



**Mi Universidad**

## **Resumen**

*Yahoni Cisneros Yopez*

*Parcial 4*

*Embriología*

*Dr. Roberto Javier Ruiz Ballinas*

*Licenciatura en Medicina Humana*

*Semestre I          Grupo “ C ”*

*Comitán de Domínguez, Chiapas a 19 de Diciembre de 2024*

# Musculo estriado

ESQUELÉTICO

## Origen y desarrollo:

- ▶ Se desarrolla del MIOTOMO de los somites, derivados del mesodermo paraxial.
- ▶ ETAPAS: célula mesenquimática → mioblasto → mioblasto posmiótico → miotubos → Fibra muscular
- ▶ Las células satélite musculares permiten la regeneración posnatal

## Características:

- ▶ Fibras alargadas, multinucleadas, con núcleos periféricos bajo la membrana celular.
- ▶ Estriaciones transversales
- ▶ Inervadas por el sist. nervioso somático, responsables del movimiento

## CÉLULAS SATELITE:

Ubicadas entre las fibras musculares. Regeneran fibras tras lesiones e incrementan número y tamaño posnatal.

## Origen embrionario:

Proviene del miotomo, una de las tres divisiones de los somites (junto con dermatomo y esclerotomo)

## Diferenciación y regulación

- ▶ células miogénicas se dividen en el miotomo y luego se diferencian en mioblastos posmióticos
- ▶ Regulado por: Factores de crecimiento y la proteína p21

## MIOGÉNESIS y maduración

- ▶ Síntesis de proteínas contráctiles (miosina, actina, troponina y tropomiosina) que forman miofibrillas y sarcomeros
- ▶ Mioblastos en miotubulos + migración de núcleos a la periferia = <sup>Fibras musculares</sup> maduras

## Regulación de la MIOGÉNESIS

Factores reguladores miogénicos:

- ▶ Myo-D y Myf-5 → diferenciación muscular
- ▶ pertenecen a la familia de fact. de transcripción básicos de hélice-asa-hélice
- ▶ **Myo-D:** Expresado en células del extremo dorsolateral del dermomiótomo. Forma la **musculatura hipomérica** (miembros y músculos flexores del tronco). Activado por **BMP-4** del mesodermo lateral y **wnt** del ectodermo suprayacente.
- ▶ **Myf-5:** Expresado en células del extremo dorsomedial del dermomiótomo. Forma **musculatura epimérica** (músculos extensores del tronco). Activado por **wnt** del tubo neural dorsal y **BMP-4** del ectodermo

## Proceso de diferenciación

- ▶ Las células miogénicas realizan mitosis hasta convertirse en mioblastos posmióticos, dejando el ciclo celular por acción de Myo-D

## Activación y transcripción

- ▶ Myo-D y Myf-5 activan genes como miogenina y MRF-5, promoviendo la formación de miofibrillas
- ▶ Pax-3 y Pax-7 regula → Myo-D
- ▶ Proteínas de la familia Myo-D se unen al ADN, estimulando la transcripción de genes musculares

## Proceso de diferenciación

- ▶ Las células miogénicas realizan mitosis hasta convertirse en mioblastos posmióticos, dejando el ciclo celular por acción de Myo-D
- ▶ Los mioblastos sintetizan actina y miosina hasta fusionarse en miotubos mediante el  $Ca^{++}$
- ▶ Los miotubos producen proteínas como troponina y tropomiosina, desarrollan miofibrillas y migran los núcleos a la periferia para formar fibras musculares maduras

## CÉLULAS SATELITES

- ▶ persisten como reserva para generar nuevas fibras durante el crecimiento y tras lesiones
- ▶ Se fusionan con fibras musculares para mantener un número adecuado de núcleos y sintetizar proteínas contráctiles

## Regulación transcripcional

- ▶ E-12: Activador transcripcional que aumenta la eficiencia de Myo-D
- ▶ Id: Inhibidor que bloquea los genes musculares al unirse a Myo-D

## FIBRAS MUSCULARES MADURAS

No se dividen, limitando el crecimiento fetal y posnatal, problema compensando por la acción de las células satélite.

