

## EMBRIOLOGIA GENERAL

### 2. Inici del desenvolupament humà. Primera i segona setmanes

#### 2.1. Períodes del desenvolupament embrionari

Per a l'estudi del desenvolupament embrionari humà aquest s'ha dividit, clàssicament, en diferents períodes que comprenen des del moment de la fecundació fins el naixement. Totes aquestes fases comprenen el denominat **període prenatal** i són les següents:

##### Període de desenvolupament temprà (1a i 2a setmanes)

- Fecundació
- Segmentació
- Implantació

##### Període embrionari (3a - 8a setmanes)

- Formació de capes germinals (gastrulació)
- Neurulació
- Desenvolupament d'òrgans i sistemes (creixement, morfogènesi i diferenciació)
- Desenvolupament dels somites
- Desenvolupament dels arcs branquials
- Fase post-branquial

##### Període fetal (9a setmana al Naixement)

#### 2.2. Estadis del desenvolupament embrionari

Per a l'estudi dels embrions una de les dificultats més importants que han existit és estimar la seva edat, per a això s'han desenvolupat diferents mètodes que han anat evolucionant. Els mètodes basats en la mesura de la longitud de l'embrió han estat els més populars i encara avui en dia segueixen emprant-se. Per a dur a terme la mesura d'un embrió s'utilitza com a referència la **longitud des de la coroneta fins al coxis (longitud V-C o C-R)** encara que aquest mètode té diversos defectes: no és útil en el període preembrionari i existeix una important variabilitat individual en quant al seu creixement. Per això diversos investigadors utilitzant com a referència el desenvolupament de diferents elements de l'embrió van sistematitzar l'ús dels denominats **Estadis embrionaris** referits exclusivament al període embrionari, ja que en l'actualitat durant el període fetal es poden realitzar una altre tipus de mesures a través d'ecografies que permeten una estimació més fidedigna de l'edat i del desenvolupament fetal.

En l'actualitat hi ha descrits 23 estadis embrionaris que comprenen des de la fertilització fins a l'inici de la fase fetal corresponent els estadis 1-6 a les primeres dues setmanes, els estadis 7-11 a la tercera setmana i del 12 al 23 de les setmanes quarta a vuitena. Aquests estadis es coneixen habitualment com **Estadis d'O'Rahilly** qui els va modificar dels primitius Horitzonts embrionaris d'Streeter (1948) al 1973 i els va revisar i completar al 1987.

#### 2.3. Gametogènesi

La gametogènesi és el procés de formació de cèl·lules generatives especialitzades que es denominen **gàmets** o **cèl·lules germinatives**. Durant aquest procés es redueix a la meitat el nombre de cromosomes, convertint-se les cèl·lules primitives diploides (2n) en cèl·lules haploides (n), i a més es modifica la forma de les mateixes. Aquest procés es coneix amb el nom

general de **meiosi** (**espermatoquèsi** en l'home i **oogènesi** en la dona). Durant el mateix tenen lloc dues divisions consecutives:

- **Primera divisió meiótica** o divisió de reducció en la que es redueix el nombre de cromosomes a la meitat.
- **Segona divisió meiótica** en la que sense replicació prèvia del DNA (interfase) cada cromosoma es divideix en cromàtides donant lloc a dues noves cèl·lules amb nombre haploide de cromosomes.

És evident que durant aquest procés es poden produir anomalies cromosòmiques que donaran lloc a patologia congènita, com per exemple l'alteració del nombre de cromosomes o de la seva composició.

### 2.3.1 Espermatoquèsi

Aquest terme fa referència a la sèrie de processos que tenen lloc des de les cèl·lules germinatives primàries masculines (**espermatogonis**) fins a la formació definitiva dels **espermatozous**. Aquest procés s'inicia en la pubertat i continua fins a l'edat avançada i té lloc al testicle.

L'espermatogoni comença a dividir-se i augmenta en nombre a l'arribar a la pubertat mitjançant divisions mitòtiques. Després d'aquestes, els espermatogonis creixen fins a donar lloc als **espermatoòcits primaris**, que pateixen una primera divisió de reducció per a donar lloc als **espermatoòcits secundaris** (haploides). Després d'una segona divisió meiótica, aquests donen lloc a les **espermàtides**, que es transformen en espermatozous madurs després de patir un procés de diferenciació denominat **espermioquèsi**. Tot aquest procés requereix al voltant de dos mesos.

