: 14-22
106. Moss ML, Rankow RM. (1968). The role of the functional matrix in mandibular growth. Angle Orthod 38:95–103.

107. Mugnier A. (1964). Embryologie et développement bucco-facial. Masson et Prélat; Paris.
108. Mülhauser J. (1983). Abbauvorgänge im nicht-verknöchernden Abschnitt des Meckelschen Knorpels bei der Ratte. (*Rattus norvegicus*, Berkhout, 1769). Eine licht und elektro nenmikroskopische Untersuchung. Dissertation Univ. Salzburg.
109. Oliarguet T, Dechelotte P, Scheye T, Vanneuville G (1993a). Relations between Meckel's cartilage and the morphogenesis of the mandible in the human embryo. *Surg Radiol Anat*; 15:41-46.
110. Oliarguet T, Dechelotte P, Scheye, T, Vanneuville G (1993b). The relationship between Meckel's cartilage and the development of the human fetal mandible. *Surg Radiol Anat*; 15:113-118.
111. Oliarguet T, Darcha C, Dechelotte P, Vanneuville G (1994). Meckel's cartilage in the human embryo and fetus. *Anat. Rec.* 238: 491-497.
112. Oliver G, Pineau M (1961). "Horizons de Streeter" et âge embryonnaire. *Bull Ass Anat*; 47: 573-576.
113. O'Rahilly R, Gardner E (1965). The initial appearance of ossification in staged human embryos. *Anat Rec*; 151: 394.
114. O'Rahilly R, Bossy J, Müller F.(1996). Introduction to the study of embryonic stages in man. *Bull Assoc Anat (Nancy)*; 65:141-236.
115. O'Rahilly R, Müller F. (2010). Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. *Cells Tissues Organs* 192:73–84.
116. Orban B (1944). *Oral Histology and Embryology*. 4th ed. Kimpton; London.
117. Orliaguet T, Darcha C, Dechelotte P, Vanneuville G. (1994). Meckel's cartilage in the human embryo and fetus. *AnatRec* 238:4 - 497.
118. Ossenberg N.S. (1981) Mandibular torus. A synthesis of new and previously reported data and a discussion of its causes. In: Cibulsky JS (ed). *Contributions to physical anthropology 1978-1980*. National Museums of Canada: Ottawa. Pp 1-52
119. Parant M (1950). Morphologie de la lame dentaire jusqu'au troisième mois de la vie intra-utérine. *Actualités odontostomat*; 4:7-13.

120. Parker W.K (1874). Citado por VITALI, G. (1908).- Anatomía e sviluppo della mandibola e dell'articolazione mandibolare. Arch Ital di Anat e di Embriol; 7:306-499.
121. Paturet G (1951). *Traité d'anatomie humaine*. Masson; Paris.
122. Pynn BR, Hurys-Kos NS, Walker DA, Mayhall JT.(1995). Tori Mandibularis: A case report and review of the literature. J Can Dent Assoc 61: 1057-1063.
123. Rajtova V (1971). Les transformations du cartilage de Meckel et l'ossification de la mandibule chez *Cavia porcellus* L. Part. I. Anat. Anz., 128: 392-401.
124. Rajtova V (1975). Transformation of Meckel's cartilage and ossification of the mandible in *Ovis* and *Capra*. Folia Morphol; 23:390-396.
125. Ramfjord S, Ash MM (1983). *Occlusion*. 3rd Ed. WB Saunders: Philadelphia. Pp180-183.
126. Reichert C (1837). Ueber die Visceralbogen der Wirbelthiere im Allgemeinen und deren Metamorphosen bei den Vögeln und Säugethieren. Arch Anat Physiol Wissensch Med; 120-222.
127. Rengell Sánchez L (1954). Anotaciones al desarrollo del maxilar inferior. Convención de la Asociación de Anatomistas; Texas.
128. Richany S.F, Bast T.H, Anson B.J (1956). The Development of the First Branchial Arch in Man and the Fate of Meckel's cartilage. Quart Bull Northwestern Univ M School; 30:331-355.
129. Richman J.M, Diewert V.M (1988). The fate of Meckel's cartilage chondrocytes in ocular culture. Dev Biol; 129:48-60.
130. Rodríguez-Vázquez J.F (2009). Development of the stapedius muscle and piramidal eminence in humans. J Anat; 215:292-299.
131. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Arráez Aybar L, Jiménez Collado J. (1997a). A duplicated Meckel's cartilage in a human fetus. Anat Embryol; 195:497-502.
132. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Jiménez Collado J., (1991). A study of the os goniale in man. Acta Anat; 142:188-192.

133. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Jiménez Collado J. (1992). Development of the human symphomandibular ligament. *Anat Rec*; 233:453-460.
134. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Jiménez Collado J. (1993a).- Relationships between the temporomandibular joint and the middle ear in human fetuses. *J Dent Res*; 72:62-66.
135. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Jiménez Collado J. (1993b).- Basi anatomiche dei disordini oto-mandibolari. En: *Postura-Occusione-Rachide: Funzione-Disfunzione-Riabilitazione-*. Edizione CPA; Venecia.
136. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R., Mérida Velasco J, Sánchez-Montesinos I, Espín Ferra J, Jiménez Collado J, (1997b). Development of Meckel's cartilage in the symphyseal region in man. *Anat Rec*; 249:249-254.
137. Rodríguez-Vázquez J.F., Verdugo López S, Murakami G (2011). Venous drainage from the developing human base of mandible including Meckel's cartilage: the so-called Serre's vein revisited. *Surg Radiol Anat*; 33:575-581.
138. Rodríguez-Vázquez J.F, Mérida Velasco J.R, Verdugo López S, Sánchez-Montesinos I, Mérida Velasco J.A (2006). Morphogenesis of the second pharyngeal arch cartilage (Reichert's cartilage) in human embryos. *J Anat*; 208: 179-189.
139. Rodríguez-Vázquez JF, Sakiyama K, Verdugo-López S, Amano O, Murakami G, Abe. (2013) Origin of the torus mandibularis: an embryological hypothesis. *Clin Anat*. 26(8):944-52
140. Rodríguez-Vázquez JF, Verdugo-López S, Abe H, Murakami G. (2015) The Origin of the Variations of the Hyoid Apparatus in Human. *Anat Rec*: 298(8):1395-407.
141. Rouvière H, Delmas A (1999). *Anatomía Humana: Descriptiva, Topográfica y Funcional*. 10ed. Masson, Barcelona.
142. Sakakura Y, Hosokawa Y, Tsuruga E, Irie K, Nakamura M, Yajima T (2007). Contributions of matrix metalloproteinases toward Meckel's cartilage resorption in mice: immunohistochemical studies, including

