

Lliçó 4. Desenvolupament dels teixits i la forma del cos. Quarta a vuitena setmanes

4.1. Fases del desenvolupament

Durant les setmanes 4a - 8a, s'estableix l'inici de la formació de les principals estructures externes i internes, comença el desenvolupament dels principals sistemes d'òrgans i l'embrió adquireix un aspecte definitivament humà. Aquest és un període crític durant el qual l'exposició de l'embrió a agents externs (**teratògens**) pot traduir-se en l'aparició de defectes congènits.

Es distingeixen tres fases que tenen lloc de forma pràcticament simultània:

1. **Creixement.** En el què es produeix l'augment de la grandària de l'embrió.
2. **Morfogènesi.** Desenvolupament de la forma, els diferents teixits sofreixen canvis que els duen a adoptar la seva disposició i forma definitives.
3. **Diferenciació.** Es correspon amb la maduració dels processos fisiològics de cada òrgan.

4.2. Plegament de l'embrió

És el procés mitjançant el qual l'embrió, en aquest moment amb forma aplanada, sofreix una sèrie de canvis que fan que adopti una forma tubular. Aquest plegament ocorre en els plans frontal i horitzontal com a conseqüència del creixement ràpid de l'embrió. El ritme de creixement és desigual en parts laterals respecte al creixement longitudinal això condueix a un plegament en els extrems cranial i caudal i en els costats comportarà una constricció relativa de la unió de l'embrió al sac vitel·lí.

4.2.1 Plegament longitudinal

Ocorre en els extrems de l'embrió amb plegament a nivell del cap i la cua cosa que origina un moviment en direcció ventral de les regions cranial i caudal.

En el cap, el cervell primitiu inicia el seu creixement més enllà de la membrana bucofaríngia i de l'àrea cardíaca, desplaçant-les a la superfície ventral de l'embrió. Durant aquest procés, s'incorpora part del sac vitel·lí dins de l'embrió donant lloc a l'**intestí anterior**. La membrana bucofaríngia separa l'intestí anterior de l'**estomodeu** o **boca primitiva**.

En la cua embrionària, el plegament de l'extrem caudal de l'embrió resulta del creixement distal del tub neural. La regió de la cua es projecta sobre la **membrana cloacal** i incorpora part del sac vitel·lí denominada **intestí caudal**, que ràpidament donarà lloc a la **cloaca**.

La tija de connexió embrionària s'uneix amb la superfície ventral de l'embrió i l'al·lantoide s'incorpora parcialment a l'embrió.

4.2.2 Plegament transversal

El primordi de cada paret lateral del cos es plega cap al pla mitjà pel que atropella les vores del disc embrionari de manera ventral i forma un embrió més o menys cilíndric.

S'incorpora en l'embrió part del sac vitel·lí com a intestí mitjà. La connexió de l'intestí mitjà amb el sac vitel·lí es redueix a una tija estreta. A mesura que es forma el cordó umbilical, es redueixen les comunicacions entre els celomes extraembrionari i intraembrionari. A mesura que s'expandeix la cavitat amniòtica, s'oblitera la major part del celoma extraembrionari.

4.3. Derivats de les capes germinals

Les capes germinals formades durant la gastrulació originen primordis de tots els teixits i òrgans des de la quarta a la vuitena setmanes. Els principals derivats de les capes germinals són els següents:

- **Ectoderma:** Sistema nerviós central i perifèric, epitelis sensorials dels ulls, oïda, nas, epidermis, cabell, ungles, glàndules mamàries, hipòfisi, ganglis nerviosos, cèl·lules pigmentàries de la dermis, medul·la suprarenal, meninges i múscul, teixit conjuntiu i os de l'arc branquial.
- **Mesoderma:** Teixit conjuntiu, os, cartílag, músculs llisos i estriats, cor, vasos, cèl·lules sanguínies, limfàtics, ovaris i testicles, seroses que recobreixen les cavitats, melsa i escorça suprarenal.
- **Endoderma:** Recobriment epitelial dels aparells gastrointestinal i respiratori, glàndules tiroides i paratiroide, timus, fetge i pàncrees, recobriment epitelial de vies urinàries.

4.4. Control del desenvolupament embrionari

El desenvolupament resulta de la interpretació de plans genètics dels cromosomes. La informació obtinguda sobre els processos que controlen el desenvolupament humà s'ha obtingut quasi bé tota en estudis d'embríologia comparada.

La major part dels processos de desenvolupament depenen de la interacció coordinada amb precisió de factors genètics i ambientals. Cada sistema del cos té el seu patró de desenvolupament però la major part dels processos de la morfogènesi són similars i relativament senzills. El creixement s'aconsegueix per mitosis junt amb producció de matrius extracel·lulars; mentre que, la complexitat tissular s'adquireix per morfogènesi i diferenciació.

Les cèl·lules dels teixits d'embrions primerencs són pluripotencials i sota diferents circumstàncies poden seguir més d'una via de desenvolupament. Aquest potencial es restringeix progressivament a mesura que els teixits adquireixen característiques especialitzades. En l'actualitat, quasi totes les proves indiquen que la diferenciació es produeix com a resposta a indicis de l'ambient immediat que inclou teixits veïns.