# DESARROLLO DE SISTEMA CARDIOVASCULAR

## ETAPA PRECARDIOGENICA

Formación de áreas cardíacas

Proceso de gastrulación (días 15 a 18)

Herradura cardiogénica

Formación por fusión de las áreas cardíacas bilaterales

Localización de las áreas cardíacas en el mesodermio lateral caudal

orientación dorsal respecto a la membrana bucofaríngea

Señales moleculares del endocardio: BMP-1 y KLF-4

Células precursoras: miocardiocitos y endocardio

Genes clave: Nkx2-5, Mesp2 y Gata-4

## DESARROLLO DEL CORAZÓN EMBRIONARIO

### ETAPA PRE-ASA

Fusión de los tubos mesodermocárdicos = tubo cardíaco primitivo

Diferenciación de capas:

**ENDOCARDIO**

Capa interna en contacto con la sangre

**MIOCARDIO**

Capa intermedia contractil

**GELATINA CARDÍACA**

Matriz extracelular entre el endocardio y el miocardio

**VENTRÍCULO PRIMITIVO**  
origen de los ventrículos

### ETAPA ASA

ASA bulboventricular se forma por la flexión del tubo cardíaco hacia la derecha

Adaptación en forma de "C" → convexa a la der.

Posteriormente sucede una torsión y adopta forma de "S"

**DIFERENCIACIÓN DE ASA**

**Bulbo cardíaco prox.**

Precursor del ventrículo derecho

**VENTRÍCULO PRIMITIVO**

Precursor del ventrículo izquierdo

**seno arterial**  
Porción de salida de los

### ETAPA POS-ASA

**ATRIOS DEFINITIVOS**  
Separación por el tabique interatrial (Septum primum y secundum)

**VENTRÍCULOS DEFINITIVOS**  
Formación del tabique interventricular

**Formación de válvulas**

**VÁLVULAS ATRIOVENTRICULARES:** tricúspide y mitral

**VÁLVULAS VENTRÍCULO-ARTERIALES:** aórtica y pulmonar

**DESARROLLO DEL SEGMENTO ARTERIAL**

## UNIONES VENTRICULARES Y ATRIOS

### ATRIOS PRIMITIVOS

Aparecen durante la etapa de asa. Se conectan al ventrículo primitivo a través del canal atrioventricular

### SEPTACIÓN ATRIAL

Formación del tabique interatrial mediante el Septum primum y Septum secundum. Formación del foramen oval como cortocircuito fetal.

**SAO AORTOPULMONAR**  
Unión de los arcos aórticos

**ARCOS AÓRTICOS**  
Contribuyen a la formación de los grandes vasos

### Senos venosos

Forma parte del atrio derecho definitivo. Recibe venas cardíacas, vitelinas y umbilicales

## UNIÓN VENTRÍCULOARTERIAL

**Tronco arterioso:** precursor de la aorta y la arteria pulmonar  
**Formación de las válvulas semilunares** mediante remodelación de los cojinetes endocárdicos.

## SEGMENTO VENTRICULAR

Subdivisión en tres porciones:

**TABECULADA**  
Responsable de la fuerza contractil principal

**DE ENTRADA:**  
Conecta con el canal atrioventricular.

**DE SALIDA:**  
Dirige la sangre hacia el tronco arterioso

**SEPTACIÓN VENTRÍCULO-ARTERIAL:**  
Crestas bulboventriculares contribuyen al cierre del septo ventricular

## SEGMENTO ARTERIAL: AORTA Y ARTERIA PULMONAR

Formación de los arcos aórticos

- Primeros arcos: Arterias carótidas
- Arco aórtico (a): precursor de la aorta definitiva

## SUBSISTEMAS DEL Corazón

**Sistema de conducción**

- NODO SINUSAL: marca el inicio principal del corazón
- NODO ATRIOVENTRICULAR: Haz de His, y fibras de Purkinje (imp. elect.)

**Sistema coronario**

- Arterias coronarias: derivan del miocardio
- Venas coronarias: drenan el seno coronario

# CARDIOVASCULAR

## ETAPA PRECARDIOGÉNICA

### Formación de áreas cardíacas

Proceso de gastrulación (días 15 a 18)

Localización de las áreas cardíacas en el mesodermo lateral espiánico

Señales moleculares del endodermo: BMP-2 y FGF-4

Genes clave: Nkx2-5, Mef2 y GATA-4

### Herradura cardiogénica

Formación por fusión de las áreas cardíacas bilaterales  
Ubicación cefálica respecto a la memb. bucofaringea

Cels. precursoras: miocardiocitos y endocardio

## DESARROLLO DEL CORAZÓN EMBRIONARIO

### Etapa pre-asa

FUSIÓN DE LOS TUBOS MIENDOCÁRDICOS = tubo cardíaco primitivo

### DIFERENCIACIÓN DE CAPAS:

**ENDOCARDIO**  
Capa interna en contacto con la sangre.

**MIOCARDIO**  
Capa intermedia contráctil

**Gelatina cardíaca**  
Matriz extracelular entre el endocardio y el miocardio

**ventrículo primitivo**  
origen de los ventrículos

### Etapa asa

Asa bulboventricular se forma por la flexión del tubo cardíaco hacia la derecha.

