

INTRODUCCION

La ESPERMATOGÉNESIS es el cual los espermatozoides se producen a partir de las células germinales primordiales del hombre (espermatogonias) mediante mecanismos de mitosis y meiosis. Es el mecanismo de gametogénesis en el hombre y se desarrolla en los testículos (gónadas masculinas), aunque la maduración final de los espermatozoides se lleva a cabo en el epidídimo.

También es la gametogénesis masculina, es decir el proceso de formación de gametos masculino, células sexuales femeninas, u espermatozoides. La espermatogénesis es el proceso de formación de los espermatozoides, que son los gametos masculinos. Tiene lugar en los túbulos seminíferos testiculares con una duración aproximada de 62 a 75 días en la especie humana.

La formación de espermatozoides comienza alrededor del día 24 del desarrollo embrionario en el saco vitelino, produciéndose unas 100 células germinales que migran hacia los esbozos de los órganos genitales. Alrededor de la cuarta semana de desarrollo ya se acumulan alrededor de 4000 de estas células germinales, pero no será hasta la pubertad cuando los testículos comiencen a producir espermatozoides. Proceso que se mantendrá a lo largo de la vida del varón, aunque si bien, la calidad y la cantidad de los espermatozoides que se formen mediante la espermatogénesis pueden ir descendiendo con el tiempo.

Para que sea posible la producción de espermatozoides, son necesarias unas específicas condiciones hormonales en las que intervienen el hipotálamo, la hipófisis, y los testículos. Las hormonas implicadas en la formación de espermatozoides son la testosterona, la FSH, la LH y la Inhibina. De forma que alteraciones en la secreción de estas hormonas puede dar lugar a que no se generen espermatozoides.

ESPERMATOGÉNESIS

Los espermatozoides son células reproductoras masculinas, destinadas a la fecundación del óvulo; miden de diez a sesenta micras de longitud y están compuestas de una cabeza que contiene el material cromosómico y de una cola o flagelo que actúa como propulsor.

En el interior de los órganos masculinos (testículos) se encuentran los túbulos seminíferos, pequeños conductos enrollados de 30-60 cm de longitud y 0,2 mm de diámetro cada uno. Los dos testículos contienen alrededor de un millar de túbulos seminíferos. En el epitelio de estos túbulos asientan las células germinativas o espermatogonias en las que se inicia la espermatogénesis. Este proceso se activa por la acción de la hormona GnRH que se libera en el hipotálamo. La espermatogénesis tiene una duración aproximada de 62 a 75 días en la especie humana y consta de tres fases o etapas: mitosis o espermatocitogénesis, meiosis y espermiogénesis o espermatohistogénesis. A veces incluye aterogénesis y retrogénesis. Por tanto, espermatogénesis es el proceso completo y la espermiogénesis es el último paso de esta, en la que se produce la maduración de espermátida a espermatozoide.

La duración de este proceso es importante a la hora de realizar un espermiograma, ya que si un varón tuviera un problema puntual que afectara a la espermatogénesis, este problema podría verse reflejado hasta dos meses y medio después. Por ello, un espermiograma aislado tiene poco valor diagnóstico, y se aconseja al menos realizar otro estudio en un intervalo superior a dos meses y medio para asegurarse de que el varón tiene una afecespermátida. Las células implicadas en este proceso tienen una dotación haploide o diploide, dependiendo de la fase de la espermatogénesis en la que nos encontremos. Las diploides ($2n$) son las espermatogonias y los espermatocitos primarios y las haploides (n) son los espermatocitos secundarios, las espermátidas.

