



EMBRYOLOGIE HUMAINE

Version 2008-2009

Cours d'embryologie en ligne à l'usage des étudiants et étudiantes en médecine
Développé par les Universités de Fribourg, Lausanne et Berne sous l'égide du Campus Virtuel Suisse



Liste des Chapitres

Contact

EMBRYO GÉNÈSE

ACCUEIL

ZONE D'ÉCHANGES

RECHERCHER

AIDE

HAUT ▲

3.0 Objectifs, Prérequis, Introduction, Questions & réflexions

- [Objectifs](#)
- [Prérequis](#)
- [Introduction](#)
- [Questions & réflexions](#)

3.1 La lignée germinale - origine des cellules germinales

- [Introduction](#)
- [Migration des cellules germinales](#)
- [La crête génitale](#)
- [L'ébauche gonadique indifférencié](#)

3.2 La détermination du sexe

- [Introduction](#)
- [Ebauche des gonades mâles](#)
- [Ebauche des gonades femelles](#)

3.3 Spermatogénèse

- [Introduction](#)
- [Structure de l'épithélium germinale](#)
- [Stades du développement de la spermatogénèse](#)
- [Déroulement temporel de la spermatogénèse](#)
- [La spermatocytogénèse](#)
- [Déroulement local de la spermatogénèse - la vague de spermatogénèse](#)
- [Spermio\(histo\)génèse et structure des spermatozoïdes](#)
- [Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale](#)

3.4 Ovogénèse

- Remarque
- Développement des cellules germinales dans l'ovaire
- Structure de l'ovaire
- Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires
 - Follicules primordiaux
 - Follicules primaires
 - Follicules secondaires
 - Follicules tertiaires
 - Follicule de Graaf
- Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules
 - L'atrésie - le sort habituel d'un follicule
- Le cycle ovarien
 - Le cycle hormonal

3.5 Comparaison spermatogenèse - ovogenèse

- Tableau comparatif de la spermatogenèse et de l'ovogenèse

3.6 Quiz

- Testez vos connaissances

3.7 Résumé

- La gamétogenèse en quelques mots

3.8 Bibliographie

- Références



3.0 Objectifs, Prérequis, Introduction, Questions & réflexions

- [Objectifs](#)
- [Prérequis](#)
- [Introduction](#)
- [Questions & réflexions](#)

Objectifs

Les sujets suivants seront traités dans ce module:

- Origine et migration des cellules de la lignée germinale
- Ebauche des gonades mâles
- Ebauche des gonades femelles
- Spermatogénèse
- Ovogénèse

Prérequis

- Cytologie générale
- Mitose
- Méiose

Introduction

Les cellules germinales matures sont également appelées **gamètes**. Il y a des **gamètes mâles**, les **spermatozoïdes (sperme)** et des **gamètes femelles**, les **ovocytes (ovule)**. La première cellule d'un nouvel individu est le **zygote**, qui se forme grâce à la fusion des gamètes lors de la fécondation. Afin de conserver un nombre normal de 46 chromosomes dans le zygote, 23 chromosomes se trouvent dans chaque gamète, à savoir la moitié. La **réduction du nombre de chromosomes et la recombinaison de l'information génétique** sont des processus se produisant au cours de la méiose. Cette dernière est une forme particulière de division cellulaire qui n'a lieu que lors de la **gamétogénèse**.

La gamétogenèse décrit pour l'essentiel la formation des ovules et des spermatozoïdes, respectivement dans l'ovaire et le testicule, au cours de la période fertile l'individu.

Commentaire

Les gamètes sont haploïdes

Le spermatozoïde détermine le sexe du nouvel individu

Les **gamètes mâles** sont produits en grand nombre dans les testicules dès la puberté et durant toute la vie. Il y a plusieurs **millions** de spermatozoïdes dans un éjaculat.

Fig. 1 - Spermatozoïdes dans l'épididyme



- 1 Tête d'un spermatozoïde
- 2 Queue d'un spermatozoïde
- 3 Epithélium du canal epididymaire

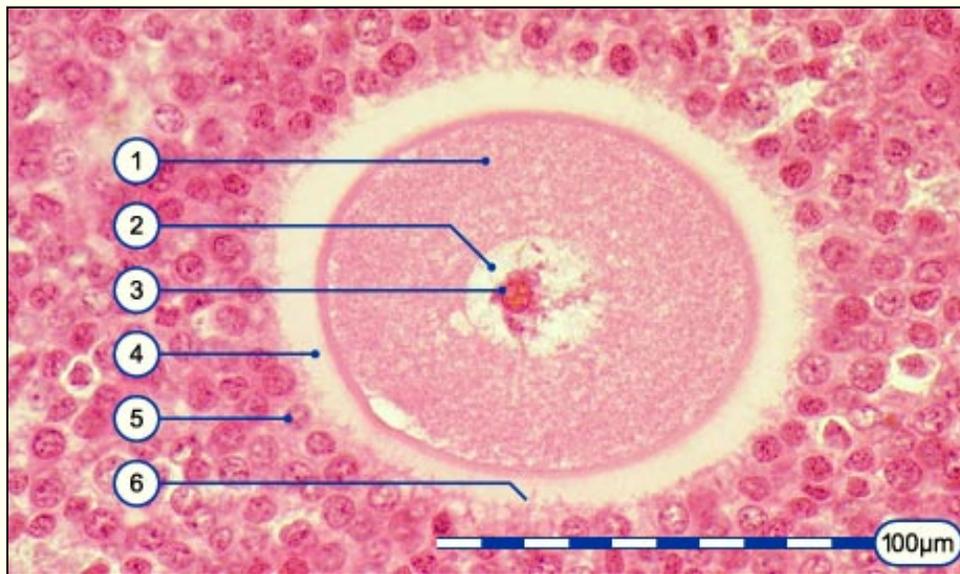
Légende

Fig. 1
Sur cette image on voit un grand nombre de spermatozoïdes lors de leur passage dans le canal épидидymaire (= lieu de stockage des spermatozoïdes)

En revanche, les **gamètes femelles**, les ovocytes, sont déjà formés durant la période embryonnaire et foetale et existent en un nombre défini dans les deux **ovaires** dès la naissance de la fille (1 à 2 millions). Le nombre d'ovules diminue continuellement jusqu'à la ménopause. Au cours de la période fertile de la vie d'une femme, à savoir de la ménarche à la ménopause, environ **400 ovules** (env. 13 cycles par année durant 30 ans) peuvent arriver à maturation. C'est un système hormonal cyclique de la maturation de l'ovule qui en est responsable.