Adaptación en forma de "C" → convexo a la der.

Posteriormente, sucede otra torsión y adopta forma de "S"

### DIFERENCIACIÓN DEL ASA

**BULBO CARDÍACO PROX.**  
Precursor del ventrículo derecho

**ventrículo primitivo**  
Precursor del ventrículo izquierdo

**cono arterial**  
Porción de salida de los ventrículos

### Etapa pos-asa

**ATRIOS DEFINITIVOS**  
Separación por el tabique interatrial (Septum primum y secundum)

**VENTRÍCULOS DEFINITIVOS**  
Formación del tabique interventricular

### Formación de válvulas

**VÁLVULAS ATRIOVENTRICULARES:** tricúspide y mitral

**VÁLVULAS VENTRÍCULO-ARTERIALES:** aórtica y pulmonar

### Desarrollo del segmento arterial

## UNIONES VENTRIALES Y ATRIOS

**ATRIOS PRIMITIVOS**  
Aparecen durante la etapa de asa. Se conectan al ventrículo primitivo a través del canal atrioventricular.

**SEPTACIÓN ATRIAL**  
Formación del tabique interatrial mediante el Septum primum y Septum secundum. Formación del foramen oval como cortocircuito fetal.

**SACO AORTOPULMONAR**  
Origen de los arcos aórticos

**ARCOS AÓRTICOS**  
Contribuyen a la formación de los grandes vasos

**Se**  
Forma  
derech  
Recibe  
les, vi  
bilica

**VEN**  
• T  
pre  
y l  
• Fo  
vo  
dia  
los

**DESARROLLO DEL CORAZÓN EMBRIONARIO**

**Etapa asa**

ASA bulboventricular. Se forma por la flexión del tubo cardíaco hacia la derecha.

Adaptación en forma de "C" → convexo a la der.

Posteriormente sucede otra torsión y adopta forma de "S".

**DIFERENCIACIÓN DEL ASA**

**Bulbo cardíaco prox.**  
Precursor del ventrículo derecho.

**ventrículo primitivo**  
Precursor del ventrículo izquierdo.

**cono arterial**  
Porción de salida de los ventrículos.

**ETAPA POS-ASA**

**ATRIOS DEFINITIVOS**  
Separación por el tabique interatrial (septum primum y secundum).

**ventrículos definitivos**  
Formación del tabique interventricular.

**Formación de válvulas**

**VÁLVULAS ATRIOVENTRICULARES:** tricúspide y mitral.

**VÁLVULAS VENTRÍCULO-ARTERIALES:** aórtica y pulmonar.

**DESARROLLO DEL SEGMENTO ARTERIAL**

**UNIONES VENOATRIALES Y ATRIOS**

**ATRIOS PRIMITIVOS**  
Aparecen durante la etapa de asa. Se conectan al ventrículo primitivo a través del canal atrioventricular.

**SEPTACIÓN ATRIAL**  
Formación del tabique interatrial mediante el septum primum y septum secundum. Formación del foramen oval como cortocircuito fetal.

**SACO AORTOPULMONAR**  
Origen de los arcos aórticos.

**ARCOS AÓRTICOS**  
Contribuyen a la formación de los grandes vasos.

**Seno venoso**  
Forma parte del atrio derecho definitivo. Recibe venas cardinales, vitelinas y umbilicales.

**UNIÓN VENTRÍCULO-ARTERIAL**

- TRONCO ARTERIOSO: precursor de la aorta y la arteria pulmonar.
- Formación de las válvulas semilunares mediante remodelación de los cojinetes endocárdicos.

**SEGMENTO VENTRÍCULAR**

**SUBDIVISIÓN EN TRES PORCIONES:**

**TABECULADA**  
Responsable de la fuerza contractil principal.

**DE ENTRADA:**  
Conecta con el canal atrioventricular.

**DE SALIDA:**  
Dirige la sangre hacia el tronco arterioso.

**SEPTACIÓN VENTRÍCULAR:**  
Crestas bulboventriculares contribuyen al cierre del septo ventricular.

**SEGMENTO ARTERIAL: AORTA Y ARTERIA PULMONAR**

**FORMACIÓN DE LOS ARCOS AÓRTICOS**

- Primeros ARCOS: Arterias carótidas.
- Arco aórtico izq: precursor de la aorta definitiva.

