

embryologie humaine

Dr. ZERAOULA Ali

Université de ANNABA

Faculté des sciences

Département de Biologie

Cour destinée aux étudiant de 1er année Médecine

ali.zeraoula@univ-annaba.dz

1.0 Mars 2025

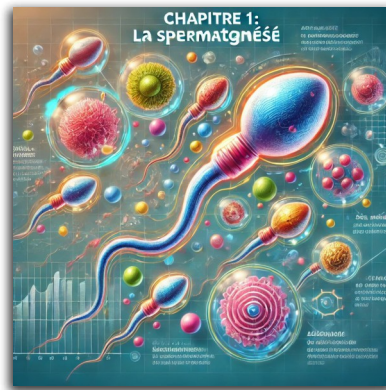


Table des matières

Objectifs	3
Introduction	4
I - La spermatogénèse	5
1. Objectifs	5
2. introduction	5
3. pré-requis.....	6
4. Exercice : test pré requis	7
5. Anatomie de l'appareil génital masculin	7
6. Phases de la spermatogénèse.....	9
6.1. Phase de multiplication	9
6.2. Phase de maturation.....	10
6.3. Phase de différenciation (spermiogénèse)	10
7. Structure du spermatozoïde	11
8. Maturation et transport des spermatozoïdes.....	11
9. Régulation hormonale de la spermatogénèse	12
10. Facteurs influençant la spermatogénèse	13
11. Exercice :  "Mission Spermatogénèse : Êtes-vous un Expert ?"	14
Solutions des exercices	15
Glossaire	16
Abréviations	17
Références	18

Objectifs



À l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :

- **Reconnaître** l'origine embryologique des tissus normaux
- **Expliquer** comment l'origine embryologique des tissus permet d'interpréter l'apparition d'états pathologiques comme les malformations, les inflammations, les infections ou les néoplasies
- **Analyser** l'origine embryologique des cellules pour comprendre et justifier le développement des différents organes

Introduction



La vie d'un organisme suit un cycle complexe alternant entre une phase **haploïde** et une phase **diploïde**, avec une durée variable selon les espèces. Chez les êtres vivants, deux modes de reproduction sont observés : la **reproduction asexuée**, par scissiparité ou bourgeonnement, principalement chez les organismes unicellulaires et certains métazoaires inférieurs, et la **reproduction sexuée**, caractéristique des organismes pluricellulaires, nécessitant la fusion de deux gamètes pour former un œuf ou **zygote**.

L'embryologie est la science qui étudie les processus du développement de cet œuf, depuis la fécondation jusqu'à la formation d'un organisme complet. Ce développement suit plusieurs étapes majeures, qui constituent l'ossature du module Introduction à l'Embryologie Générale Humaine.

Trois grandes périodes jalonnent la vie embryonnaire :

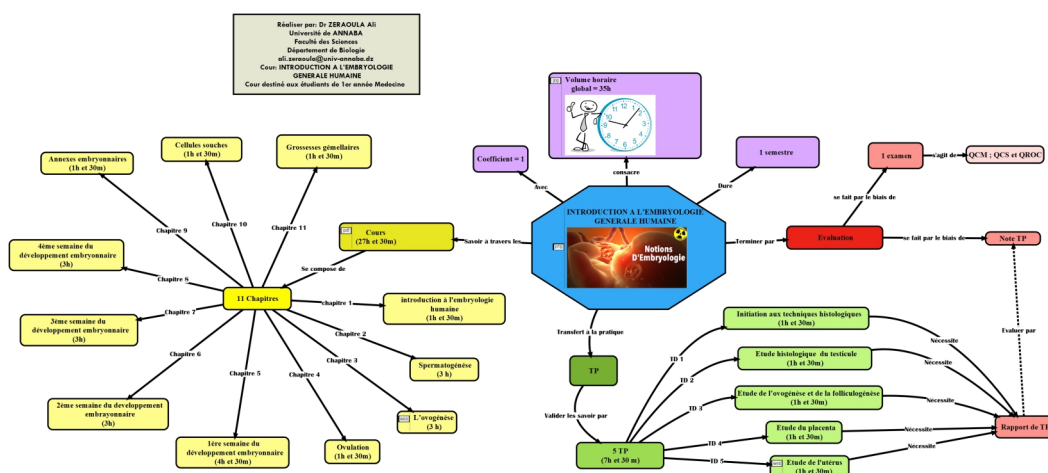
La prémorphogénèse, qui englobe la fécondation et la segmentation, aboutissant à la formation de la blastula.

La gastrulation, marquant l'organisation du germe en trois feuillets embryonnaires : l'épiblaste (externe), le mésoblaste intra-embryonnaire (moyen) et l'hypoblaste (interne).

La morphogénèse, avec la formation des premiers organes (stade neurula), suivie par l'organogénèse où les ébauches organiques se transforment en structures définitives.