Fig. 2 - Ovule dans l'ovaire

Légende



- 1 Cytoplasme de l'ovule (ovoplasme)
- 2 Noyau
- 3 Nucléole
- 4 Zone pellucide
- 5 Cellule de la couronne radiaire
- 6 Prolongement cytoplasmique d'une cellule de la couronne radiaire

Fig. 2
L'image montre un ovocyte (diamètre env 0.1mm) dans un follicule tertiaire humain.

Commentaire

Sur ces deux images on remarque l'énorme différence de taille entre le spermatozoïde et l'ovule: le nucléole de l'ovule pourrait à lui seul contenir de nombreuses têtes de spermatozoïdes. L'ovule est entouré d'une épaisse couche de glycoprotéines (la zone pellucide) où s'ancrent les prolongements des cellules de la couronne radiaire, par l'intermédiaire desquels a lieu la nutrition de l'ovule.

Les **cellules germinales matures et leurs précurseurs directs** sont des cellules particulières. Elles migrent initialement dans la vésicule vitelline extraembryonnaire (stade 11, ◀11▶), et ne réintègrent l'embryon, où elles achèvent leur maturation, qu'après une période de latence (stade 14, ◀14▶).

On peut déjà mettre en évidence ces cellules au cours de la deuxième semaine chez l'embryon, à un moment où les ébauches gonadiques correspondantes ne sont pas encore apparentes, bien que le sexe chromosomique de l'embryon soit établi. A la sixième semaine, après une **longue migration**, les cellules germinales primordiales atteignent l'ébauche gonadique primitive qui est sexuellement indifférenciée (crête génitale). C'est seulement suite à cette invasion par les des cellules germinales primordiales que l'ébauche gonadique peut continuer à se développer et ce désormais spécifiquement en fonction du sexe.

La lignée germinale: lignée cellulaire qui aboutit à la formation des gamètes. Les cellules germinales primordiales se développent et migrent indépendamment des autres cellules du corps.

Questions & réflexions

- Pourquoi les gamètes doivent-elles être haploïdes ?
- Comment l'haploïdie est-elle atteinte ?
- Quand les gamètes sont-elles produites ?
- Comment expliquer les différences énormes qu'il y a entre les gamètes mâles et femelles ?
- Quelle est la signification de la lignée germinale ?

Notions clés

Termes, ayant une importance dans le module gamétogénèse.

[Liste des chapitres](#) | **[Chapitre suivant](#)**



3.1 La lignée germinale - origine des cellules germinales

- Introduction
- Migration des cellules germinales
- La crête génitale
- L'ébauche gonadique indifférencié

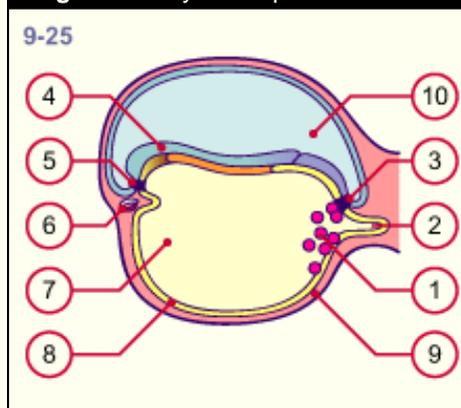
Introduction

Les **cellules germinales primordiales** constituent l'origine commune des spermatozoïdes et des ovules et donc de la lignée germinale. Elles sont diploïdes, tout comme les autres cellules du corps et elles peuvent déjà être mises en évidence à la deuxième semaine dans l'**ectoderme primaire** (épiblaste) de l'embryon humain.

Migration des cellules germinales

A la **troisième semaine**, les cellules germinales primordiales migrent par mouvements amiboïdes depuis l'ectoderme primaire dans la paroi de la vésicule vitelline et se rassemblent près de l'abouchement de l'allantoïde. Les cellules germinales primordiales sont désormais disposées de manière **extraembryonnaire** dans l'endoderme et le mésoderme de la paroi de la vésicule vitelline.

Fig. 3 - Embryon de quatre semaines



- 1 Cellules germinales primordiales
- 2 Allantoïde
- 3 Intestin postérieur
- 4 Ectoderme
- 5 Intestin antérieur
- 6 Ebauche cardiaque
- 7 Vésicule vitelline secondaire
- 8 Endoderme (jaune)
- 9 Mésoderme (rouge)
- 10 Cavité amniotique

Quiz

Quiz 03

Légende

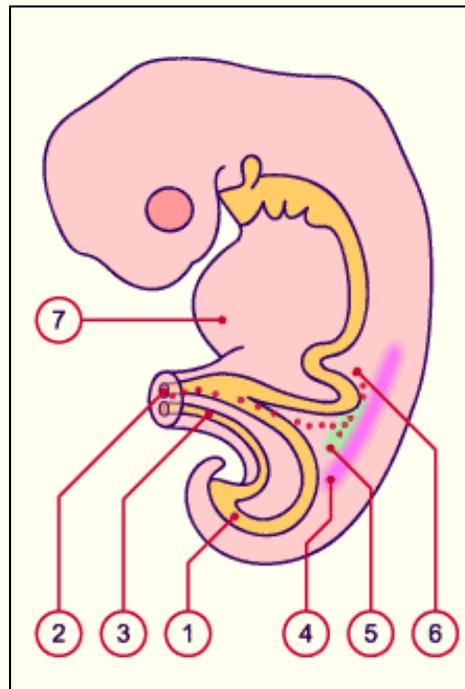
Fig. 3
Les cellules germinales primordiales qui ont migré depuis l'ectoderme sont situées entre les cellules de l'endoderme, dans la paroi de la vésicule vitelline secondaire.