La interacció dels teixits que condueix a un canvi en el decurs del desenvolupament es denomina **inducció**. En la literatura es troben múltiples exemples; per exemple, durant el desenvolupament de l'ull, la vesícula òptica indueix la formació del cristal·lí a partir de l'ectoderma superficial del cap. Quan no hi ha vesícula òptica no es desenvolupa l'ull; si s'extirpa aquesta i es col·loca junt a l'ectoderma superficial que no participa en la formació de l'ull, es pot induir la formació del cristal·lí.

La influència d'un teixit en la via de desenvolupament d'un altre suposa la presència de senyals entre ambdós. Es desconeix la seva naturalesa precisa, però el seu mecanisme varia segons el teixit. En alguns casos, la senyal és una molècula difusible com l'àcid retinoic i que passa de l'inductor al teixit amb què reacciona. En d'altres casos, el missatge intervé a través d'una matriu extracel·lular no difusible secretada per l'inductor i amb la que entra en contacte el teixit que reacciona. Una altra possibilitat són els contactes físics entre teixits d'inducció i de resposta. Aquesta senyal es tradueix en un missatge intracel·lular que influeix en l'activitat genètica de les cèl·lules que responen.

Les induccions no s'han de considerar com a fenòmens aïllats, amb freqüència, aquestes ocorren d'una manera tant seqüencial que originen el desenvolupament ordenat d'una estructura complexa. Això assegura la formació de les parts de l'òrgan de forma apropiada en mida i relació per a la funció. En altres casos, les interaccions entre els teixits són recíproques, així

durant el desenvolupament del ronyó, el brot ureteral indueix la formació de túbuls en el mesoderma metanèfric i aquest a la vegada indueix la ramificació de la gemma ureteral que origina el desenvolupament de túbuls col·lectors i calces renals.

La resposta als estímuls inductors no és il·limitada. Així, tots els teixits passen per una fase en la qual són susceptibles a l'acció de l'inductor, passada la qual, si es produeix l'acció de l'inductor sobre el teixit pot produir-se una manca de la resposta. Així mateix sembla clar que els sistemes d'inducció tenen la característica comú de la proximitat.

En conclusió, el procés d'inducció és limitat en l'espai i el temps i la insuficiència d'interaccions té conseqüències en el desenvolupament (defectes congènits).

4.5. Mètodes de mesura i estudi d'embrions

L'edat dels embrions es determina per les seves característiques externes i la seva **grandària**. Els embrions de les setmanes tercera i inici de la quarta són rectes pel que la seva mesura s'indica amb la **longitud major (LM)**. En embrions majors s'utilitza l'altura sentat o longitud **vertèx-còccix (VC)** o **coroneta-rabada (CR)**. De manera internacional s'utilitza el **Carnegie Embryonic Staging System** també coneguts com **Estadis Carnegie d'O'Rahilly** que unifica criteris de longitud i característiques externes de l'embrió per a estimar aproximadament la seva edat. Evidentment aquests mètodes s'utilitzen per a determinar l'edat d'embrions aïllats obtinguts després d'avortaments.

Un altre mètode emprat és l'**ultrasonografia (ecografia)** que és particularment útil per a determinar l'edat embrionària in vivo durant el primer trimestre, per a detectar anomalies congènites durant el segon trimestre i per a l'estudi del creixement durant el tercer trimestre, així com per a determinar el lloc d'implantació de la placenta.

4.6. Desenvolupament de la forma del cos des de la quarta fins a la vuitena setmana

Quarta setmana. Estadis 11-13. (Long. C-R 5 mm)

- Aparició i desenvolupament progressiu dels somites.
- Formació del tub neural i tancament progressiu dels neuròpor.
- Aparició del cervell anterior.
- Aparició progressiva dels arcs branquials.
- Desenvolupament de les gemmes dels membres superiors i inferiors.
- Aparició de les fòvees òtiques i placodes del cristal·lí.
- Atenuació de la cua embrionària.

Cinquena setmana. Estadis 14-15. (Long. C-R 10 mm)

- Creixement del cap en comparació amb d'altres regions per desenvolupament ràpid del cervell produint-se contacte de la cara amb la prominència cardíaca.
- Diferenciació regional dels membres superiors. Aparició dels colzes i plaques de la mà. Presència de les projeccions digitals.
- Inici de moviments espontanis (sacsejades de tronc i membres).

Sisena setmana. Estadis 16-17. (Long. C-R 12 mm)

- Formació de les plaques podàliques.
- Aparició del pigment a la retina.
- Rajos digitals clarament visibles en les plaques de les mans.
- Esbós del pavelló auricular.
- Major inclinació del cap sobre la prominència cardíaca.
- Respostes reflexes al tacte.

Setena setmana. Estadis 18-20. (Long. C-R 20 mm)

- Aparició de les projeccions digitals a les plaques podàliques.
- Formació de les parpelles.
- El tronc s' allarga i es redreça i els membres s' estenen ventralment.
- Herniació prominent de l' intestí (Herniació umbilical).
- Reducció de la comunicació entre l' intestí primitiu i el sac vitel·lí.

Vuitena setmana. Estadis 21-23. (Long. C-R 30 mm.)

- Aproximació de les mans i els peus. Els dits de les mans estan lliures i llargs i els dels peus inicialment units per membranes es van separant.
- Desenvolupament de parpelles i pavellons auriculars.
- Cap més rodó i amb característiques humanes, encara que desproporcionadament gran (meitat de l' embrió).
- Establiment de la regió del coll.
- Desaparició dels arcs branquials i somites.
- Genitals externs indiferenciats.
- Persisteix l' herniació umbilical.
- Desaparició de la cua.