Ce module est organisé en onze chapitres progressifs, abordant la reproduction (spermatogénèse, ovogénèse, ovulation), les étapes hebdomadaires du développement embryonnaire, l'étude des annexes embryonnaires, des cellules souches et des grossesses gémellaires. La compréhension théorique est consolidée par des travaux pratiques (TP) portant sur l'étude histologique de tissus reproducteurs et embryonnaires.

Ainsi, à travers ce cours, l'étudiant acquerra les bases essentielles pour comprendre l'organisation du corps humain, les processus de différenciation cellulaire et l'origine de nombreuses anomalies congénitales, fondements indispensables pour la pratique médicale future.



carte conceptuelle du cours d'embryologie humaine

La spermatogénèse



1. Objectifs

À la fin de ce chapitre, l'étudiant devra être capable de :

- **Situer** précisément le lieu de la spermatogénèse dans l'appareil reproducteur masculin.
- **Expliquer** l'évolution temporelle de la spermatogénèse depuis la puberté jusqu'à l'âge adulte.
- **Décrire** les caractéristiques morphologiques générales du gamétocyte mâle adulte.
- **Décrire** les caractéristiques chromosomiques du gamétocyte mâle adulte.
- **Schématiser** un gamétocyte mâle adulte en respectant ses principales structures.
- **Présenter** la numération normale des spermatozoïdes dans un éjaculat.
- **Décrire** l'état de mobilité des spermatozoïdes en situation physiologique normale.
- **Expliquer** les différentes étapes de l'évolution des spermatozoïdes : multiplication, accroissement, maturation et différenciation.
- **Décrire** les principales transformations nucléaires intervenant au cours de la différenciation des spermatozoïdes.
- **Décrire** les principales transformations cytoplasmiques des spermatozoïdes, notamment la formation de l'acrosome.
- **Décrire** la formation du flagelle au cours de la différenciation spermatozoïdienne.
- **Préciser** le lieu d'acquisition de la mobilité des spermatozoïdes.
- **Préciser** l'étape de survenue de la décapacitation des spermatozoïdes.
- **Citer** les facteurs hormonaux influençant la spermatogénèse.
- **Citer** les facteurs environnementaux influençant la spermatogénèse.
- **Identifier** les anomalies fonctionnelles pouvant affecter les spermatozoïdes.
- **Identifier** les anomalies organiques pouvant affecter les spermatozoïdes.

2. introduction



Rappel

La vie d'un organisme se présente comme un cycle, faisant alterner une phase **haploïde*** et une phase **diploïde***, dont la durée varie selon les espèces. Un cycle vital pour une espèce donnée est l'ensemble de processus qui, assurent la perpétuation de cette espèce de génération en génération. Chez un individu adulte, il existe deux catégories cellulaires, l'une regroupant les **cellules diploïdes** qui ne subissent pas le phénomène de la **méiose** et qui constitue l'ensemble des **cellules somatiques**, et l'autre, formant la **lignée germinale**, qui subit au cours de sa maturation le phénomène de la **réduction chromosomique**. Les cellules haploïdes ainsi formées constituent les cellules fonctionnelles (**les gamètes**) et le processus conduisant à leur formation correspond à la **gamétogénèse**.

On parlera de gamètes mâles (**spermatozoïdes***) ou femelles (**ovule**) en fonction de l'équipement en chromosomes sexuels.

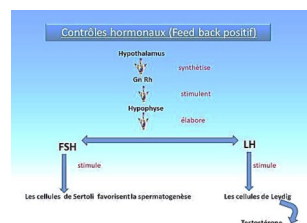
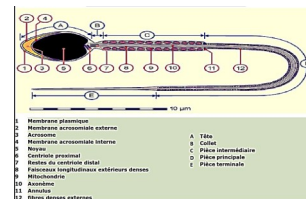
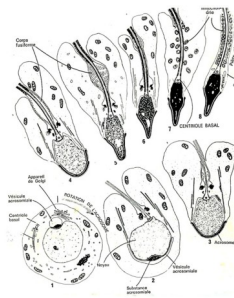
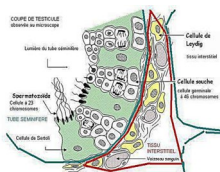
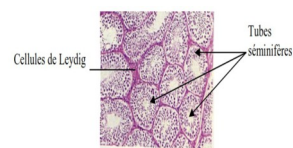
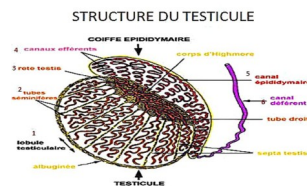
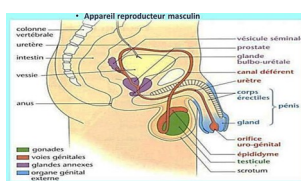


Définition

La spermatogénèse est un processus biologique dont le but est de produire les gamètes mâles, les **spermatozoïdes**. Ces derniers ne contiennent que **23 chromosomes** car ils sont le produit d'une cellule souche sexuelle (**la spermatogonie***) ayant subi une **méiose**.