Aidées par la flexion crânio-caudale et la plicature latérale de l'embryon, les **cellules germinales primordiales migrent** à nouveau dans l'embryon entre la quatrième et la sixième semaine. Elles

Fig. 4 - Embryon à la cinquième semaine

Légende

migrent le long de la paroi de la vésicule vitelline jusqu'au canal vitellin et le long de la paroi de l'intestin postérieur. Après avoir traversé le mésentère dorsal elles colonisent la crête génitale. Les cellules germinales primordiales se multiplient encore par mitoses non seulement lors de leur migration, mais aussi dans la crête génitale. L'image 4 montre une vue d'ensemble de cette migration. Un aperçu plus détaillé est illustré dans l'image 5.



- 1 Intestin postérieur
- 2 Canal vitellin
- 3 Allantoïde
- 4 Crête néphrotique primitive (rose)
- 5 Crête génitale (vert)
- 6 Cellules germinales primordiales
- 7 Eminence cardiaque

Fig. 4
Les cellules germinales primordiales migrent le long du canal vitellin et du mésentère dorsal depuis la paroi de la vésicule vitelline vers la crête génitale, qu'elles l'atteignent à la sixième semaine.

[Liste des chapitres](#) | [Page suivante](#)



3.1 La lignée germinale - origine des cellules germinales

- Introduction
- Migration des cellules germinales
- La crête génitale
- L'ébauche gonadique indifférencié

La crête génitale

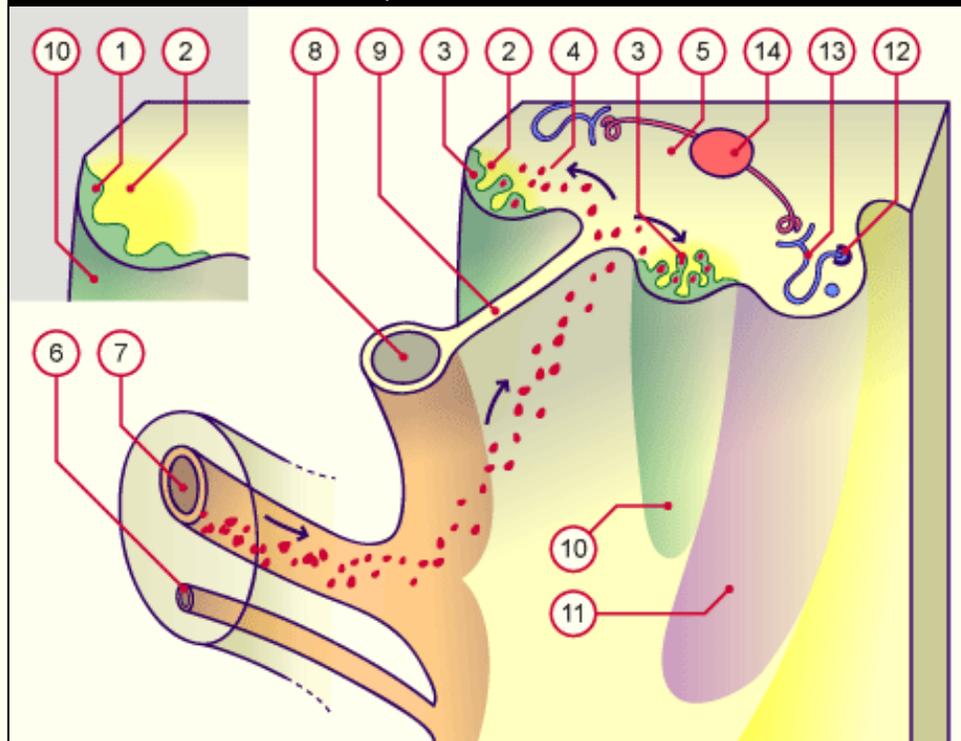
Dans les deux sexes, les gonades se forment dans la **crête génitale** (petite image de la figure 5). C'est un renflement longitudinal qui apparaît ventro-médialement par rapport à la crête urinaire primitive. Il se forme à la cinquième semaine par **prolifération de l'épithélium coelomique** et **épaississement du mésenchyme** sous-jacent.

La crête génitale constitue à ce moment l'ébauche gonadique primitive. Sa colonisation par **les cellules germinales primordiales** est toutefois nécessaire, pour permettre aux gonades définitives et sexuellement différenciées de se développer.

Quiz

Quiz 05

Fig. 5 - Migration des cellules germinales primordiales dans les crêtes génitales à la cinquième et sixième semaine.



Légende

Fig. 5
petite image:
ébauche de la crête
génitale vers la
cinquième semaine

image principale:
illustration de
l'ébauche gonadique
indifférenciée au cours
de la sixième semaine
avec migration des
cellules germinales
primordiales.

◀ PAGES ▶

EMBRYO GÉNÈSE

ORGANO GÉNÈSE

ACCUEIL

ZONE D'ÉCHANGES

RECHERCHER

AIDE

HAUT ▲

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Epithélium coelomique en prolifération | 8 | Tube intestinal |
| 2 | Epaississement du mésenchyme | 9 | Mésentère dorsal |
| 3 | Cordons sexuels | 10 | Crête génitale |
| 4 | Cellules germinales primordiales | 11 | Crête urinaire primitive |
| 5 | Mésenchyme | 12 | Canal mésonephrotique (canal de Wolff) |
| 6 | Allantoïde | 13 | Tubules mésonephrotiques |
| 7 | Canal vitellin | 14 | Aorte |
-

Ebauche gonadique indifférenciée

A la sixième semaine, les cellules germinales primordiales qui ont migré pendant la cinquième semaine colonisent les deux crêtes génitales. Les cellules germinales primordiales sont **entourées par les cellules de l'épithélium coelomique** qui ont proliféré en profondeur dans le mésenchyme. Les **cordons sexuels** se forment et restent encore reliés à la surface de l'épithélium coelomique. A ce moment on ne peut pas encore faire la différence entre l'ébauche gonadique mâle et femelle, c'est pourquoi on nomme aussi cet état l'**ébauche gonadique indifférenciée**.