**SUBSISTEMAS DEL CORAZÓN**

**SISTEMA DE CONDUCCIÓN**

- NODO SINUSAL: marcapasos principal del corazón.
- NODO ATRIOVENTRICULAR: Haz de his, y fibras de Purkinje (imp. elect.).

**SISTEMA CORONARIO**

- Arterias coronarias que irrigan el miocardio.
- Venas coronarias drenan el seno coronario.

# Sistema Respiratorio

## división morfológica

### Vías respiratorias superiores:

Nariz, cavidad nasal, senos paranasales y Faringe

### Vías respiratorias inferiores:

Laringe, tráquea, bronquio, bronquiolos y alvéolos

**Función principal:** Intercambio gaseoso → Captación de oxígeno y eliminación de CO<sub>2</sub>

**Trayectoria:** Ingreso por las fosas nasales → Pasa por la Faringe hacia la laringe → Conexión con la tráquea → bifurcación en dos bronquios principales.

→ División de bronquios secundarios  
2 Pulmón IZQ, 3 Pulmón DER.

→ Ramificación progresiva hasta los alvéolos (bronquios segmentarios, terminales y respiratorios)

### Estimulación del crecimiento:

Factor de crecimiento de fibroblastos 10 (FGF-10) → ramificación bronquial

### Estructura del pulmón

- ▶ Órganos esponjosos localizados en la caja torácica
- ▶ Compuestos de células derivadas del endodermo y mesodermo
- ▶ Cubiertos por la pleura visceral y pleura parietal
- ▶ Entre ambas está la cavidad interpleural con líquido pleural

**Intercambio gaseoso:** Ocorre en la memb. alveolo-capilar formada x la pared alveolar y la pared capilar del pulmón.

### desarrollo del SISTEMA RESPIRATORIO

▶ Comienza en la 4ta semana y finaliza en la infancia

**ORIGEN:** La nariz y cavidad nasal surgen de proceso frontonasal medial

Mientras que la laringe, tráquea, bronquios y pulmones derivan del Primordio respiratorio, una evaginación del intestino anterior.

### Hendidura laringotraqueal:

▶ Aparece en la línea media del Piso del intestino anterior, a la altura de las bolsas faríngeas III, IV y VI

▶ Se divide en tres porciones:

1. **Cefálica:** Forma el epitelio de la faringe

2. **Media:** Forma el epitelio de la laringe

3. **Caudal:** Da lugar al esbozo respiratorio (tráquea, bronquios, bronquiolos y alvéolos)

### Ácido retinoico:

- ▶ Regula la respiración del esbozo respiratorio
- ▶ Su deficiencia puede causar malformaciones graves → Fístula traqueoesofágica e hipoplasia pulmonar.
- ▶ Infiere Fgf10 y formación del intestino anterior
- ▶ Deficiencia de Vitamina A

### Desarrollo de la nariz y cavidad nasal

- ▶ surge de la prominencia frontonasal lateral a partir de la 4ta sem.
- ▶ El mesénquima de la prominencia proviene de las crestas neurales.

### Formación inicial:

- ▶ Aparece las placodas nasales como engrosamientos ovales bilaterales del ectodermo
- ▶ Las placodas se deprimen formando las foveas nasales, rodeadas por prominencias medial y lateral

### Fusión de estructuras:

▶ 5ta y 6ta Sem: Los procesos maxilares migran hacia la línea media, fusionándose con las prominencias nasales mediales y laterales.

### 7ma - 10ma Semana:

- Las prominencias mediales forman el segmento intermaxilar

▶ Las prominencias laterales originan las alas de la nariz.

### Cavidad nasal primitiva

▶ Las foveas nasales se profundizan, → sacos nasales → se unen = cavidad nasal primitiva.

▶ 6ta Sem: Se rompe la memb. buconasal, conectando las cavidades nasal y bucal por las coanas primitivas.

### Desarrollo final:

- ▶ El tabique nasal surge de las prominencias mediales
- ▶ Se forma el paladar secundario, fusionándose con el primario y el tabique nasal.

▶ Las coanas definitivas se ubican en la nasofaringe

▶ Los cornetes sup., medio e inf. se desarrollan en las paredes laterales.