Elle commence à la **puberté** et elle est ininterrompue (continue) jusqu'à un âge avancé (**vieillard**). Elle a lieu au niveau des **tubes séminifères** dans les testicules et les spermatozoïdes formés sont ensuite conduits vers l'extérieur par un système de canaux.

Les testicules, glandes sexuelles masculines, sont le siège de la spermatogénèse ainsi que de la synthèse de l'hormone mâle, la **testostérone**.



galerie spermatogénèse

3. pré-requis

Avant de commencer ce chapitre, vous devez être capable de :

Identifier la structure et la fonction des principales composantes d'une cellule eucaryote.

Décrire les différentes étapes de la mitose et de la méiose.

Différencier une cellule somatique d'une cellule germinale.

Reconnaître la structure générale de l'appareil reproducteur masculin.

Expliquer le rôle des hormones testostérone, FSH et LH dans la régulation de la reproduction.

Comprendre les notions de diploïdie et d'haploïdie.

Expliquer l'importance des chromosomes dans le processus de reproduction.

Si certaines notions vous semblent floues, il est recommandé de revoir ces bases avant de poursuivre afin d'optimiser votre compréhension du chapitre.

4. Exercice : test pré requis

Spermatogénèse : Votre Cerveau est-il Prêt pour ce Voyage Cellulaire ?

Quelle est la différence entre mitose et méiose ?

- ☐ La mitose produit des cellules haploïdes, la méiose des cellules diploïdes.
- ☐ La mitose produit des cellules identiques, la méiose réduit de moitié le nombre de chromosomes.
- ☐ La méiose ne se produit que dans les cellules somatiques.

Exercice

Où se déroule la spermatogénèse ?

- ☐ Dans l'épididyme
- ☐ Dans les tubes séminifères
- ☐ Dans la prostate

Exercice

Expliquez brièvement le rôle de la testostérone dans la spermatogénèse.

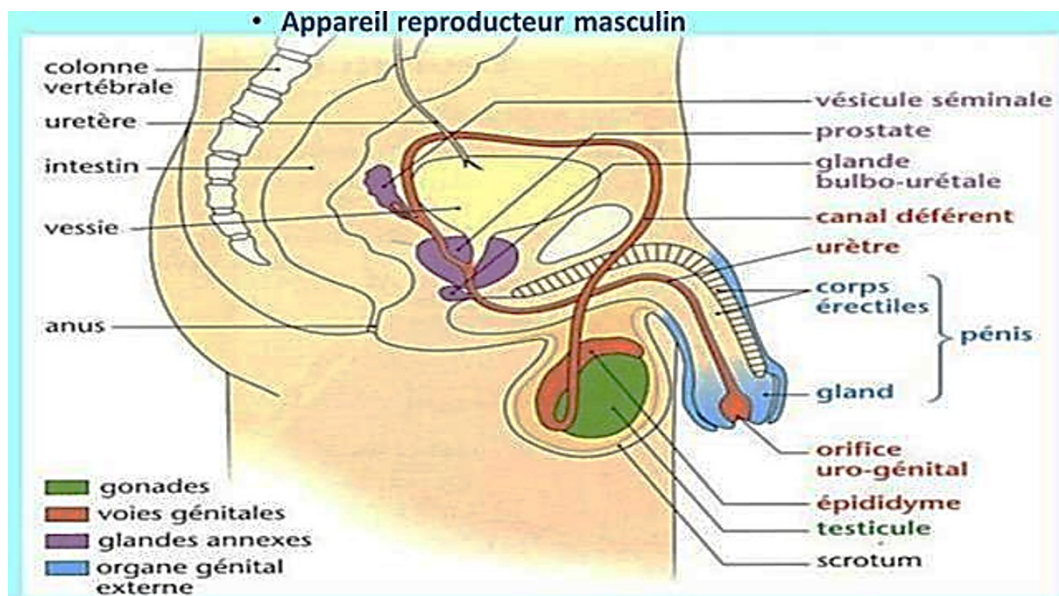
Exercice

Nommez les trois phases de la spermatogénèse.

5. Anatomie de l'appareil génital masculin

L'appareil génital masculin comporte de chaque côté :

- un testicule, coiffé par l'épididyme et logé dans le scrotum ou bourse.
- un canal déférent, qui prolonge l'épididyme,
- un canal éjaculateur qui fait suite au canal déférent.