Commentaire

Les gonades (crête génitale + cellules germinales primordiales) forment un renflement longitudinal dans la cavité coelomique. Sa partie crâniale et caudale involue plus tard en ligaments des glandes sexuelles, le reste continue quand à lui de proliférer et atteint bientôt la taille des reins primitifs.

[Début du chapitre](#) | [Chapitre suivant](#)



3.2 La détermination du sexe

- [Introduction](#)
- [Ebauche des gonades mâles](#)
- [Ebauche des gonades femelles](#)

Introduction

La clé pour la **différenciation sexuelle** se trouve sur le **chromosome Y** plus spécifiquement sur le gène SRY (sex determining region of the Y chromosome), qui induit la différenciation sexuelle masculine. L'expression du gène SRY correspond à la période de la détermination sexuelle, il est exprimé dans les cellules somatiques des crêtes génitales masculines

La testostérone est notamment produite dès la 7e semaine. En l'absence de chromosome Y, et donc de gène SRY, on observe le développement d'un phénotype féminin.

Ebauche des gonades mâles

Sous l'influence du SRY ainsi que d'autres gènes, les **cordons sexuels** prolifèrent, croissent en profondeur et deviennent des **cordons séminifères (cordons testiculaires)**. Au cours du développement ultérieur les cordons testiculaires perdent le contact avec l'épithélium superficiel.

Jusqu'à la **puberté**, les cordons séminifères sont pleins. Ce n'est qu'à partir de ce moment qu'ils se creusent d'une lumière et que les cellules germinales primordiales deviennent des **spermatogonies**.

Fig. 6 - La crête génitale se transforme en testicule 7e semaine

Fig. 7 - La crête génitale se transforme en ovaire 8e semaine

Quiz

[Quiz 04](#)

Commentaire

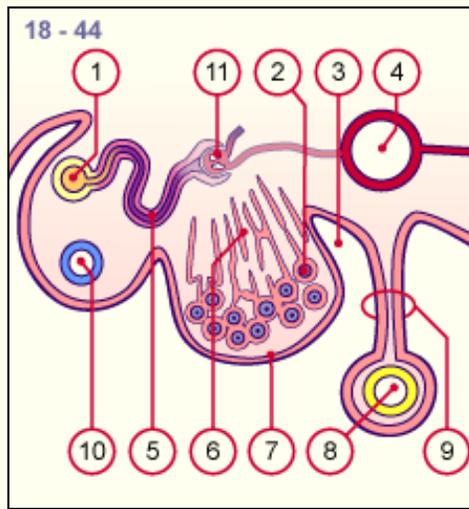
Les spermatogonies sont les cellules germinales primordiales à partir desquelles se développent les spermatozoïdes après plusieurs divisions mitotiques et une division méiotique.

Légende

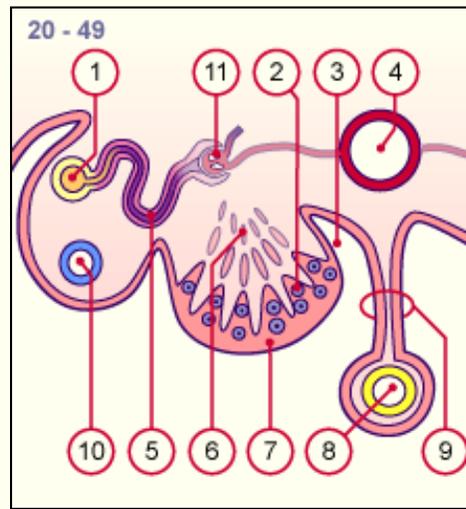
Fig. 6
Développement chez l'homme: les cordons testiculaires pénètrent en profondeur dans le mésenchyme de l'ébauche gonadique et perdent le contact avec l'épithélium superficiel.

Fig. 7
Développement chez la femme: les cordons sexuels dégénèrent dans le région

HAUT ▲



- 1 Conduit mésonéphrotique (Wolff)
- 2 PGC
- 3 Cavité péritonéale
- 4 Aorte
- 5 Tubule mésonéphrotique
- 6 Cordons sexuels
- 7 Epithélium coelomique
- 8 Intestin
- 9 Mésentère dorsal
- 10 Ebauche du conduit paramésonephrotique (Müller)
- 11 Régression des néphrons mésonéphrotiques



- 1 Conduit mésonéphrotique (Wolff)
- 2 PGC
- 3 Cavité péritonéale
- 4 Aorte
- 5 Tubule mésonéphrotique
- 6 Cordons sexuels
- 7 Epithélium coelomique épaissi
- 8 Intestin
- 9 Mésentère dorsal
- 10 Ebauche du conduit paramésonephrotique (Müller)
- 11 Régression des néphrons mésonéphrotiques

médullaire. Suite à la persistance de la prolifération de l'épithélium coelomique seuls les cordons sexuels qui ont gardé le contact avec l'épithélium coelomique se développent.

Ebauche des gonades femelles

Les **cordons sexuels de la zone médullaire** se désagrègent, la femme n'étant pas porteuse du gène SRY. La prolifération de l'épithélium coelomique dans les régions corticales est en revanche maintenue, l'épithélium pénètre dans le mésenchyme et entoure des cellules germinales en multiplication. Ils se forment ainsi les **cordons sexuels dits corticaux**, qui restent en contact avec la surface, par opposition aux **cordons sexuels primaires**.