▶ El epitelio del techo nasal se especializa para formar el epitelio olfatorio

### Desarrollo de la laringe y la epiglotis

▶ Comienza en la 4ta. Semana

▶ surge de la hendidura laringotraqueal, una evaginación medial de la pared ventral del extremo caudal de la Faringe primitiva (CAUDAL A LAS BOLSAS FARÍNGEAS IV)

### Desarrollo de la laringe

▶ El epitelio proviene del endodermo del tubo laringotraqueal

▶ Los cartílagos laríngeos derivan del mesénquima de los arcos faríngeos IV y VI → Derivan de las células de la cresta neural

### Glotis primitiva:

- El mesénquima forma las tumefacciones aritenoides, transformando la hendidura laringotraqueal en un orificio en forma "T"

- 8va Sem. → El epitelio laríngeo se prolifera y oblitera temporalmente la luz de la laringe

▶ **Recanalización:** (va - ma sem.) forma dos recesos laterales llamados **ventrículos laríngeos**, limitados por los pliegues vestibulares → p. cales (originan de las cuerdas vocales)

## Formación del epiglottis

- ▶ Proviene de la eminencia **hipobranquial** (IV arco F.)
- ▶ La **tumefacción epiglótica** se proyecta hacia la glotis primitiva = epiglottis

◦ **inervación:** los músculos laringeos derivan de los arcos faríngeos IV y VI → inervados por el nervio vago

## ◦ Desarrollo posnatal:

- la laringe continúa desarrollándose después del nacimiento
- en el recién nacido, la laringe tiene un tamaño equivalente a 1/3 de la laringe adulta

## Desarrollo de la traquea, bronquios y pulmones:

### ▶ Semana 4:

- Derivan del intestino anterior, a la altura de la 4ta bolsa faríngea
- **FACTOR DE CRECIMIENTO Tbx4** → induce la formación del surco laringotraqueal, que separa un **esbozo endodérmico** del intestino anterior.

→ Forma el primordio de la tráquea, bronquios, pulmones → crecen en el mesénquima esplácnico

- **Porción cefálica:** Tráquea, bronquios y bronquiolos
- **Porción caudal:** Alvéolos

## Yema broncopulmonar y ramificación

◦ **Formación de yemas:** (Final 4s.)  
La yema broncopulmonar crece y se bifurca en yemas bronquiales  
↳ se proyectan en los conductos pericardioperitoneales (futuras cavidades pleurales)

## ◦ RAMIFICACIONES PRINCIPALES

▶ **Semana 5:** Formación de bronquios primarios derecho e izquierdo (der: asimétrico, más grueso y vertical)

▶ **Semana 6:** División en bronquios secundarios (der: 3, izq: 2)

▶ **Semana 7:** Formación de bronquios terciarios o segmentarios (der: 10, izq: 8-9)

## ◦ GENERACIÓN DE RAMAS:

▶ **Sem. 24,** se desarrollan 17 generaciones de ramas bronquiales

▶ **Desp. del nacimiento,** se añaden a aprox. 7 generaciones más.

## EPITELIO Y COMP. ESTRUCTURALES

◦ **TRÁQUEA:** Epitelio endoestratificado cilíndrico ciliado con células calciformes y basales.

◦ **BRONQUIOS TERMINALES:** Epitelio ciliado simple (columnar → cúbico), alternado con celular clara

◦ **SACOS ALVEOLARES:** Neumocitos tipo I (cels. epiteliales escamosas), Neumocitos tipo II (cels. epiteliales cúbicas)

## Mesodermo esplácnico

▶ Forma la lámina propia, submucosa, músculo liso, y cartilago hialino en la tráquea y bronquios

▶ desde los bronquiolos no hay cartilago → Están protegidas por el **estroma pulmonar** (derivado del mesodermo esplácnico)

## Regulación genética

◦ **Ramificación bronquial:** Hoxa-3 - Hoxa-5, y N-myc

◦ **Morfología de los pulmones:** Lefty 1, Lefty 2, Nodal y Pitx2

◦ **Finaliza** entre los 8-10 años, incluye el desarrollo de generaciones adicionales de ramas bronquiales y diferenciación estructural periférica.

## MADURACIÓN pulmonar:

### ETAPA SEUDOGLANDULAR

(sem. 5 - 16)

▶ Ocurren entre 12-13 divisiones de las vías respiratorias.

