

GAMETOGENÉISIS, FORMACIÓN DEL ESPERMATOZOIDE Y DEL OVOCITO

CAP. 4

Origen y migración de las células germinales primordiales

Estas células se originan en la segunda semana en el epiblasto y en la tercera semana llegan hasta la pared del saco vitelino. En la cuarta semana llegan hacia las gónadas en desarrollo, situadas en la pared posterior del celoma intraembrionario, donde llegan al finalizar la quinta semana. Al llegar a la gónada primitiva existen varios miles de células germinales primordiales ya que durante la migración realizan varias divisiones mitóticas.

Algunas de estas pueden perderse durante la migración y llegar a sitios distintos de las gónadas; la mayoría suele morir pero algunas sobreviven y dan origen a tumores denominados teratomas. No todos los teratomas tienen este origen, pueden ser producidos por cualquier célula pluripotencial que sea capaz de desarrollar tejidos.

Cuando las células germinales llegan a la gónada primitiva, continúan sus mitosis y pasan a ser miles de millones de estas células. Su desarrollo dependerá del genotipo del embrión y será diferente en el hombre (XY) y en la mujer (XX).

Gametogénesis en el hombre: Espermatogénesis

El sistema genital masculino está constituido por los testículos. En el interior de estos, específicamente en los túbulos seminíferos, es donde ocurrirá la formación y maduración morfológica de los espermatozoides. Los conductos genitales serán los encargados de la maduración fisiológica y del transporte de los espermatozoides. Las glándulas anexas proporcionan sustancias esenciales para la maduración y transportación de los espermatozoides, formando con estos el líquido seminal o semen.

El proceso de espermatogénesis comienza cuando inicia la pubertad, y a partir de ese momento ocurre de manera continua toda la vida, terminando hasta edades avanzadas.

Túbulos seminíferos

Cuando llega la pubertad, los cordones seminíferos se transforman en túbulos seminíferos, quedando las células en la periferia de los túbulos, rodeadas de una lámina basal. Al rededor se encuentra un tejido conectivo peritubular en el que se incluyen vasos sanguíneos y unas pequeñas células denominadas intersticiales.

Células sustentables

Son células grandes con múltiples prolongaciones citoplasmáticas que los mantienen unidas y forman compartimentos en los que se alojan las células espermatoogénicas. Estas actúan como nodrizas de las células espermatoogénicas que les permiten alcanzar la madurez necesaria para transformarse paulatinamente en espermatozoides. Las células tienen varias funciones, las más importantes son:

- Filtrar el paso de esteroides, metabolitos y sustancias nutritivas.
- Secretar sustancias que estimulen a las células intersticiales para la producción de testosterona.
- Nutrir a las espermátides.

Células espermatoogénicas.

Las células espermatoogénicas están situadas entre los microambientes o compartimentos que dejan las células sustentaculares. Al llegar a pubertad, las células comienzan a dividirse por mitosis y dan origen a nuevas células, con mayor madurez y en mayor número.

Las células espermatoogénicas más primitivas reciben el nombre de espermatogonias primitivas o células madre espermatoogénicas. A partir de este momento algunas espermatogonias primitivas permanecen en reposo, las espermatogonias a_1 u oscuras, mientras que otras comienzan a proliferar por mitosis, transformándose en espermatogonias a_2 o claras, aumentando su número de forma potencial. Estas espermatogonias a_2 entran nuevamente en mitosis, dando origen a 3×10^4 nuevas generaciones de espermatogonias, las espermatogonias a_3 , a_4 , intermedias y finalmente a las espermatogonias B. Estos espermatocitos primarios son las células espermatoogénicas más voluminosas y son desplazadas por las células sustentaculares, un poco más al inferior de los tubulos seminíferos son la última generación de espermatogonias que se originaron por mitosis. Los espermatocitos primarios entran en división pero ahora por meiosis I. Al terminar esta fase, los espermatocitos primarios se transforman en espermatocitos secundarios, más pequeños que los primarios y con cromosomas bivalentes; de esta primera división meiótica, uno de los espermatocitos secundarios tendrá fórmula cromosómica $23, X$ y el otro $23, Y$. En esta etapa aún persisten los puentes de citoplasma entre los espermatocitos primarios y de la misma generación. Dura aproximadamente 24 días. Durante la espermiogénesis, las espermátides

experimentan los siguientes cambios:

- 1) liberan el exceso de citoplasma.
- 2) la cromatina se compacta
- 3) el retículo de Golgi forma el citosoma
- 4) el centriolo distal da origen al flagelo del espermatozoide.
- 5) las mitocondrias se concentran al rededor del cuello del espermatozoide.

Espermatozoide maduro

El espermatozoide morfológicamente maduro mide entre 50 y 60 μm de longitud, alcanza su madurez en los túbulos seminíferos en aproximadamente 60-70 días y está constituida por la cabeza, el cuello, la cola o flagelo.

La cola está constituida por una serie de filamentos recubiertos por una delgada capa de citoplasma.