Au cours du **4e mois** les cordons corticaux se désagrègent en amas cellulaires isolés et les cellules épithéliales entourent une à deux cellules germinales primordiales. Ces dernières se différencient alors en **ovogonies**. Chaque ovogonie s'entoure d'une couche de cellules folliculaires provenant des cordons sexuels pour constituer un follicule primordial. Dans les follicules primordiaux les ovogonies entament la première division méiotique et se transforment en **ovocytes I**. L'interaction des cellules folliculaires avec l'ovocyte I bloque alors la méiose jusqu'à la puberté.

Chez la femme, les cellules germinales primordiales se différencient déjà durant la période foetale en **ovogonies**.

Résumé

Le sexe d'un embryon est déterminé au moment de la fertilisation et dépend du chromosome (X ou Y) dont est porteur le spermatozocyte. Dans les embryons XX, ils ne se développent pas de **cordons sexuels médullaires**. Ce sont les cordons sexuels corticaux qui vont entourer les ovogonies. Dans les embryons XY, en revanche, les **cordons médullaires deviennent les cordons testiculaires**. Qui prolifèrent également en profondeur et établissent un contact avec le **mésonephros (rein primitif)**.



3.3 Spermatogenèse

- **Introduction**
- Structure de l'épithélium germinale
- Stades du développement de la spermatogenèse
- Déroulement temporel de la spermatogenèse
- La spermatocytogenèse
- Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse
- Spermio(histo)genèse et structure des spermatozoïdes
- Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale

Introduction

La spermatogenèse commence dans les testicules de l'homme au début de la puberté. Celle-ci englobe la totalité du développement, allant de la **spermatogonie (cellule germinale primordiale différenciée)** jusqu'au **spermatozoïde**. Les cordons sexuels jusqu'alors pleins dans les testicules de l'enfant se perméabilisent au début de la puberté et se transforment alors en **tubes séminifères contournés (Tubuli seminiferi contorti)** atteignant une longueur d'environ 50-60 cm; ils sont si nombreux que leur longueur totale peut atteindre 300 à 350 m chez un homme adulte. Ils sont constitués par un épithélium germinale qui est composé de deux différentes populations cellulaires: les cellules de soutien (**cellule de Sertoli**) et les **différents stades des cellules germinales en division et en différenciation**.

Quiz

[Quiz 09](#)

Quiz

[Quiz 10](#)

Fig. 8 - Tubes séminifères contournés



Fig. 9 - Tubes séminifères contournés



Légende

Dans certaines formes d'impuissance, on peut procéder à une biopsie des testicules pour une fertilisation assistée. On tire et démêle les tubes séminifères contournés d'un fragment de parenchyme testiculaire à l'aide d'une pincette.

Fig. 8
Biopsie testiculaire: les tubes séminifères deviennent visibles lorsqu'on les étire à l'aide d'une pincette.

Fig. 9
Sous la loupe binoculaire les tubes sont bien visibles.
([Vidéo](#), 390KB)

MODULE 3

LISTE CHAPITRES

OBJECTIFS

QUIZ

RÉSUMÉ

BIBLIOGRAPHIE

◀ PAGES ▶

EMBRYO GÉNÈSE

ORGANO GÉNÈSE

ACCUEIL

ZONE D'ÉCHANGES

RECHERCHER

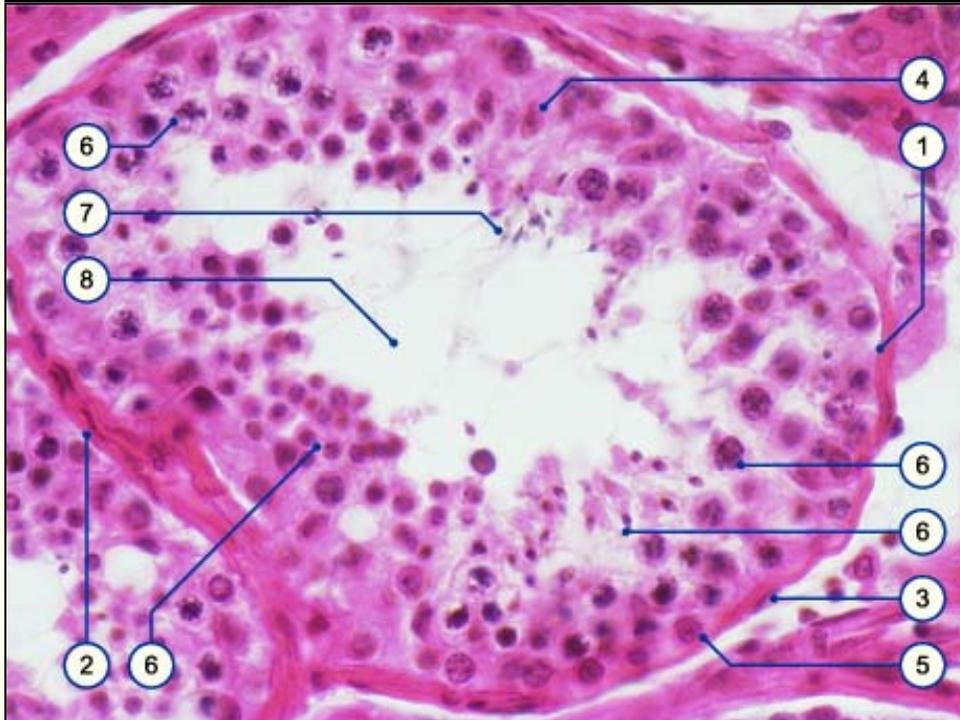
AIDE

HAUT ▲

Commentaire

Un milieu particulier est requis pour une production optimale de spermatozoïdes. La descente testiculaire dans le scrotum réduit la température dans les testicules de 2-3° C par rapport à celle du reste du corps. En outre, la pression environnante doit être un peu plus élevée. C'est la raison pour laquelle le parenchyme testiculaire sourd à l'extérieur lors de l'incision de la tunique albuginée. Une pression accrue et une température abaissée sont toutes deux manifestement nécessaires à la formation des spermatozoïdes.