▶ se forman **túbulos respiratorios** con epitelio columnar de origen endodérmico, con una apariencia en cortes transversales

▶ **Mesénquima circundante:** comienza a formar vasos sanguíneos paralelos a los túbulos respiratorios

◦ **HFH-4:** Regula la formación de y proliferación de túbulos

◦ **Hedgehog:** Estimula la proliferación de células mesenquimáticas

### ETAPA CANICULAR

(sem. 16 - 27)

▶ crecimiento significativo de los túbulos respiratorios, diferenciándose en bronquios, bronquiolos terminales y bronquiolos respiratorios

▶ Aparecen los primeros sacos terminales o alvéolos primitivos, tapizados por cels. cúbicas precursoras de los neumocitos

▶ se establece la **memb. alveolocapilar**, facilitando el intercambio gaseoso.

▶ **HFH-4, TTF-1 y HNF3- $\alpha$ :** regulan la diferenciación celular y la producción de surfactante pulmonar

### ETAPA SACULAR

(sem 26 - nacimiento)

▶ incremento significativo en el número de sacos terminales, con un adelgazamiento progresivo del epitelio

▶ El epitelio (columnar) se diferencia en células planas y cúbicas que son precursoras de los neumocitos tipo I y II.

▶ **FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN:**

TTF-1 y HNF-3 $\beta$  regulan la diferenciación y producción de surfactante (por el neumocito tipo II)

## ETAPA ALVEOLAR

(posnatal, hasta los 8-10 años)

▶ Formación de los alvéolos definitivos

▶ Al nacimiento existen entre **20-50 millones** de alvéolos con un diámetro promedio de **0.3mm**. En la vida adulta, este número aumenta a **300-800 millones** con una superficie de intercambio gaseoso de **75m<sup>2</sup>**

## TAPIZADOS POR:

◦ **Neumocito tipo I:** Intercambio gaseoso

◦ **Neumocito tipo II:** produce y secreta surfactante pulmonar.

▶ Las paredes alveolares están separadas por **tabiques interalveolares**, contiene:

- Neumocitos tipo I y II
- células endoteliales de los v. sanguíneos
- células intersticiales

▶ **FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN:** TTF-1 y BMP-4 → regulan la organización y formación de los alvéolos

## PRODUCCIÓN Y FUNCIÓN DEL FACTOR SURFACTANTE PULMONAR:

▶ su producción inicia entre la sem 24 y 28 y se libera mediante exocitosis

## COMPOSICIÓN DEL SURFACTANTE PULMONAR:

- Lípidos: 90% , fosfolípidos: 80-90%
- Proteínas: 10% (A, B, C, D)

◦ **FUNCIÓN:** Facilita la expansión alveolar durante la respiración, favorece el intercambio gaseoso

## ◦ FACTORES GENÉTICOS Y PROTEÍCOS:

- TTF-1, gen de la proteína B del surfactante (SP-B)

## ◦ PATOLOGÍAS:

- Prematuras
- Hijos de madres diabéticas
- Desarrollo de la enfermedad por membrana hialina, caracterizada por la dificultad respiratoria severa al nacimiento.

# Sistema Nervioso

## Neurulación:

Proceso que inicia con la formación de la placa neural y finaliza con el cierre del tubo neural, entre la 3ra y 4ta. semana.

### Neuroectodermo y Placa neural:

- ▶ La formación del tubo neural marca el comienzo del desarrollo del sist. nervioso (3ra. sem)
- ▶ El ectodermo sobre y lateral a la notocorda se engrosa para convertirse en neuroectodermo = placa neural
- ▶ **INDUCCIÓN de la notocorda:**
  - La notocorda secreta **nogina** y **cordina**, que bloquean la proteína morfogénica ósea 4 (BMP-4)
  - Al bloquear BMP-4, el ectodermo suprayacente se diferencia hacia tejido neural.
  - La notocorda es el inductor primario del S.N.
- ▶ Visible desde el día 18±1
- ▶ Se distingue del ectodermo vecino que formará la epidermis.
- ▶ **CRECIMIENTO de la PLACA NEURAL:**  
Se extiende desde la región cefálica (futuro encéfalo) hasta la región caudal (futura médula espinal)
- ▶ La placa neural se hunde y en la línea media forma el surco neural.
- ▶ Los bordes elevados forman los pliegues neurales

▶ En los pliegues neurales se localizan células pluripotentes de la cresta neural

▶ Los bordes elevados forman los pliegues neurales.

## Tubo y conducto NEURAL:

- ▶ DÍA 22±1, los pliegues neurales se fusionan en la línea media dorsal, comenzando en la región cervical (4to. somite occipital y 1er somite cervical)
- ▶ Se forma el tubo neural, compuesto por una pared de neuroepitelio y una cavidad (conducto neural) → **SISTEMA ventricular.**

**NEUROPOROS:** El tubo neural inicialmente se comunica con la cavidad amniótica a través de sus extremos abiertos: neuroporo craneal, neuroporo caudal.