### 2.3.2 Oogènesi

Tota la seqüència d'esdeveniments que tenen lloc en les cèl·lules germinatives primàries femenines (**oogonis**) fins a la formació d'**oòcits madurs** (òvuls) rep el nom d'**oogènesi**. A diferència de l'home, aquest procés s'inicia abans del naixement i finalitza després de la maduresa sexual durant la pubertat.

Durant la vida fetal, els oogonis proliferen per divisió mitòtica. Tots els oogonis creixen per a donar lloc a oòcits primaris abans de la pubertat. L'**oòcit primari** està rodejat de cèl·lules connectives formant el denominat **fol·licle primordial**. El posterior creixement de l'oòcit primari durant la pubertat i els canvis en la seva capa de revestiment donen lloc al fol·licle primari. Quan el **fol·licle primari** es troba en fase de creixement es denomina **fol·licle secundari**.

La primera divisió meiótica té lloc en els oòcits primaris abans del naixement, però la profase no finalitza fins a l'adolescència. Aquest període de profase suspesa es denomina (**dictiotè**). A l'arribar a la pubertat, s'inicia la maduració sexual produint-se la maduració d'un fol·licle cada mes (**ovulació**). Poc abans de l'ovulació, l'oòcit primari finalitza la primera divisió meiótica però, a diferència de l'espermatoquèsi, no dona lloc a dues cèl·lules iguals. L'**oòcit secundari** rep quasi la totalitat del citoplasma i el **primer cos polar**, quasi bé res. En l'ovulació, l'oòcit secundari pateix la segona divisió meiótica però només progressa fins a la metafase i llavors es deté. Si és penetrat per un espermatozou finalitza la segona divisió meiótica i de nou una sola cèl·lula, l'**oòcit**, conserva la major part del citoplasma i l'altra cèl·lula anomenada **segon cos polar** degenera ràpidament.

---

## 2.4. Fecundació (Estadi 1. Primer dia)

---

El període preembrionari s'inicia quan l'òcit és fecundat. La fecundació correspon a una sèrie de fenòmens que s'inicien amb el contacte entre un espermatozou i un òcit secundari, i finalitza amb la fusió dels nuclis de l'espermatozou i l'òvul combinant-se els cromosomes materns i paterns. Aquest procés té lloc en aproximadament 24 hores.

### 2.4.1 Fases de la fecundació

1. Pas de l'espermatozou a través de la corona radiada.
2. Penetració de l'espermatozou en la zona pel·lúcida.
3. Fusió de membranes cel·lulars de l'òcit i l'espermatozou.
4. Conclusió de la segona divisió meiótica de l'òcit secundari, donant lloc a l'òcit madur i el segon cos polar. El nucli de l'òcit madur es coneix com a **pronucli femení**.
5. Formació del pronucli masculí.
6. Formació del zigot.

Com a resultat de la fecundació es restitueix el nombre diploide (2n) de cromosomes, es determina el sexe primari i es contribueix a la variabilitat de les espècies.

## 2.5. Segmentació del zigot. Desenvolupament embrionari temprà. (Estadi 2, 3 i 4. Segon a Sisè dies)

---

Tots aquests processos tenen lloc durant la primera setmana des de la fecundació. La segmentació consisteix en divisions mitòtiques repetides del zigot.

En primer lloc, el zigot es divideix en dues cèl·lules denominades **blastòmers**, que posteriorment es divideixen en quatre, vuit i així successivament. Aquest augment de nombre de cèl·lules es produeix sense increment inicial de la massa citoplasmàtica. Els blastòmers s'alineen de forma estreta formant un cúmul de cèl·lules denominat **mòrula** (3 dies després de la fecundació).

La mòrula es fixa en l'úter i pateix una penetració de líquid a través de la zona pel·lúcida formant-se dues porcions: una capa fina denominada **trofoblast** i un grup central denominat **embrioblast**, entre ambdues resta una cavitat amb líquid denominada **cavitat del blastocist**. Aquests elements en conjunt es denominen **blastocist**.