Fig. 10 - Tube séminifère contourné



- 1 Membrane basale (non visible)
- 2 Fibromyoblaste
- 3 Fibrocyte
- 4 Cellule de Sertoli
- 5 Spermatogonie A
- 6 Différents stades des cellules germinales pendant la spermatogenèse
- 7 Spermatozoïde
- 8 Lumière

Légende

Fig. 10

Préparation histologique d'une section à travers un tube séminifère contourné chez un adulte. Le tube séminifère est entouré à l'extérieur de sa membrane basale par une couche de fibromyoblastes et de fibrocytes. L'épithélium germinal est apposé à la paroi interne du tube. Sur la membrane basale reposent les spermatogonies aisément reconnaissables. Les noyaux des cellules de Sertoli sont plus rares. On les reconnaît grâce à leur noyau entaillé, pauvre en chromatine avec un nucléole net. L'aspect général montre une prédominance des cellules de la spermatogenèse.

La maturation des cellules germinales débute avec les **spermatogonies** situées en périphérie des tubes séminifères sous la membrane basale et progresse en direction de la lumière en passant par les **spermatocytes I** (spermatocytes primaires) et les **spermatocytes II** (spermatocytes secondaires) et les **spermatides** jusqu'aux **spermatozoïdes matures**.



3.3 Spermatogenèse

- [Introduction](#)
- **Structure de l'épithélium germinale**
- [Stades du développement de la spermatogenèse](#)
- [Déroulement temporel de la spermatogenèse](#)
- [La spermatocytogenèse](#)
- [Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse](#)
- [Spermio\(histo\)genèse et structure des spermatozoïdes](#)
- [Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale](#)

Structure de l'épithélium germinale

L'épithélium est constitué par les **cellules de soutien de Sertoli** et par les cellules germinales. Les cellules de Sertoli forment une couche unistratifiée qui s'étend de la membrane basale à la lumière des tubes. Elles entourent les différents types de cellules germinales plus ou moins complètement avec leurs prolongements cellulaires. La spermatogenèse s'effectue ainsi au contact étroit des cellules de Sertoli qui n'ont pas seulement une fonction de soutien et de nutrition, mais aussi une activité sécrétrice et phagocytaire. Elles sont reliées les unes aux autres un peu au-dessus de la membrane basale par des **jonctions serrées (tight junction)**, il en résulte 2 zones dans l'épithélium: une **zone basale** dans laquelle sont alignées les **spermatogonies** et une **zone adluminaire** où se développent les cellules de tous les autres stades de la spermatogenèse.

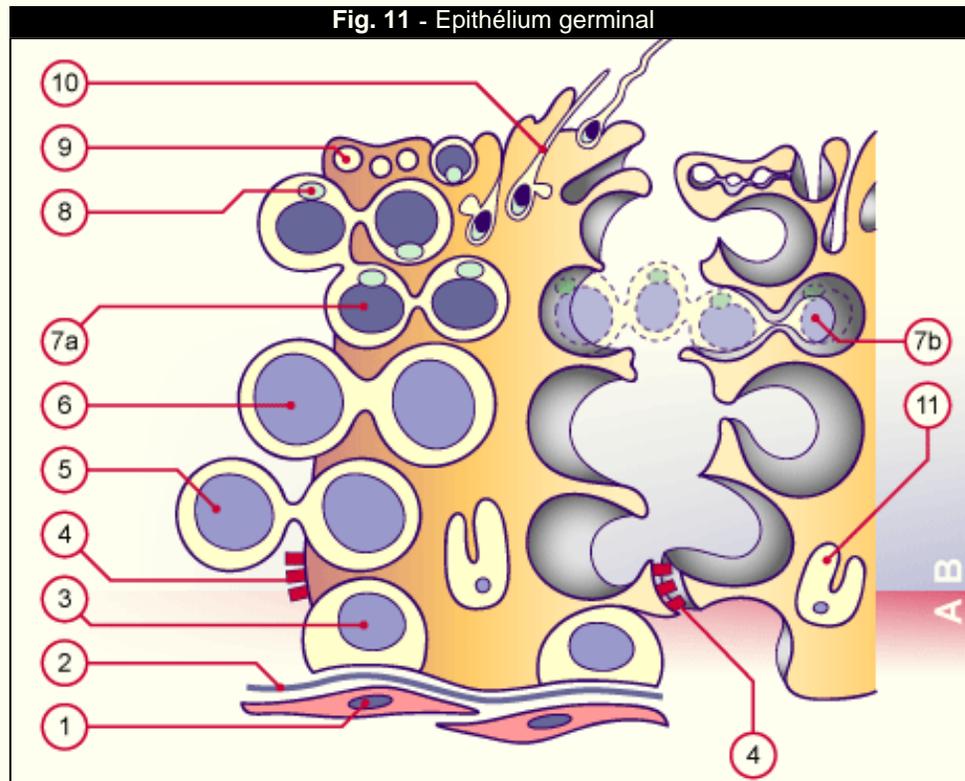
Quiz

[Quiz 08](#)

Quiz

[Quiz 11](#)

Fig. 11 - Epithélium germinale



Légende

Fig. 11
Structure schématique de l'épithélium germinale: deux cellules de Sertoli reposent sur la membrane basale. Après les spermatogonies, en direction de la lumière, les cellules de Sertoli sont reliées les unes aux autres par des jonctions serrées (tight junction). Ces jonctions constituent la barrière hémato-testiculaire. Le cytoplasme des cellules de Sertoli forme des prolongements complexes parce qu'elles doivent entourer l'ensemble des cellules de la spermatogenèse.

- 1 Cellule péricubulaire
 - 2 Membrane basale
 - 3 Spermatogonie
 - 4 Tight junction (Jonction serrée)
 - 5 Spermatocyte I
 - 6 Spermatocyte II
 - 7a Spermatide
 - 7b Spermatide
 - 8 Acrosome
 - 9 Corps résiduel
 - 10 Spermatozoïde
 - 11 Noyau de la cellule de soutien de Sertoli
- A** Zone basale
B Zone adluminale
-

Commentaire

Les **jonctions serrées (tight junction)** des cellules de Sertoli permettent d'établir une "**barrière hémato-testiculaire**" dans le tube séminifère. Cela signifie qu'à l'extérieur de cette barrière, dans la zone basale, les éléments et les hormones du sang ont un accès libre. La barrière est perméable sélectivement et contrôle l'accès des substances dans la zone adluminale du tube. Ceci a son importance parce que les **cellules haploïdes présentent des caractéristiques antigéniques** et doivent de ce fait être séparées du reste de l'organisme par la "barrière hémato-testiculaire".