Una vez los espermatozoides alcanzan su madurez morfológica, son liberados a la luz de los túbulos seminíferos. Desde los túbulos seminíferos que se formaron, los espermatozoides son impulsados hacia el epididimo a través de los conductillos eferentes y la red testicular gracias a las contracciones musculares de estos conductos.

Anomalías cromosómicas

La mayor parte de estas, los hacen incapaces de realizar la fertilización o dan lugar a serias alteraciones en el embrión y sus anexos, que le impiden su desarrollo y mueren poco después de su fertilización.

Formación del semen

Durante el coito ocurre la eyaculación, proceso que consiste en la salida brusca de los espermatozoides del epididimo.

El semen se puede considerar como una mezcla de los espermatozoides con la secreción de las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. Las vesículas seminales aportan más de la mitad de las secreciones que forman el semen.

La fructosa es un azúcar, cuya principal función consiste en proporcionar energía a los espermatozoides. La vesiculasa es una enzima que coagula el semen cuando es depositado en el conducto genital femenino.

La próstata aporta aproximadamente el 30% de las secreciones del semen, y tiene ácido cítrico, vesiculasa, fibrinolisinasa, etc. Las glándulas bulbouretrales aportan sus secreciones durante la estimulación sexual. La función de estas es actuar como lubricante en el transporte de espermatozoides.

Control hormonal de la espermatogénesis

El proceso por el cual se forman los espermatozoides requiere de un control hormonal.

La hormona foliculostimulante actúa sobre las células sustentculares, como respuesta al estímulo de la FSH, producen hormonas que actúan sobre las células espermatogénicas, las células intersticiales y la adenohipófisis. Esta última es una hormona que tendría un control negativo sobre esta glándula frenando la producción de FSH, LH y prolactina.

Las células intersticiales comenzarán a producir abundantes cantidades de testosterona a partir de la pubertad.

Trastornos de la fertilidad masculina

Se pueden deber a trastornos morfológicos o funcionales del sistema reproductor masculino o por la producción excesiva de espermatozoides anómalos. Entre las entidades que producen infertilidad masculina con mayor frecuencia están:

- o Síndrome de Klinefelter
- o Oligozoospermia
- o Azoospermia
- o Teratozoospermia
- o Astenozoospermia

Gametogénesis en la mujer: ovogénesis

El sistema genital femenino está constituido por los ovarios, las tubas uterinas, el útero y la vagina. En los ovarios ocurre la formación y maduración de los ovocitos y de los folículos ováricos. Las tubas uterinas serán las encargadas de la captura y transporte de los ovocitos liberados y en caso exista fertilización, de transportar al embrión en etapa segmentación hasta el útero. El útero dará alojamiento al embrión durante toda su vida prenatal. A partir de entrar a la pubertad, habrá que entren periodos cíclicos de aproximadamente 28-30 días hasta la menopausia y durante el embarazo desaparecerá por 9 meses.

Desarrollo prenatal de los ovocitos

Cuando las células germinales primordiales llegan a la quinta semana hasta los rebordes gonadales ubicados en la pared posterior del abdomen en transformación, se transformarán en ovogonias. A partir de este momento, estas células experimentarán varias divisiones por mitosis y para el quinto mes de la vida intrauterina habrá aproximadamente 700.000 de ovogonias distribuidas en ambos

ovarios. Cada uno de los ovogonias que ha sobrevivido se transforma en un ovocito primario. En la etapa fetal tardía, todos los ovocitos primarios entran en la primera división meiótica. Esto se debe a que las células foliculares que rodean al ovocito secretan una sustancia denominada factor inhibidor de la meiosis, que pasan a través de las uniones nexa que las conectan. En estas condiciones que ocurre el nacimiento.

Desarrollo posnatal de los ovocitos

Durante la infancia, muchos ovocitos primarios degeneran y se vuelven atrésicos y solo unos 400000 persisten hasta el inicio de la pubertad. Al entrar en esta un pequeño número de ovocitos primarios reaprendrán la meiosis durante el ciclo menstrual de la mujer. En la aparición de la membrana de glucoproteínas que da origen a una membrana prominente. Esto se mantiene a través de sus microvellosidades.

Entre las células de la granulosa comienzan a formarse espacios o antrios que se llenan de la granulosa y su líquido, al principio separados unos de otros. Entre 10 o 12 horas antes de la ovulación concluire, a partir de la cual se formarán 2 células hijas, pero una grande, el ovocito secundario y la otra muy pequeña, el primer cuerpo polar. Estos dos quedan por dentro de una zona pelúcida y rodeados de células foliculares. De todas los folículos que comenzaron su desarrollo, solo uno logrará desarrollarse por completo. Inmediatamente el ovocito secundario como el primer cuerpo polar, comenzarán la segunda división meiótica, que se detendrá en la metafase y no concluire a menos que el ovocito sea fertilizado. Si hay fertilización, se reanuda la segunda división meiótica.