Aproximadament als sis dies de la fecundació, el blastocist es fixa a l'epiteli endometrial a nivell de la seva massa cel·lular interna (embrioblast) que representa el **pol embrionari**.

El trofoblast comença a proliferar i es diferencia en dues capes **citotrofoblast** (intern) i **sinciotrofoblast** (extern). Aquesta última s'estén a través de l'endometri per a nodrir-se de teixits materns, iniciant-se el procés d'**implantació**.

Al voltant del setè dia, sorgeix en la superfície de l'embrioblast una capa de cèl·lules denominades **hipoblast** o **endoderma primitiu**.

## 2.6. Implantació (Estadi 5 i 6. Dies 7-17)

---

Durant aquest període, té lloc la implantació del blastocist en l'úter. El sinciotrofoblast envaeix l'estroma endometrial i gradualment el blastocist s'inclou en l'endometri fixant-se a la capa endometrial pel seu pol embrionari.

A mesura que progressa la implantació, sorgeix una petita cavitat en el pol embrionari entre l'embrioblast i el trofoblast que es coneix com a **cavitat amniòtica**, la qual es troba recoberta de cèl·lules despreses del trofoblast (**amnioblasts**) que donen lloc a una membrana que recobreix aquesta cavitat i que es denomina **amni**.

A la vegada, l'embrioblast pateix diferents canvis morfològics que donen lloc a l'aparició d'una placa bilaminar aplanada de forma circular denominada **disc embrionari**. Aquest es troba format per dues capes: **epiblast** en continuïtat amb la cavitat amniòtica i l'**hipoblast** des del que migren cèl·lules que rodegen la cavitat del blastocist i donen lloc a la **membrana exocelòmica** (membrana d'Heuser), formant el **sac vitel·lí primari (cavitat exocelòmica)** en substitució de la cavitat del blastocist. Durant aquest procés, algunes cèl·lules, procedents de l'epiblast, migren entre el citotrofoblast i la membrana d'Heuser formant una tercera capa de coberta del sac vitel·lí denominada **mesoderma extraembrionari**.

Per una altra part, de forma simultània, apareixen en el sinciotrofoblast, que s'ha anat introduint en l'estroma uterí, una sèrie d'espais denominats **llacunes** que s'omplen d'una barreja de sang materna i secrecions de glàndules endometrials, formant un líquid nutritiu que passa cap al disc embrionari per difusió. A mesura que es van comunicant branques arterials i venoses de vasos sanguinis materns amb les llacunes sinciotrofoblàstiques s'estableix la circulació sanguínia. Les llacunes es fusionen per a formar xarxes llacunars que constitueixen el primordi de l'**espai intervillós** de la placenta. Les cèl·lules del citotrofoblast proliferen i donen lloc a masses locals que s'estenen cap al sinciotrofoblast i es denominen **vellositats primàries**.

A mesura que ocorren aquests canvis en el trofoblast i l'endometri, augmenta el mesoderma extraembrionari, sorgint un teixit d'aspecte gelatinós conegut com a **reticulum**. En l'espessor d'aquest, apareixen en ell espais aïllats que ràpidament es fusionen donant lloc a una gran cavitat denominada **cavitat coriònica (celoma extraembrionari)** que s'omple de líquid i rodeja l'amni i el sac vitel·lí exceptuant el lloc on s'uneixen al còrion formant una tija. El creixement d'aquesta cavitat dóna lloc a la disminució de la grandària del sac vitel·lí primari i es forma un segon sac vitel·lí més petit denominat simplement **sac vitel·lí**.

El celoma extraembrionari divideix el mesoderma extraembrionari en dues capes: mesoderma somàtic extraembrionari que recobreix l'amni i el mesoderma esplàncnic extraembrionari que rodeja el sac vitel·lí. El mesoderma somàtic extraembrionari i les dues capes de trofoblast constitueixen la paret del sac coriònic.

L'embrió de 14 dies té encara la forma de disc embrionari bilaminar però les cèl·lules hipoblàstiques formen una àrea circular engrossida denominada **placa procordal** que assenyala el futur lloc de la boca i és un organitzador important de la regió del cap. Indica la regió cranial de l'embrió.