Pour en savoir plus

Pour en savoir plus sur les **fonctions** que les cellules de Sertoli remplissent dans l'épithélium germinale.

[Page précédente](#) | [Page suivante](#)



3.3 Spermatogenèse

- [Introduction](#)
- [Structure de l'épithélium germinale](#)
- **[Stades du développement de la spermatogenèse](#)**
- **[Déroulement temporel de la spermatogenèse](#)**
- **[La spermatocytogenèse](#)**
- [Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse](#)
- [Spermio\(histo\)genèse et structure des spermatozoïdes](#)
- [Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale](#)

Stades du développement de la spermatogenèse

Au cours de la spermatogenèse, les **cellules germinales en voie de différenciation** se déplacent entre les cellules de Sertoli adjacentes en direction de la lumière. Elles passent par les stades suivants du développement:

- A-Spermatogonie A
- Spermatogonie B
- Spermatoocyte primaire (= spermatoocyte de 1er ordre)
- Spermatoocyte secondaire (= spermatoocyte de 2e ordre)
- Spermatoide
- Spermatozoïde

La spermatogenèse peut être répartie en **deux étapes successives**:

- la première étape comprend les cellules allant de la spermatogonie au spermatoocyte secondaire inclus: elle est appelée **spermatocytogenèse**.
- la seconde étape comprend la **différenciation/maturation** des spermatozoïdes à partir du spermatoide: elle est appelée **spermiogenèse** respectivement **spermiohistogenèse**.

Déroulement temporel de la spermatogenèse

Quiz

[Quiz 12](#)

Quiz

[Quiz 13](#)

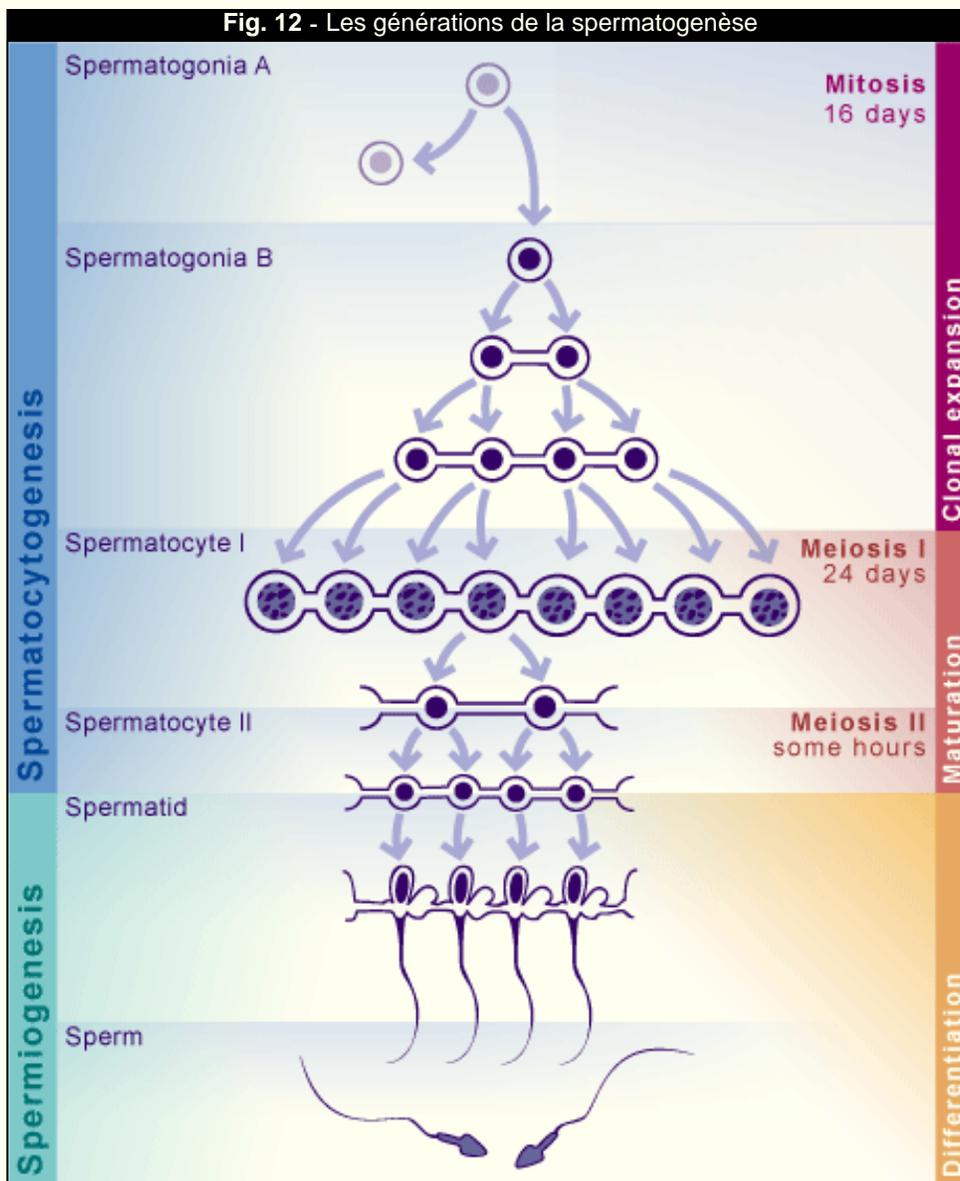
Quiz

[Quiz 14](#)

