

3er parcial "Resumen"  
Hever Maximiliano Ramos Roblero

## "Formación de las capas germinales y sus primeros derivados"

A medida que se implanta en la pared uterina el embrión sufre modificaciones profundas en su organización. Hasta el momento de la implantación, el blastocisto está constituido por la masa celular interna de la que se origina propiamente el cuerpo del embrión y el trofoblasto externo que representa la conexión tisular futura entre el embrión y la madre.

En la última instancia, la subdivisión de la masa celular interna comienza da lugar al cuerpo del embrión que contiene 3 capas germinales primarias = el ectodermo (la capa externa), el mesodermo (la capa intermedia) y el endodermo (la capa interna). El proceso por el cual se forman las capas germinales mediante movimiento celulares se denomina gastrulación.

Después de que se han establecido estas capas germinales la progresión continua del desarrollo embrionario depende de una serie de señales denominadas inducciones embrionarias que se intercambian entre las capas germinales u otros precursores tisulares.

En una interacción inductiva uno de los tejidos (el inductor) actúa sobre otro (el tejido de respuesta) de manera que el desarrollo de este último es diferente del que se habría sido en ausencia del primero.

## "Estadio de disco bilaminar"

Antes de que el embrión se implante en el endometrio al principio de la segunda semana empiezan a aparecer cambios significativos en la masa celular interna y en el trofoblasto.

A medida que las células de la masa celular interna se disponen adoptando una configuración epitelial en lo que en ocasiones se denomina *cubierta embrionaria*.

La capa superior principal de células se llama *epiblasto* y la capa inferior *hipoblasto* o *endodermo primitivo*.

Algunas células de la masa celular interna expresan el factor de transcripción "nanog" mientras que otras expresan *Cata 6*.

Las células que expresan *nanog* representan las precursoras del epiblasto y las que expresan *Cata 6* las del hipoblasto.

Las células *Cata 6* que no llegan a la superficie inferior de la masa celular interna sufren *apoptosis* (*muerte celular*).

Después de que el hipoblasto se ha constituido en una capa bien definida y de que el hipoblasto ha adoptado una configuración epitelial la masa celular interna se transforma en un disco bilaminar con el epiblasto en su superficie dorsal y el hipoblasto en la ventral.

Hever Maximiliano Ramos Roblero

El epiblasto contiene las células que forman el embrión en sí mismo aunque de esta capa también se originan tejidos

La capa que aparece después del hipoblasto es el **amnios** una capa de ectodermo extraembrionario que finalmente rodea a todo el embrión en una cámara llena de líquido denominada **cavidad amniótica**.

## Gastrulación y formación del disco embrionario trilaminar

Al final de la segunda semana del embrión está constituido por 2 capas celulares planas, el **epiblasto** y el **hipoblasto**.

Al inicio de la tercera semana de gestación, el embrión entra en el periodo de **gastrulación**, durante el cual se forman las 3 capas germinales embrionarias a partir del epiblasto.

La **Gastrulación** se inicia con la formación de la **línea primitiva** una condensación celular longitudinal en la línea media que procede del epiblasto en la región posterior del embrión a través de una inducción ejercida por parte de las células situadas en el borde del disco embrionario de esta zona.

Se han identificado como posibles agentes inductores a los miembros del factor de crecimiento transformante B (TGF- $\beta$ ) y a las familias de moléculas de señalización de Wnt.

La línea primitiva tiene al principio una forma triangular pero al poco tiempo se torna lineal y se alarga mediante una combinación de proliferación y migración así como también a distribuciones celulares internas llamadas *movimientos de tensión convergente*.

La línea primitiva es una región donde convergen las células del epiblasto en una secuencia espacial y temporal bien definida. A medida que las células del epiblasto alcanzan la línea primitiva cambian su morfología y pasan a través de ella para formar nuevas capas celulares debajo del epiblasto.

Las células que entran y abandonan la línea primitiva en su zona más posterior cuando esta comienza a elongarse, forman el mesodermo extraembrionario que reviste el trofoblasto y el saco vitelino así como también los islotes sanguíneos.

Otra oleada de mesodermo que surge más tarde y más anterior en la línea primitiva es responsable de la formación del mesodermo paraaxial, la placa lateral y el mesodermo cardíaco.

### "Regresión de la línea primitiva"

Tras su aparición inicial en el extremo caudal del embrión, la línea primitiva experimenta una expansión rostral aproximadamente hasta el día 18 después de la fecundación.

Durante esta fase, la Formación del mesodermo continúa mediante las células que migran desde el epiblasto a través del surco primitiva.

Cuando la regresión de la línea primitiva termina su parte más caudal se caracteriza por una masa de células mesenquimatosas denominada masa celular caudal.