Appareil génital mâle

le testicule

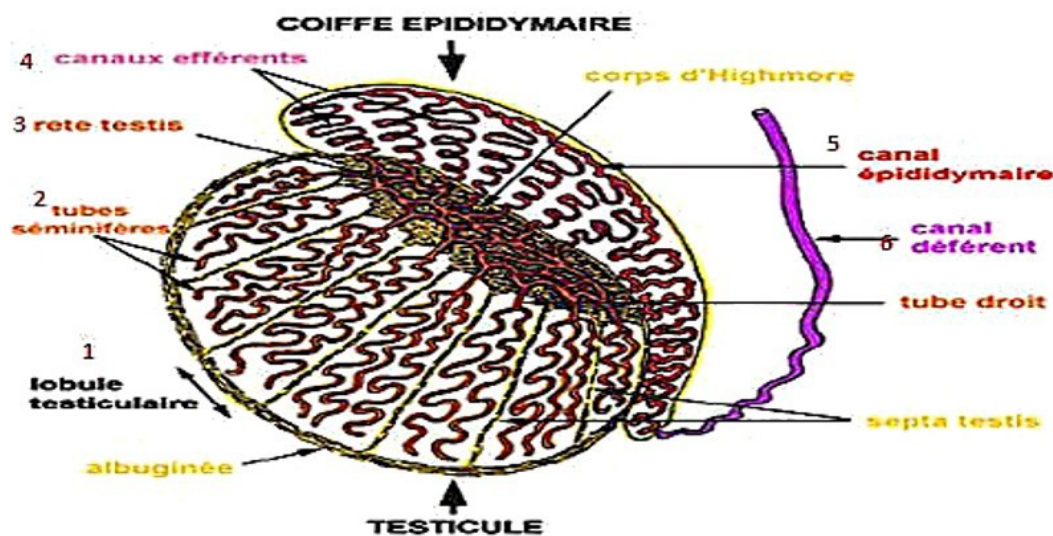


Fondamental

Le testicule est un organe ovoïde, il est entouré par l'albuginée, capsule conjonctive fibreuse peu extensible, dont un épaississement au pôle supérieur forme le corps de Highmore (contenant le rete testis). Partant du corps de Highmore de fines cloisons conjonctives délimitent des lobules testiculaires, au nombre de 200 à 300 par testicule. Chaque lobule contient un peloton de tubes séminifères (1 à 4 par lobules). Les tubes séminifères de chaque lobule confluent en un tube droit de 1 mm de longueur. Les tubes droits communiquent avec un réseau de canaux, le rete testis.*

L'épididyme coiffe le testicule et présente à partir du pôle supérieur trois parties d'épaisseur décroissante : la tête, le corps et la queue. Il contient deux types de canaux : les cônes efférents, situés dans la tête de l'épididyme et le canal épididymaire*.

STRUCTURE DU TESTICULE



Coupe sagittale d'un testicule humain

les tubes séminifères

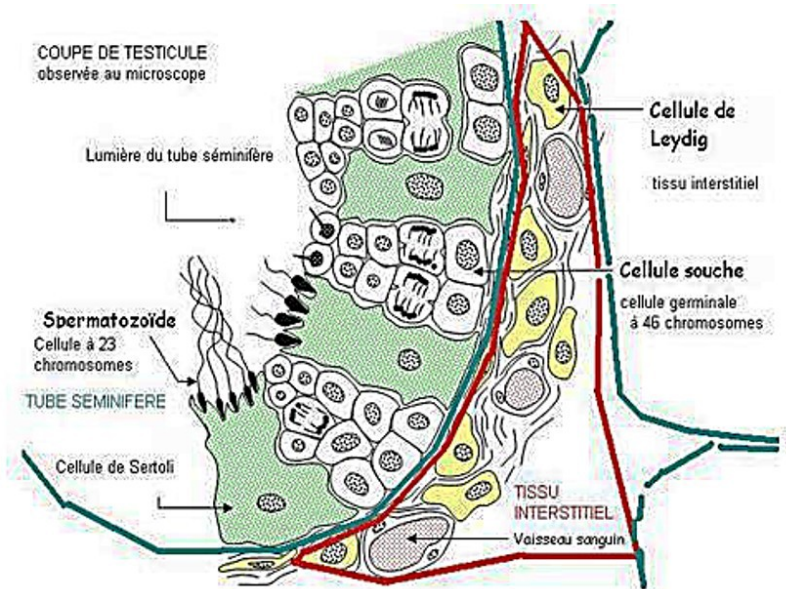


Fondamental

Les testicules contiennent les tubes séminifères qui sont le siège exclusif de la spermatogénèse. Entre les tubes séminifères (milieu interstitiel) se trouve un tissu conjonctif qui contient des cellules endocrines, les cellules de Leydig, qui sécrètent la testostérone. Deux types de cellules occupent la paroi des tubes séminifères : de grandes cellules coniques, les cellules de Sertoli et les cellules germinales.*