### Cierre del TUBO neural:

- ▶ **Neuroporo craneal:** se cierra entre los días 24 y 26
- ▶ **Neuroporo caudal:** se cierra entre los días 26 y 28
- ▶ El cierre ocurre en varios sitios (3 n. craneal y 2 en el n. caudal)

### SEPARACIÓN DEL TUBO NEURAL:

- ▶ Se separa del ectodermo superficial = epidermis de la espalda.
- ↳ depende de moléculas de adhesión celular como las **cadherinas -E** y las **cadherinas -N**

## Organización PRIMARIA DEL T. NEURAL

- ▶ El tubo neural está formado por una cavidad interna (Luz) y una pared neuroepitelial pseudoestratificada.

▶ el neuroepitelio delimita la cavidad entre la membrana limitante externa e interna.

**Función del neuroepitelio:** Alta actividad mitótica, produce células madre pluripotenciales que forman los elem. celulares de S.N. central

**zona ventricular:** Neuroepitelio original

**zona intermedia (CAPA del MANTO):** Formada por neuroblastos → **Sustancia gris**

**zona marginal:** Prolongaciones de neuroblastos (axones y dendritas) → **Sustancia blanca**

## histogenesis DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

- ▶ La mayoría de las células del sistema nervioso proviene de **células madre pluripotenciales** del neuroepitelio del tubo neural.
- ▶ **Microglía:** excepción, de origen mesodérmico (macrófagos derivados de monocitos)
- células madre nerviosas:** expresan la proteína nestina y realizan múltiples mitosis
  - ↳ Generan células madre biopotenciales que se diferencian en la línea neuronal o glía.

### Diferenciación neuronal:

- ▶ **NEUROBLASTOS:** tra diferenciación; expresan proteína de neurofilamentos y pierden capacidad de división
- ▶ **PROCESO de MADURACIÓN:**  
Neuroblastos bipolares → unipolares → multipolares (neuronas) con prolongaciones dendríticas y axónicas que forman sinapsis

**Diferenciación glial:** expresan proteína ácida glial fibrilar y dan origen a:

1. ASTROCITOS TIPO II y oligodendrocitos
2. ASTROCITOS TIPO I
3. CUA RADIAL, se diferenciará en células ependimarias y en algunos casos, ASTROCITOS TIPO I

### MICROGLIA:

- Función de macrófagos → derivan del mesodermo
- Aparecen con la irrigación del sistema nervioso



# vesículas cerebrales:

El tubo neural, tras su formación, se convierte en el tubo encefalomedular

- Extremo CRANEAL (CABEZA): más ancho → forma el cerebro
- Extremo CAUDAL (COLA): más estrecho → forma la médula espinal

## 4 SEMANA: APARICIÓN DE LAS VESÍCULAS ENCEFÁLICAS PRIMARIAS

- 1. PROSENCEFALO** (cerebro anterior) más cercano a la cabeza
- 2. MESENCEFALO** (cerebro medio) conecta con el prosencefalo
- 3. ROMBOENCEFALO** (cerebro posterior) une al cerebro con la parte estrecha del tubo que será la médula espinal.

Debido al crecimiento y flexión del embrión, aparecen dos curvas importantes en la parte del tubo ventral

- FLEXIÓN CEFÁLICA** o **mesencefálica**: área del mesencefalo
- FLEXIÓN CERVICAL**: en la unión entre el romboencefalo y médula espinal.

## SEMANA 5: Formación de vesículas encefálicas secundarias

- DEL PROSENCEFALO:**
  - TELENCEFALO**: originara los hemisferios cerebrales
  - DIENCEFALO**: formara el tálamo, hipotálamo y otras estructuras profundas del cerebro
- DEL MESENCEFALO**: permanece como tal y sigue desarrollandose como cerebro medio.
- DEL ROMBOENCEFALO:**
  - MELENCEFALO**: Formará el cerebelo y el puente (protuberancia)
  - MIELIENCEFALO**: Formará el bulbo raquídeo.