Historia de la espermatogénesis

Fueron observados por primera vez en el semen por Anton van Leeuwenhoek en el año 1677. Años más tarde, en 1697, Nicolás Hartsocker propuso la teoría del homúnculo, la cual pretendía dar una explicación al origen del ser humano, encontrándose una persona minúscula dentro de la cabeza del espermatozoide. Casi un siglo más tarde, en 1780, Spallanzani sugirió que los espermatozoides eran los responsables del éxito de la inseminación, en base a los experimentos que realizó en perros. Hasta la llegada de la teoría celular, y por tanto, el descubrimiento de la naturaleza celular de los espermatozoides que se comenzó a estudiar de forma eficaz el desarrollo de las células reproductivas masculinas. El término espermatozoide aparece en 1827 por primera vez, sin embargo, no está del todo claro quién fue el primero en pronunciar la idea de

que los espermatozoides provenían de células testiculares. Koelliker (1841), quien colectó la primera evidencia notable acerca de este tema, mantuvo que fue Rudolph Wagner, puesto que él examinó los fluidos frescos provenientes de los túbulos testiculares en mamíferos, y los observó bajo el microscopio evidenciando gránulos peculiares o chimbolicos de formas y tamaños muy variables. Wagner también observó Samenthierchen, o animáculos de esperma, espermatozoides, sintiéndose seguro de que los varios tipos de esférulas vistos con anterioridad eran estados anteriores al espermatozoide. Su trabajo, en el que la palabra célula no ocurre ni una sola vez, es característico del tipo de concepto de formación que precedió inmediatamente a la teoría celular.

Años más tarde, Albert Koelliker presenta un tratado tras varios años de investigación, en el que enseña por primera vez los aspectos fundamentales concernientes a la espermatogénesis:

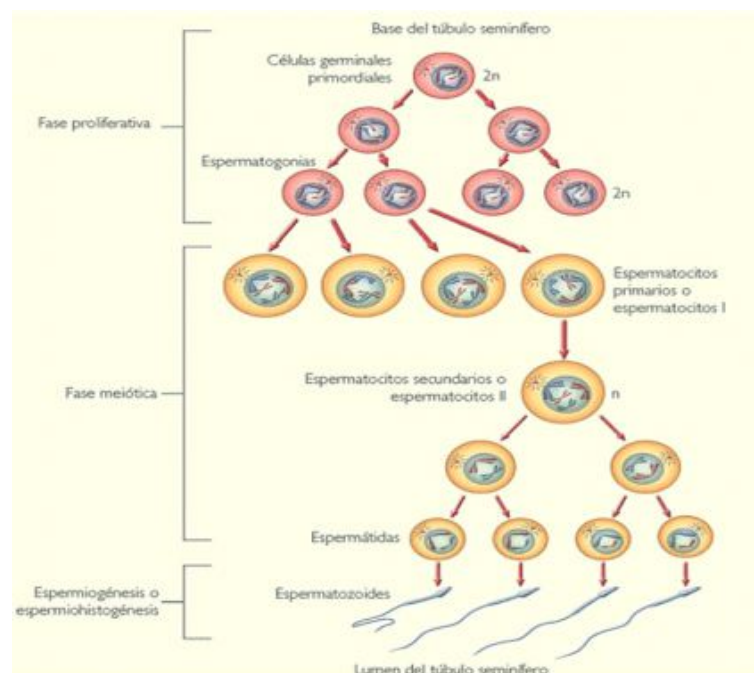
- En el semen de todos los animales, con algunas excepciones, se hallan partículas con motilidad.
- Los espermatozoides son la parte esencial del semen.
- Los espermatozoides se desarrollan individualmente en paquetes a partir de células que se han formado en momentos de madurez sexual o de actividad testicular a través de procesos análogos al desarrollo celular, pero significativamente diferentes del desarrollo cigótico de los animales.
- Las formas de los espermatozoides son bastante limitadas en variedad. Usualmente son similares dentro de géneros, y frecuentemente también dentro de clases y familias. Cada animal parece poseer solo un tipo de espermatozoide, con solo algunas excepciones.

El proceso de espermatogénesis se puede dividir en 4 fases:

- ❖ **Multiplicación:** Cuando el organismo llega a la madurez sexual, las células germinales que hay en las partes internas de los túbulos seminíferos de los testículos se multiplican por medio de la mitosis y forman los espermatogonios.