- Les cellules de Sertoli sont des cellules de forme grossièrement pyramidale et de grande taille, occupant toute l'épaisseur de l'épithélium. Elles sont dotées de multiples prolongements et sont reliées entre elles par des jonctions serrées.*
- Les cellules de la lignée germinale se trouvent dans le compartiment basal, contre la membrane propre, entre les cellules de Sertoli, avec lesquelles elles sont en relation par divers systèmes de jonction. Disposées en assises plus ou moins régulières, elles représentent, de la périphérie vers le centre du tube, les stades successifs de la spermatogénèse: spermatogonies, spermatocytes primaires, spermatocytes secondaires, spermatides et spermatozoïdes.*

Dans le tissu conjonctif lâche entourant les tubes séminifères, on trouve des îlots de cellules interstitielles, ou cellules de Leydig, disposées en cordons ou isolées autour de capillaires. Elles sont responsables de la sécrétion d'androgènes (Testostérone).*



Structure schématique du tube séminifère



Testicule humain normal : coupe transversale au niveau d'un tube séminifère (X 700).

coupe transversale au niveau d'un tube séminifère (X400)

6. Phases de la spermatogénèse

6.1. Phase de multiplication



Elle concerne les spermatogonies, cellules souches diploïdes localisées à la périphérie du tube, contre la membrane propre. Ces cellules subissent une succession de mitoses (maintien du pool de spermatogonies), dont la dernière aboutit à la formation de spermatocytes primaires, également diploïdes

Chaque spermatogonie donne naissance à 4 spermatocytes primaires

6.2. Phase de maturation



Précédée par une **phase d'accroissement** et correspond à la **méiose** et concerne les deux générations de spermatocytes (**primaires I ou secondaires II**). Un spermatocyte I à **2n chromosomes** subit la première division de méiose (**mitose réductionnelle**) et donne ainsi 2 **spermatocytes II** à **n chromosomes**. Chaque spermatocyte II subit la deuxième division de méiose (**mitose équationnelle**) et donne 2 **spermatides** à **n chromosomes**.



Chaque spermatocyte I donne naissance à 4 spermatides à la fin de la méiose.

6.3. Phase de différenciation (spermiogénèse)



cette phase ne comporte pas de division mais une différenciation des **spermatides** en **spermatozoïdes** (mise en place de processus de formation des structures qui leur conféreront **mobilité** et **capacité** de pénétration dans l'**ovule**. Ce passage est caractérisé par :*

- Une réduction cytoplasmique de la spermatide.
- Apparition d'un acrosome formé à partir de la condensation des vésicules golgiennes.
- Formation d'un flagelle à partir des microtubules issus du centriole distal.