- comparisons with developing endochondral bones. *Cell Tissues Res*; 328:137-151.
143. Sakakura Y, Shibui T, Irie K, Yajima T (2008). Metabolic mode peculiar to Meckel's cartilage: immunohistochemical comparisons of hypoxia-induced factor-1alpha and glucose transporters in developing endochondral nobes in mice. *Eur J Oral Sci*; 116:341-352.
144. Sathya K., Kanneppady S.K., Arishiya T. (2012). Mandibular tori are associated with mechanical stress and mandibular shape. *J. Oral. Craniofac. Res.* 2:15-19.
145. Savosting-Asling I, Asling W (1973). Resorption of calcified cartilage as seen in Meckel's cartilage of rats. *Anat Rec*; 176:345-360.
146. Sawyer DR, Allison MJ, Elzay RP, Pezzia A. 1979. A study of torus palatinus and torus mandibularis in Pre-Columbian Peruvians. *Am J Phys Anthropol* 50:525-526.
147. Schaffer J (1888). Die Verknöcherung des Unterkiefers und die Metaplasiefrage. Ein Beitrag zur Lehre der Osteogenese. *Arch Mikrosk Anat*; 32:266-377.
148. Schaffer J (1930). Die Stützgewebe. V. Das knorpelgewebe. En: Möllendorff, W.V. *Handbuch der mikroskopischen Anatomia des Menschen. T. II/2.* Springer; Berlin.
149. Schreiner, K. E. 1931-1935. *Zur Osteologie der Lappen.* Oslo: H. Aschenhoug & Co. Pp 101.
150. Seah Y.H. (1995). Torus palatines and torus mandibularis: A review of the literature. *Aust Dent J* 40:318-321.
151. Serres L (1817). *Essai sur l'anatomie et la physiologie des dents.* Mequignon-Marvis éditeur; Paris.
152. Serres M (1819). Citado por Dieulafe, M.; Herpin, A. (1906). *Developpement de l'os maxillaire inférieur.* *J Anat Phisiol*; 42:239-252.
153. Serres M (1827). *Recherches d'anatomie trascendante sur les lois l'organogénie appliquées à l'anatomie pathologique.* *Ann Sci natur*; 11:47-54.

154. Sellevold B.J. (1980). Mandibular torus morphology. *Am J Phys Anthropol* 53:569-572.
155. Sicher h, Tandler J (1930). *Anatomía para dentistas*. Editorial Labor SA; Barcelona.
156. Sofaer J.A. (1967). The influence of heredity. In: Cohen B and Kramer TRH (eds) *Scientific Foundations of Dentistry*. Heineman:London. Pp 1-12.
157. Sperber G.H (1989). *Craniofacial Embryology*, 4th ed. Wright; Oxford.
158. Stanka P, Bellack U, Lindner A (1991). On the morphology of the terminal microvasculature during endochondral ossification in rats. *Bone Miner*; 13:93–101.
159. Stieda L (1875). Studien über die Entwicklung der Knochen und des Knochengewebes. *Arch Mikr Anat*; 11: 235-263.
160. Streeten E.A, Brandi M.L (1990). Biology of bone endothelial cells. *Bone Min*; 10:58-94.
161. Strelzoff Z.J (1873). Citado por Vitali, G. (1908).- Anatomía e sviluppo della mandibola e dell'articolazione mandibolare. *Arch Ital di Anat e di Embriol*; 7:306-499.
162. Suazo GI, Cantín I.M, López F.B, Valenzuela U.V, Valenzuela RR (2007). Morphometric Study of the Retromolar Triangle. *Int J Odontostomatol*; 1:129-132.
163. Suazo G.I.C, Zavando M.A.D, Smith R.L (2009). Is the conduct of Serres and anatomical variation in adults? *Int J Morphol*; 27: 43-47.
164. Suzuki M, Sakai T (1960) A familial study of torus palatinus and torus mandibularis. *Am J Phys Anthropol* 18:263-272.
165. Ten Cate AR (1980). *Oral Histology Development structure and function*. Mosby Co. Saint Louis; Toronto-London.
166. Trueta J (1963). The role of the vessels in osteogenesis. *J Bone Joint Surg*; 45:402–418.
167. Verdugo-López S, Rodríguez-Vázquez F.J, J.M. Garrido, Peinado-Real M.A.(2012). Torus mandibularis in the childhood and in the initial stages of adolescence craniofacial bone research 1:78-84.
168. Woo J.K. (1950). Torus palatines. *Am J Anthropol* 8:81-111.

169. Zegarelli E.V., Kutscher A.H., Hyman G.A. (1978). Diagnosis of diseases of the mouth and jaws. 2nd ed. Lea and Febiger: Philadelphia. Pp 119-240.
170. Zheng LW, Ma L, Cheung L.K (2009).- Angioneogenesis is enhanced by continuous traction in rabbit mandibular distraction osteogenesis. J Craniomaxillofac Surg; 37:405-411.