Ovocitos y folículos anómalos

La presencia de estos resulta frecuentes, especialmente en mujeres mayores de 35 años de edad. Algunos de estas son:

- Aneuploidas: Se debe a problemas de disminución de cromátides durante la meiosis.
- Poliploidas: Pueden ser ocasionadas al concluir la meiosis II, y el ovocito se queda con la totalidad de los cromosomas y no las reparte con el cuerpo polar.
- Folículos anómicos: que un folículo contenga dos o más ovocitos.

Ciclo sexual femenino

Se inicia en la etapa de la pubertad, se mantiene durante toda la vida hasta la menopausia. Para su estudio se divide en el ciclo sexual femenino en ciclo ovarico, y ciclo uterino o menstrual.

Ciclo ovarico y su control hormonal

Corresponde a los cambios que experimentan periodicamente los ovarios y que incluyen el crecimiento y desarrollo de los folículos, la ovulación y la involución.

En cada ciclo 6-20 inician su maduración, pero generalmente solo uno de ellos alcanzará la madurez por completo. Estos cambios se repiten cada 28 días y se divide en la fase folicular y la fase lútea y la ovulación que ocurre entre ambas.

Fase folicular

Todo inicia en el hipotálamo, que secreta la hormona liberadora de gonadotropinas hipofisarias, la cual actúa sobre la adenohipófisis, que produce como respuesta dos hormonas: la FSH y la LH.

La FSH estimula la transformación de los folículos primordiales en folículos primarios y que estos se transformen en folículos secundarios o antrales.

Ovulación

Se debe a la rotura de un folículo maduro, ocurre al día 14+1.

La LH producida por la adenohipófisis aumenta bruscamente a los 2 días, dichas hormonas actúan sobre las células foliculares y las de las tecas.

La temperatura corporal que se eleva discretamente es la característica considerada como signo de si una mujer está ovulando o no. El folículo alcanza hasta 2 o 3 cm de diámetro, protuyendo de la pared del ovario y produciéndole una zona segura de isquemia conocida como estigma.

Fase lútea

En el ovario, el folículo roto se llena de sangre coagulada transformándose en un folículo hemorrágico que probablemente dará lugar a un cuerpo lúteo; el cual secreta progesterona y estrógenos.

Si el óvulo no es fecundado, el cuerpo lúteo se transforma

en un cuerpo lúteo de la menstruación, el cual mantiene su secreción hormonal.

Si el ovocito es fertilizado, 5 o 6 días después de la ovulación el embrión se implanta en el endometrio del útero y comienzan a secretar gonadotropina coriónica humana; El cual estimula al cuerpo lúteo a transformarse en el cuerpo lúteo de la gestación. El cuerpo lúteo se transforma en el cuerpo blanco (cicatriz blanquecina de tejido fibroso y micropagos.)

Ciclo menstrual o uterino.

El ciclo menstrual tiene relación directa con el desarrollo de los folículos ováricos durante el ciclo, e indirectamente con las hormonas gonadotrópicas. Se divide en 3 fases:

- Fase menstrual: Comprende de los 3-5 días del ciclo, se desprende la capa funcional del endometrio y pasa a través del cuello uterino como una mezcla de tejido endometrial y sangre, y finalmente llega al exterior del cuerpo de la mujer, mejor conocido como menstruación.

- Fase proliferativa: Inicia al concluir la fase menstrual. Corresponde a la fase folicular del ovario y es regulada por estrógenos.

- Fase secretora: Se inicia después de la ovulación. Corresponde a la fase lútea del ovario y es regulada por la progesterona y los estrógenos. Si hay fertilización del ovocito liberado, el embrión implanta en su capa funcional; de no ser así, en los últimos días de la fase se presenta una etapa de isquemia en el endometrio.

Los ciclos menstruales duran en promedio 27 y 32 días.

Cambios de las tubos uterinos

Las tubos uterinos son las encargadas de transportar el ovocito para su posible fertilización.

Al final de la fase proliferativa del endometrio, aumenta la motilidad o peristaltismo de la musculatura de las tubos uterinos. Ese aumento en la motilidad es utilizado para transportar espermatozoides hacia la ampolla.

Cambios del cuello uterino y el moco cervical

El cuello uterino y la mucosidad son el primer obstáculo que han de vencer los espermatozoides que son liberados durante la eyaculación.

Durante la fase secretora debiendo metra, la progesterona producida por el cuerpo lúteo provoca que el juego

uterino se haga más pequeño y el moco cervical sea no filante y opaco.

Cambios del epitelio vaginal

El epitelio de la vagina sufre cambios en respuesta a hormonas producidas por los ovarios.

Al inicio de la fase proliferativa del endometrio, producción de los estrógenos, se perciben células de descamación poligonales, planas y basófilas como con la cromatina del núcleo en grumos finos; al final de la fase las células se vuelven acidófilas y disminuyen los bacilos y leucitos.

En la fase secretora del endometrio, las células se vuelven basófilas, con gránulos citoplasmáticos y bordes plegados, núcleos grandes y ovalados. Durante la fase premenstrual y menstrual, con bordes más plegados, formando cúmulos, bacilos y leucitos abundantes, moco y restos celulares.