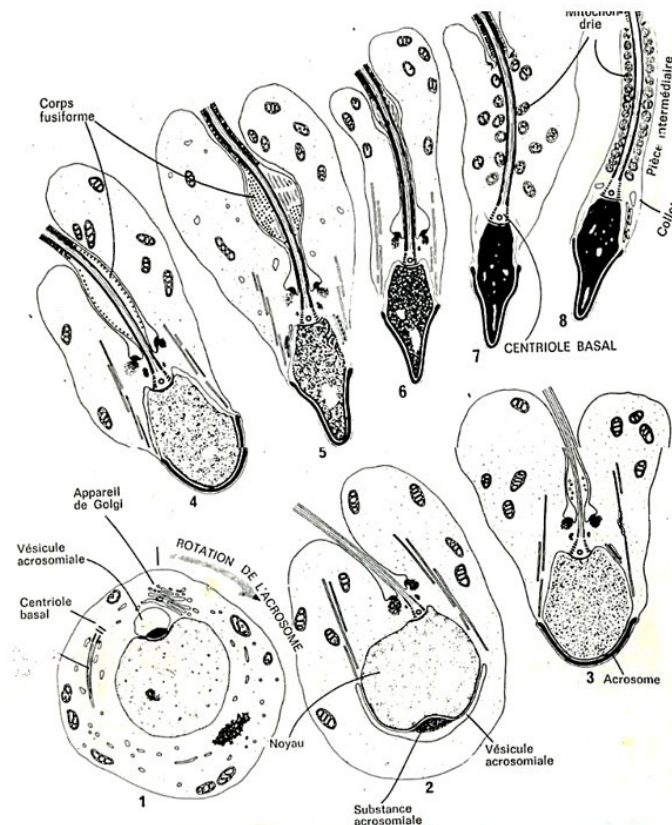


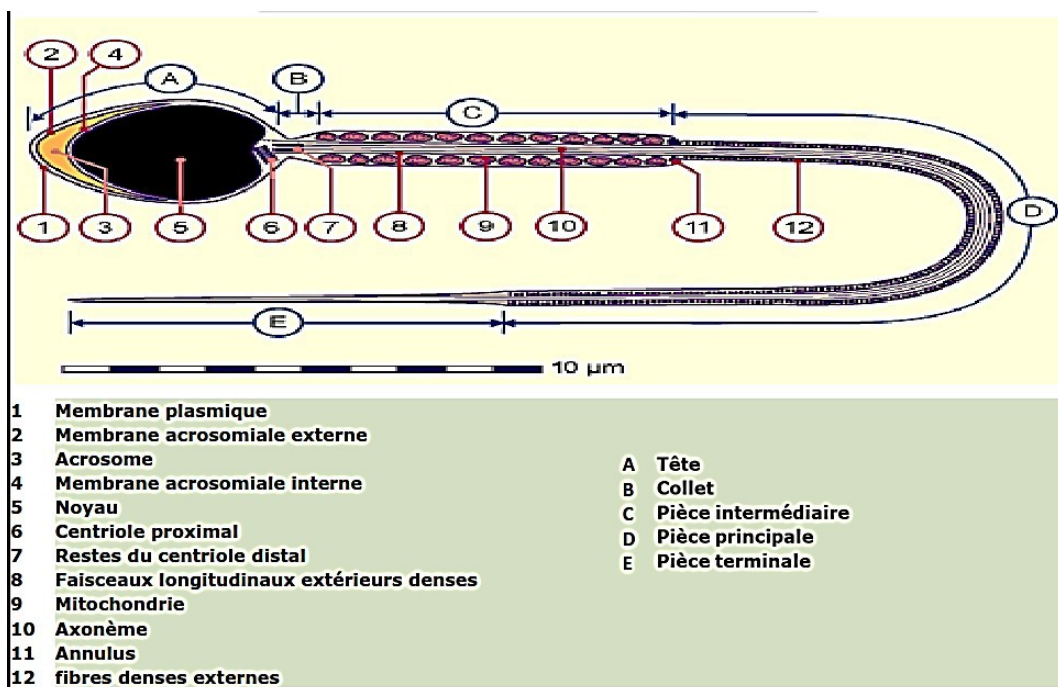
Schéma illustrant la différenciation cytotogique (spermiogénèse)

7. Structure du spermatozoïde



Le spermatozoïde est une cellule très allongée composée de 3 parties visibles au microscope optique : la tête, le flagelle, et le col*

- La **tête** est grossièrement **ovoïde**, mais légèrement **aplatie**. Elle est constituée d'un **noyau** et d'un **acrosome**, enveloppés par une mince couche **hyaloplasmique** et par la **membrane plasmique**. Le noyau occupe la majeure partie de la tête. L'acrosome est une **vésicule** aplatie, recouvrant les 2/3 supérieurs du noyau. La texture de l'acrosome est finement granuleuse et uniforme. Il contient de nombreuses enzymes **hydrolytiques** : les **hyaluronidases**, **phosphatase acide**, **protéinases neutres (acrosine)** et **acides**, **CPE ou Corona Penetrating Enzyme**, etc. Ces enzymes interviendront dans la traversée des enveloppes de l'**ovocyte**. La membrane plasmique est classique et sans particularité morphologique
- le **col** est un portion étroite réunissant le flagelle à la tête
- Le **flagelle** : à partir du col, on distingue sur sa longueur 3 parties de diamètres décroissants : la **pièce intermédiaire**, la **pièce principale** et la **pièce terminale**. La pièce intermédiaire plus étroite avec le **centriole** qui donne naissance au **flagelle** et des **mitochondries** disposées en hélice autour du flagelle et formant une gaine et **fournissant l'énergie** nécessaire aux mouvements du flagelle.



structure d'un spermatozoïde humain

8. Maturation et transport des spermatozoïdes



Les spermatozoïdes sont produits et formés dans les testicules, puis libérés dans l'**épididyme**. Ils passent d'abord du rete testis vers la tête de l'épididyme, dans les cônes efférents qui se poursuivent par le canal de l'épididyme. Les gamètes sont modifiés tout au long de leur trajet dans les voies génitales.

Dans l'épididyme, sous l'action des **androgènes** (en particulier de la **testostérone**) sécrétés par les cellules de Leydig, les spermatozoïdes acquièrent leur **mobilité** (les spermatozoïdes produits au niveau des testicules sont très peu mobiles). Dans l'épididyme, les protéines responsables de la fixation à l'ovocyte deviennent fonctionnelles : les spermatozoïdes acquièrent leur aptitude à se fixer sur **la zone pellucide de l'ovocyte**, étape nécessaire à la **fécondation**.

C'est également dans l'épididyme que les spermatozoïdes sont **décapacités**, grâce au liquide séminal : les spermatozoïdes perdent alors momentanément leur possibilité de fusion avec les autres membranes.