Crecimiento: Los espermatogonios crecen y se transforman en células grandes, espermatocitos de primer orden. Estos son células germinales y poseen dos series de cromosomas (2n).

- ❖ **Maduración:** A través de la primera división meiótica (meiosis I), se da origen a dos espermatocitos de



segundo orden (n). Cada uno de estos, a través de la segunda división meiótica (meiosis II), origina dos espermátidas (n) que se pueden considerar gametos.

- ❖ **Diferenciación:** Las espermátidas se transforman en espermatozoides por diferenciación celular.

El proceso de la espermatogénesis

Se distinguen 3 fases fundamentales en la formación de los espermatozoides:

- Fase proliferativa o espermatocitogénesis
- La fase meiótica
- Fase espermiogénesis

En resumen, el proceso de la espermatogénesis consiste en el paso de una célula germinal, con 23 parejas de cromosomas (diploide), las espermatogonias, a convertirse en una célula con 23 cromosomas (haploide), los espermatozoides. Al final de todo el proceso, de una célula diploide se generarán 4 células haploides (espermatozoides).

Los espermatozoides del testículo, aunque maduros, no tienen la capacidad suficiente para fertilizar al ovocito por sí solos. Sino que necesitan de una serie de cambios para adquirir la capacidad de movimiento y cambios a nivel de membrana para poder reconocer al ovocito. Esta fase se denomina capacitación y se produce a lo largo del epidídimo. Una vez desarrollados y madurados los espermatozoides, son expulsados en la eyaculación. De los que se estima que tan solo un 25% consiguen tener la capacidad suficiente para fecundar al ovocito.

Eficiencia se la espermatogénesis

El hecho de que tras la eyaculación se produzca una elevada pérdida de espermatozoides, junto con un número bastante elevado de espermatozoides malformados, convierte este mecanismo en un proceso redundante e ineficaz: de toda la capacidad espermatogénica potencial del testículo, tan sólo un 25% consigue evitar la pérdida por apoptosis o degeneración. A su vez, la mayoría son malformados, motivo por el cual únicamente un 12% de las células iniciales son potencialmente útiles. A pesar de todo lo anterior, un varón fértil es capaz de producir eyaculados alrededor de 150 millones de espermatozoides varias veces por semana. La ineficacia de la espermatogénesis es debida fundamentalmente a la ausencia de presión selectiva en la especie humana, y por ello los factores externos afectan mucho los parámetros seminales. La evolución ha impuesto que a mayor presión selectiva mayor eficacia presenta la espermatogénesis.

CONCLUSIÓN

Problemas en la espermatogénesis: Ahora bien, hay situaciones en las que el proceso de formación de espermatozoides en el testículo está alterado. No observándose espermatozoides en el eyaculado, que es lo que se conoce como azoospermia secretora. Las causas pueden ser muy diversas:

- Alteraciones cromosómicas: como ocurre en el Síndrome de Klinefelter (cariotipo 47XXY) o por microdeleciones del cromosoma Y, que consiste en la pérdida de material genético implicado en la espermatogénesis.
- Criptorquidias bilaterales (descenso incompleto de los testículos a la bolsa escrotal)
- Torsiones testiculares
- Traumatismos
- Procesos infecciosos (ej. Paperas en la adolescencia)
- Tratamientos de radio-quimioterapia

El pronóstico en este tipo de azoospermias es incierto, y la probabilidad de encontrar focos de espermatogénesis conservada va a depender de muchos factores. Existen distintos parámetros que se han intentado correlacionar con la presencia de espermatozoides. Como son los niveles séricos de FSH, el tamaño testicular, o el cariotipo. Aunque ninguno de estos parámetros ha demostrado ser determinante en el pronóstico de la presencia de espermatozoides. En estos casos, se opta por una búsqueda cuidadosa de espermatozoides mediante una biopsia testicular múltiple de ambos testículos. Más convenientemente utilizando la técnica del MICRO-TESE, para aumentar las posibilidades.