La línea primitiva suele desaparecer sin dejar rastro pero en algunos casos muy poco frecuente aparecen tumores

### Notocorda y placa precordal

La notocorda, la estructura por la que se da la denominación de Cordados al filum al que pertenecen todos los vertebrados, es una estructura cilíndrica celular que discurre a lo largo del eje longitudinal del embrión con una localización inmediatamente ventral al sistema nervioso central.

Actúa como el soporte longitudinal inicial del cuerpo, la notocorda también desempeña una función fundamental como principal mecanismo iniciador de una serie de episodios de señalización que transforman las células embrionarias no especializadas en tejidos y órganos definitivos.

Entre el extremo rostral de la notocorda y la membrana bucofaríngea existe una pequeña acumulación de células mesodérmicas estrechamente relacionadas con el endodermo que se llama placa precordal.

## Inducción del sistema nervioso

### Inducción neural

La relación de inducción entre la notocorda (cordomesodermo) y el ectodermo que la cubre en la génesis del sistema nervioso ya fue descubierta a principios del siglo XX.

En los anfibios, los agentes de inducción son 3 moléculas de señal (noggin, follistatina y cordina) producidas por la notocorda.

A medida que la gastrulación se desarrolla y el nódulo primitivo toma forma este induce al epiblasto a formar tejido neural a través de un mecanismo similar al de inhibición BMP.

### Formación inicial de la placa neural

La primera respuesta morfológica obvia del embrión frente a la inducción neural es la transformación del ectodermo dorsal que queda por encima del proceso notocordal en una placa alargada de células epiteliales engrosadas denominada placa neural.

El límite de la placa neural se especifica por la exposición de las células que ocupan esa zona a una fuerte concentración de BMP. Esta es la región de la que surge la cresta neural.

Tras la formación de dicha placa neural, la capa germinal ectodérmica queda subdividida en dos linajes de desarrollo uno neural, y otro no neural.

El cigoto y las blastómeras resultantes del primer par de divisiones de la segmentación son totipotentes.

### Moléculas de adhesión celular

A principios del siglo XX los investigadores determinaron que las células de características similares en suspensión mostraban una tendencia intensa a la agregación.

Si se mezclan tipos diferentes de células embrionarias suelen separarse según el tipo tisular.

Las inmunoglobulinas Ig (inmunoglobulina) -CAM se caracterizan por tener un número variable de dominios extracelulares similares a los de las inmunoglobulinas.

Hever Maximiliano Ramos Roblero

## "Organización del plan corporal básico del embrión"

Al finalizar la gastrulación el embrión en si mismo consiste en un disco plano formado por las 3 capas germinales, el ectodermo, el mesodermo y el endodermo.

Su eje craneocaudal esta definido por la localización de la línea primitiva, debido al patrón de migración celular a través de esta y a la regresión de la misma hacia el extremo caudal del embrión, se establece una intensa polarización craneocaudal de maduración.

Esta polarización se caracteriza al principio por la formación de la notocorda y mas tarde por la aparición de la placa neural por inducción primaria de la notocorda sobre el ectodermo dorsal adyacente.

Existen patrones complejos de expresión génica que establecen el plan corporal básico del embrión. Este avance segmentario es una característica dominante en todos los embriones micromites.

Otro avance fundamental en la comprensión de la organización esencial del plan corporal es la plegadura lateral del embrión inicial, gracias a la cual las 3 capas celulares basicamente planas y apiladas una sobre otra (las capas germinales embrionarias primarias) se convierten



Heuer Maximiliano Ramos Roblero

en una estructura cilíndrica, donde el ectodermo queda en la parte superficial, el ectodermo en la profunda y el mesodermo entre ambas

## Desarrollo del ectodermo

Neurulación = Formación del tubo neural

La primera de las 4 fases principales en la formación del tubo neural es la transformación del ectodermo embrionario general en una placa neural gruesa.

La actividad fundamental de la segunda fase es la configuración de los centros generales de la placa neural de manera que se hace más estrecha y alargada. Esto se logra en gran medida mediante la **convergencia - extensión** durante la cual las células ectodérmicas que forman la placa neural mientras que se desplazan hacia la línea media se van haciendo más alargada en sentido craneocaudal al tiempo que se estrechan lateromedialmente.

La tercera Fase principal en el proceso de neurulación es el plegamiento lateral de la placa neural con elevación de los dos lados de la misma a lo largo de un surco neural

La línea media ventral de la placa neural denominada en ocasiones **bisagra medial** parece actuar como un punto de anclaje alrededor del cual se elevan los 2 lados y

Forman un ángulo agudo respecto a la horizontal.