*En résumé, une maturation fonctionnelle des spermatozoïdes est assurée lors de leur passage dans l'épididyme. Cette étape est caractérisée par :**

- **l'acquisition de la mobilité**
- **la répression du pouvoir fécondant**
- **la mise en place des molécules de reconnaissance de la zone pellucide**

9. Régulation hormonale de la spermatogénèse



Fondamental

Le "chef d'orchestre" de la fonction testiculaire est la **GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone)**. C'est grâce à **la production pulsatile** de cette **hormone** par des neurones de l'**hypothalamus** (production très augmentée à la période pubertaire) que s'installe la fonction testiculaire.*

En effet, la **GnRH*** provoque la sécrétion **hypophysaire** de deux hormones, la **FSH*** et la **LH***.

Au niveau du testicule, ces hormones ont les actions suivantes :

la **FSH** permet le développement des cellules de Sertoli et la spermatogénèse. La FSH se fixe sur des **récepteurs** membranaires des cellules de Sertoli et joue un triple rôle :

- elle active la spermatogénèse

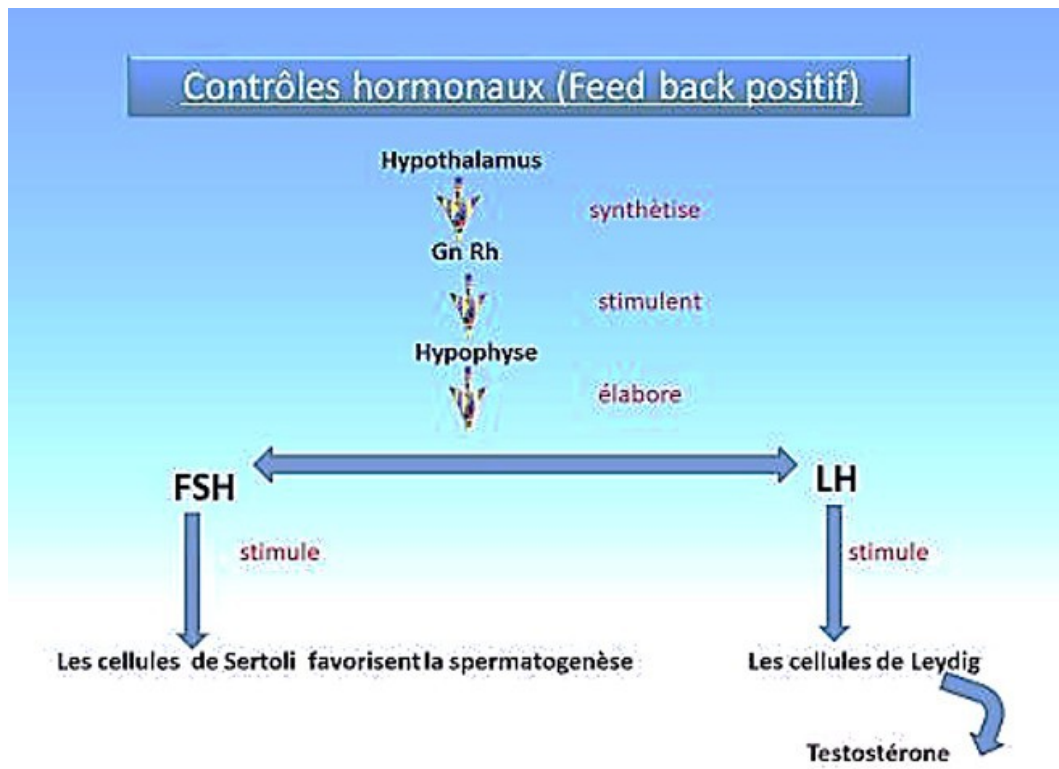
elle stimule la formation d'**ABP (Androgen Binding Proteine)**

- enfin, elle provoque la sécrétion d'**inhibine**, hormone exerçant un **rétrocontrôle négatif** sur la sécrétion de FSH, soit sur les neurones hypothalamiques **en diminuant** la sécrétion de la **GnRH**, soit directement sur les cellules gonadotropes hypophysaires.

la **LH** assure la **multiplication** des cellules de Leydig et la sécrétion de testostérone (fonction endocrine du testicule) :

- la majeure partie de la testostérone pénètre dans le cytoplasme où elle se lie à l'**ABP*** pour conditionner le développement de l'**épithélium séminal** et le bon fonctionnement des **voies génitales (liquide séminal)**

- la testostérone libre passe dans le sang et exerce deux actions : une **action positive** sur le **tractus génital** et les **glandes annexes** et une **rétro-action négative** sur la sécrétion de LH, soit indirectement sur les neurones hypothalamiques, soit directement sur les cellules gonadotropes hypophysaires.