**FLEXIÓN PÓNTICA**: Aparece una tercera curva, la flexión pónica, en la parte dorsal entre el metencefalo y el mielencefalo

El **TELENCEFALO** se divide en

1. **vesículas telencefálicas**: Hemisferios cerebrales, conectadas por la lámina terminal

## Estructuras definitivas derivadas de las vesículas

- TELENCEFALO**: Da lugar a los hemisferios cerebrales (pensamiento, memoria y lenguaje)
- DIENCEFALO**: Forma el tálamo, hipotálamo, epitálamo e infundíbulo (regulan funciones internas y procesan información sensorial)
- MESENCEFALO**: origina el cerebelo (equilibrio y coordinación) y el puente (conecta áreas del cerebro)
- MIELIENCEFALO**: Da lugar al bulbo raquídeo, controla la respiración y los latidos del corazón.

## SISTEMA VENTRICULAR Y LIQUIDO CEFALORAQUIDEO

### Sistema ventricular: LUZ DEL TUBO NEURAL

- Se forma de la luz interna (cavidad) del tubo neural
- Compuesto por una red de cavidades interconectadas donde circula el líquido cefaloraquídeo (LCR). → Rodea externamente al sist. nerv. central

### ESTRUCTURA:

- 1. VENTRÍCULOS LATERALES (I y II)**: localizados en los hemisferios cerebrales comunican al tercer ventrículo a través de los agujeros interventriculares
- 2. Tercer ventrículo**: localizado en el diencefalo conecta con el 4to ventrículo a través del Acuoducto cerebral (de Silvio)

### 3. CUARTO VENTRÍCULO:

Localizado en el metencefalo y mielencefalo. comunica con el espacio subaracnoideo a través de:

- Apertura mediana (Agujero de Magendie)
- Aperturas laterales (Agujeros de Luschka)

4. **Conducto ependimario**: Continuación del sist. ventricular hacia la médula espinal

- Los ventrículos adquieren una forma más compleja con:
  - **ASTA ANTERIOR**: lóbulo frontal
  - **ASTA INFERIOR**: lóbulo temporal
  - **ASTA POSTERIOR**: lóbulo occipital

### PRODUCCIÓN D LCR

- Producido por los plexos coroides
- Localizados en:
  - ventrículos laterales (fisura coroidea)
  - techo del tercer ventrículo
  - techo del cuarto ventrículo
- Formado por: Invaginaciones del mesenquima vascular → empujan la tela coroidea

Función del líquido cefaloraquídeo:

- Protege al sistema nervioso central
- Actúa como amortiguador, permitiendo que el cerebro y médula "floten"
- Transporta nutrientes y elimina desechos
- Volumen: 150 ml, producción diaria 500 ml (se recambia varias veces al día)

Reabsorción: El líquido CR llega a las vellosidades aracnoideas (de Pacchioni) en el espacio subaracnoideo → se reabsorbe hacia la circulación venosa general

### ≡ médula ESPINAL

- Localizada dentro del conducto vertebral
- **Sustancia gris**:
  - la zona intermedia o de manto formará la S. 9.

- Forma una estructura en "H"
- **Astas dorsales (posteriores)**: sensitivas
- **Astas ventrales (anteriores)**

### ▶ Sustancia blanca:

- Rodea a la sustancia gris y contiene fibras nerviosas
- entran y salen de la médula
- conecta diferentes partes del sistema nervioso
- La formará la zona marginal

▶ **duramadre**: Capa externa y resistente

▶ **ARACNOIDES**: Capa intermedia

▶ **Piamadre**: Capa interna, adherida a la médula

▶ **ORIGEN**: Se forma partir de la porción no dilatada del tubo neural (caudal al romboencefalo) desde el cuarto par de somites hacia abajo

### DIFERENCIACIÓN DE LAS PLACAS Y FORMACIÓN DE ASTAS

- ▶ **engrosamiento del tubo neural**:
  - Placas alares (dorsales)** → Dan origen a las astas posteriores (eferentes o sensitivas). Conectadas entre sí por la placa del techo
  - Placas basales (ventrales)** → Dan origen a las astas anteriores (eferentes o motoras) conectadas entre sí por la placa de suelo

▶ **SURCO LIMITANTE**: Divide las placas alares de las basales

### ▶ RAÍCES NERVIOSAS:

- **RAÍCES DORSALES**: Fibras sensoriales que entran en la médula desde los ganglios raquídeos
- **RAÍCES VENTRALES**: Axones motores que salen de la médula hacia los nervios raquídeos

### ▶ extensión de las meninges:

- La duramadre y las aracnoides terminan en la segunda vértebra sacra (S2)
- La piamadre forma un filamento

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Arteaga Martinez, S. M. (2020). *Embriología Humana y Biología del desarrollo*. Editorial Médica Panamericana. S. A. de C. V. 3a edición.