La 4ta fase en la formación del tubo neural consiste en la aposición de las dos superficies apicales más laterales de los pliegues neurales, su fusión y la separación del segmento completado del tubo neural respecto de la lámina ectodérmica supra yacente.

## Desarrollo del mesodermio

Después de atravesar la línea primitiva las células mesodérmicas se desplazan lateralmente entre el ectodermo y el endodermo formando una capa continua de células mesenquimatosas.

En el mesodermio de los cortes transversales de embriones se pueden conocer 3 regiones.

En la localización más cercana al tubo neural hay una columna engrosada de células mesenquimatosas denominadas mesodermio paraaxial o placa segmentaria, una región compacta de mesodermio intermedio y más allá el mesodermio paraxial.

Hever Maximiliano Ramos Roblero

## Desarrollo del endodermo

La formación del endodermo depende de la señal de nodal. En un ambiente de alto nivel de nodal como es la región adyacente al nódulo primitivo las células endodérmicas adquieren un fenotipo craneal mientras que en regiones más caudales las células endodérmicas adquieren un fenotipo craneal mientras que en regiones más caudales las células endodérmicas recién formadas las cuales están expuestas a un bajo nivel de nodal y a la presencia de FGF-4 están destinadas a formar estructuras caudales.

## Estructura básica del embrión de 4 semanas

Hacia el final de la cuarta semana de gestación, el embrión todavía tiene una longitud aproximadamente de 4 mm, ha establecido los rudimentos de la mayor parte de los órganos y sistemas, excepto los miembros.

El embrión tiene forma de C con una fila prominente de somitos situada a lo largo de cada lado del tubo neural. Excepto por los rudimentos de los ojos y los oídos y por la membrana bucofaringea que está empezando a desaparecer, la cabeza no presenta otro aspecto.

En la región cervical son visibles los arcos branquiales.

## Cuestionario formación de capas germinales y sus derivados

1. ¿En qué día comienza la implantación del embrión?

A) Día 1

B) Día 3

C) Día 6

D) Día 10

2. ¿Cuál de las siguientes estructuras se forma durante la implantación y provee soporte al embrión?

A) Sincitiotrofoblasto

B) Hipoblasto

C) Cavidad amniótica

D) Mesodermo extraembrionario

3. ¿Qué capa germinal da lugar al sistema nervioso?

A) Ectodermo

B) Mesodermo

C) Endodermo

D) Hipoblasto

4. ¿Cuál es el principal componente del blastocisto encargado de la conexión tisular futura con la madre?

A) Trofoblasto

B) Masa celular interna

C) Citotrofoblasto

D) Epiblasto

5. ¿Cuál de las siguientes proteínas es clave para el desarrollo del epiblasto?

A) Nanog

B) Gata 6

C) Integrina

D) Oct4

6. Durante la gastrulación, ¿qué capa germinal dará origen al sistema cardiovascular?

A) Ectodermo

**B) Mesodermo**

C) Endodermo

D) Citotrofoblasto

7. ¿En qué día ocurre la regresión de la línea primitiva?

A) Día 6

B) Día 10

**C) Día 15**

D) Día 18

8. ¿Qué capa germinal forma el tubo digestivo?

A) Ectodermo

B) Mesodermo

**C) Endodermo**

D) Hipoblasto

9. ¿Cómo se llama la estructura que se forma a partir del cigoto en los primeros días del desarrollo?

A) Gastrula

**B) Blastocisto**

C) Embrión bilaminar

D) Disco trilaminar

10. ¿Qué estructura es responsable de la adhesión del embrión a la pared uterina?

A) Citotrofoblasto

**B) Sincitiotrofoblasto**

C) Masa celular interna

D) Epiblasto

11. ¿Qué capa germinal es responsable de la formación de los huesos?

A) Ectodermo

**B) Mesodermo**

C) Endodermo

D) Hipoblasto

12. ¿Cuál es la función principal del saco vitelino?

A) Dar soporte mecánico

**B) Proporcionar nutrientes**

C) Formar el ectodermo

D) Crear el mesodermo

13. ¿Qué molécula promueve el desarrollo de las células del hipoblasto?

A) Nanog

**B) Gata 6**

C) Fibronectina

D) TGF-beta

14. ¿Cuál es la capa superior del embrión en el estadio bilaminar?

A) Hipoblasto

**B) Epiblasto**

C) Trofoblasto

D) Mesodermo

15. ¿Qué día se completa generalmente el proceso de gastrulación?

A) Día 10

B) Día 14

**C) Día 18**

D) Día 20

16. ¿Cuál de las siguientes estructuras da origen al sistema linfático?

A) Endodermo

**B) Mesodermo**

C) Ectodermo

D) Sincitiotrofoblasto

17. ¿Qué proceso permite la creación de la cavidad amniótica?