Régulation de la spermatogénèse

10. Facteurs influençant la spermatogénèse



De nombreux facteurs sont néfastes pour la spermatogénèse :

- des maladies **infectieuses, inflammatoires, virales** comme le virus des **oreillons**, peuvent conduire à une infection des organes génitaux ou entraîner une **atrophie** des testicules.
- Environ 25% des hommes ayant contracté les oreillons après leur puberté deviennent **infertiles**.
- **des troubles endocriniens ou hormonaux** ne représentent qu'un faible taux (environ 2%-5%) des cas d'infertilité masculine. Une production insuffisante des hormones contrôlant la sécrétion de testostérone et la production de spermatozoïdes (FSH – LH)
- **des problèmes immunitaires**: certains hommes produisent des **anticorps** dirigés contre leurs propres spermatozoïdes conduisant à une **mobilité insuffisante** ou à des **agglutinations**.
- **Des facteurs liés à l'environnement et au mode de vie** comme une exposition à des **radiations** et certains **traitements anticancéreux** (soit temporairement, soit définitivement).
- **Les anomalies anatomiques** obstruant les voies génitales peuvent conduire à l'infertilité, lorsqu'elles bloquent partiellement ou totalement l'écoulement du liquide séminal. Certaines de ces anomalies sont d'origine **congénitale** ou **génétique**, d'autres peuvent apparaître à la suite d'une infection ou d'une inflammation des voies urogénitales.

11. Exercice : "Mission Spermatogenèse : Êtes-vous un Expert ?"

[solution n°2 p. 15]

Montrez que vous maîtrisez la production des spermatozoïdes

La spermatogenèse se déroule dans les [] des testicules et commence à la [] sous l'effet de la []. Les cellules germinales primordiales, appelées [], subissent plusieurs divisions [] avant d'entrer en méiose, où elles subissent [] successives pour donner naissance à des []. Ces cellules immatures sont ensuite soutenues et nourries par les [], qui facilitent leur différenciation en [] matures capables de féconder un [].

Solutions des exercices



Solution n°1

[exercice p. 7]

Spermatogenèse : Votre Cerveau est-il Prêt pour ce Voyage Cellulaire ?

Quelle est la différence entre mitose et méiose ?

- ☐ La mitose produit des cellules haploïdes, la méiose des cellules diploïdes.
- ☒ La mitose produit des cellules identiques, la méiose réduit de moitié le nombre de chromosomes.
- ☐ La méiose ne se produit que dans les cellules somatiques.

Exercice

Où se déroule la spermatogénèse ?

- ☐ Dans l'épididyme
- ☒ Dans les tubes séminifères
- ☐ Dans la prostate

Exercice

Expliquez brièvement le rôle de la testostérone dans la spermatogénèse.

La testostérone, sécrétée par les cellules de Leydig, stimule la production de spermatozoïdes et maintient la fonction des voies génitales.

Exercice

Nommez les trois phases de la spermatogénèse.

Phase de multiplication, phase de maturation, phase de différenciation (spermiogénèse).

Solution n°2

[exercice p. 14]

Montrez que vous maîtrisez la production des spermatozoïdes

La spermatogenèse se déroule dans les tubes séminifères des testicules et commence à la puberté sous l'effet de la testostérone. Les cellules germinales primordiales, appelées spermatogonies, subissent plusieurs divisions mitotiques avant d'entrer en méiose, où elles subissent deux divisions successives pour donner naissance à des spermatides. Ces cellules immatures sont ensuite soutenues et nourries par les cellules de Sertoli, qui facilitent leur différenciation en spermatozoïdes matures capables de féconder un ovocyte

Glossaire



diploïde

Le terme diploïde désigne une cellule qui possède deux ensembles complets de chromosomes ($2n$), un provenant du père et l'autre de la mère.

haploïde

Le terme haploïde désigne une cellule qui contient un seul jeu de chromosomes (n)

Spermatogonie

Cellule germinale diploïde à l'origine des spermatozoïdes

Spermatozoïde

Gamète mâle haploïde, responsable de la fécondation de l'ovocyte

Abréviations



ABP : Androgen Binding Protein

FSH : Hormone Folliculo-Stimulante

GNRH : Gonadotropin-Releasing Hormone

LH : Hormone Lutéinisante

Références



- 1 Histologie et micro-anatomie du corps humain. PICCIN. 608p
 - 2 Leçons d'embryologie humaine. Collection "Sciences Fondamentales".4 édition. Ed. MALOINE, Paris, 327p
 - 3 Embryologie humaine. Children's Hospital and University of Cincinnati College of Medicine, Cincinnati, Ohio. 2 ème édition. Ed. De boeck, 548p.
- Marie-Claire Orgebin-Crist, Bernard Robaire, et al.2002* Epididymal Cell Types and Their Functions in Sperm Maturation
DOI : 10.1007/978-1-4615-0679-9_5
- Simoni et al 2020* Endocrinology of the Male Reproductive System and Spermatogenesis