A) Fusión celular

**B) Cavitación**

C) Migración celular

D) Diferenciación del mesodermo

18. ¿En qué se convierte la masa celular interna durante la implantación?

**A) Epiblasto e hipoblasto**

B) Trofoblasto y citotrofoblasto

C) Endodermo y mesodermo

D) Mesodermo y ectodermo

19. ¿Cuál de las siguientes es una función de las inducciones embrionarias?

A) Eliminar desechos

B) Estimular la división celular

**C) Diferenciar tejidos**

D) Generar trofoblasto

20. ¿Cuál de los siguientes deriva del ectodermo?

A) Hígado

B) Músculos

**C) Sistema nervioso**

D) Sistema linfático

21. ¿Cuál es la capa externa del trofoblasto?

A) Epiblasto

B) Hipoblasto

**C) Sincitiotrofoblasto**

D) Citotrofoblasto

22. ¿Qué capa germinal origina el sistema hematopoyético?

A) Ectodermo

**B) Mesodermo**

C) Endodermo

D) Hipoblasto

23. ¿Cuál es la función de la cavidad amniótica?

A) Proteger al embrión

B) Permitir adhesión

C) Formar el mesodermo

D) Crear el sistema linfático

24. ¿Cuál de las siguientes capas germinales se asocia al sistema respiratorio?

A) Ectodermo

B) Mesodermo

C) Endodermo

D) Hipoblasto

25. ¿En qué semana se forma el disco trilaminar?

A) Semana 1

B) Semana 2

C) Semana 3

D) Semana 4

26. ¿Qué proceso permite la invasión del tejido uterino?

A) Gastrulación

B) Implantación

C) Formación del blastocisto

D) Cavitación

27. ¿De qué estructura derivan los somitas?

A) Mesodermo paraxial

B) Endodermo

C) Citotrofoblasto

D) Epiblasto

28. ¿Cuál es el origen de la tiroides?

A) Ectodermo

B) Mesodermo

C) Endodermo



D) Hipoblasto

29. ¿Qué estructura proporciona nutrientes tempranos al embrión?

A) Cavidad amniótica

B) Trofoblasto

**C) Saco vitelino**

D) Sincitiotrofoblasto

30. ¿Qué sucede en el embrión al formarse la línea primitiva?

A) Aparece la cavidad amniótica

**B) Se establece el ectodermo, mesodermo y endodermo**

C) Se fusiona el trofoblasto

D) Se desarrolla el sistema nervioso

## Cuestionario de neurulación

1. ¿Cuál de las siguientes estructuras da inicio al proceso de neurulación en el embrión humano?

A) Cresta neural

**B) Notocorda**

C) Ectodermo superficial

2. ¿En qué etapa del desarrollo embrionario se forma el tubo neural en humanos?

A) Al final de la segunda semana

B) Al principio de la tercera semana

C) A mediados de la tercera semana

**D) Al final de la cuarta semana**

3. ¿Cuál de las siguientes estructuras es un derivado directo de las células de la cresta neural?

A) Médula espinal

B) Sistema nervioso central

**C) Nervios periféricos**

D) Hipotálamo

4. Durante la neurulación, el ectodermo da origen a una estructura que se pliega para formar el tubo neural. ¿Cuál es el nombre de esta estructura?

**A) Placa neural**

B) Somitos

C) Notocorda

D) Mesénquima

5. ¿Qué porción del tubo neural se cierra primero durante el desarrollo?

A) La región torácica

**B) El neuroporo anterior**

C) El neuroporo posterior

D) La región cervical

6. ¿Cuál es la consecuencia más común de un fallo en el cierre del neuroporo posterior?

A) Hidrocefalia

B) Anencefalia

**C) Espina bífida**

D) Microcefalia

7. ¿Qué vitamina ha demostrado ser fundamental en la prevención de defectos del tubo neural?

A) Vitamina A

B) Vitamina C

**C) Ácido fólico (Vitamina B9)**

D) Vitamina D

8. La formación del tubo neural se ve influenciada por la señalización de diferentes proteínas y factores. ¿Cuál de los siguientes es una señalización clave en el proceso de neurulación?

**A) BMP (Proteínas morfogenéticas óseas)**

B) Dopamina

C) Insulina

D) Eritropoyetina

9. ¿Cuál de las siguientes es una anomalía resultante de un fallo en el cierre del neuroporo anterior?

A) Espina bífida

B) Hidrocefalia

**C) Craneorraquisquisis**

D) Mielomeningocele

10. Durante la neurulación, ¿cuál de las siguientes estructuras es responsable de inducir la formación de la placa neural en el ectodermo?

A) Cresta neural

**B) Notocorda**

C) Somitos

D) Mesodermo lateral