HAUT ▲

Le cycle de la spermatogenèse qui dure environ **64 jours** peut être réparti en quatre phases de durée inégale:

Mitose des spermatogonies	16j	jusqu'au spermatocytes primaires
Méiose I	24j	pour la division des spermatocytes primaires en spermatocytes secondaires
Méiose II	Quelques heures	pour la formation des spermatides
Spermiogenèse	24j	jusqu'au spermatozoïde mature
Total	~64j	



Légende

Fig. 12

C'est sur la membrane basale des tubes séminifères contournés que se trouve la population des cellules souches des cellules germinales. Ce sont les spermatogonies de type A. Elles se divisent par mitose: une des cellules filles renouvelle le stock des spermatogonies de type A, l'autre devient une spermatogonie du type B. Elles se divisent et leurs cellules filles migrent en direction de la lumière. Durant leur migration qui dure environ 64 jours jusqu'à la surface de l'épithélium, elles se différencient en spermatozoïdes. (Lors des divisions cellulaires susmentionnées, la division du cytoplasme n'est pas complète. Les cellules filles restent attachées par des ponts cytoplasmiques. Dans la dernière génération, des spermatides notamment, beaucoup plus de cellules sont attachées les unes aux autres que celles représentées ici).

La spermatocytogenèse

Dans la couche basale de l'épithélium germinale, on distingue plusieurs types de **spermatogonies** (au total plus de 1 milliard dans les deux testicules): certaines cellules de **type A** sont considérées comme des cellules souches, elles se divisent et forment leurs homonymes (**division homonyme**) permettant ainsi à la population des cellules souches de rester constante.

Le début de la spermatogenèse commence par une division **hétéronyme**, suite à laquelle les deux cellules filles (**deuxième groupe des cellules de types A**) restent liées les unes aux autres par un **mince pont cytoplasmique**. C'est à travers ce processus qu'une spermatogonie est engagée dans le processus de la spermatogenèse.

Après une division mitotique supplémentaire sont formées les **spermatogonies de type B** qui se divisent également par mitose pour donner les spermatoocytes primaires (I).

Les **spermatoocytes primaires (I)** nouvellement formés subissent alors une première division méiotique. Ils entament immédiatement la phase S (phase **préléptotène** de la méiose), dédoublent leur contenu en ADN, quittent la zone basale et atteignent le milieu spécial de la zone adluminale en rompant transitoirement les complexes jonctionnels (tight junction) des cellules de Sertoli. Après la phase S, ces cellules entament les stades complexes de la **prophase méiotique** et sont **nettement visibles au microscope optique**.

Cette prophase qui dure **24 jours** peut être répartie en 5 stades:

- **léptotène**
- **zygotène**
- **pachytène**
- **diploène**
- **diacène**

Lors de la prophase chaque cellule germinale subit une recombinaison du matériel génétique hérité du père et de la mère. A cette longue prophase font suite rapidement une métaphase, une anaphase et une télophase. Chaque spermatoocyte primaire donne deux spermatoocytes secondaires.

Les spermatoocytes secondaires (II) abordent directement la deuxième division méiotique dont sont issus les spermatoïdes. Comme il n'y a ni duplication de l'ADN, ni recombinaison du matériel héréditaire, la deuxième division méiotique progresse rapidement. Elle ne dure qu'environ 5 heures, il est donc rare de trouver des spermatoocytes secondaires sur les coupes histologiques. La division des chromatides d'un spermatoocyte secondaire donne naissance à deux spermatoïdes haploïdes qui ne possèdent plus que la moitié du contenu en ADN.

Les spermatoïdes sont avec les spermatozoïdes les plus petites cellules de l'épithélium germinale. Ils sont activement transformés en spermatozoïdes au cours d'un processus de plusieurs semaines (nommé spermiogenèse ou spermioténogenèse) dans les cellules de Sertoli.

Commentaire

Lors de la division hétéronyme des ponts cytoplasmiques subsistent entre les cellules filles. Il en est de même lors des méioses subséquentes, les dérivés d'une cellule souche forment donc un **syncytium de cellules filles**, qui doublent à chaque génération. La formation du syncytium assure que l'ensemble des **processus se déroule de façon synchrone dans chaque génération**.

Commentaire

[Sur la Méiose](#)



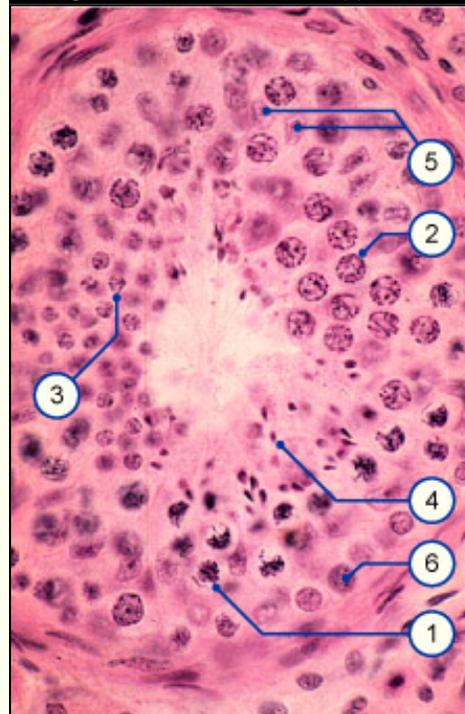
3.3 Spermatogenèse

- Introduction
- Structure de l'épithélium germinale
- Stades du développement de la spermatogenèse
- Déroulement temporel de la spermatogenèse
- La spermatocytogenèse
- **Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse**
- Spermio(histo)genèse et structure des spermatozoïdes
- Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale

Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse

Lors de l'observation d'une section d'un tube séminifère contourné, on remarque que les cellules d'un même stade apparaissent en groupes (clones). Toutefois tous les stades de la spermatogenèse ne sont pas représentés sur une section d'un tube séminifère.

Fig. 13 - Stades du développement



- 1 stade léptotène/zygotène spermatocytes type I
- 2 stade pachytène spermatocytes type I
- 3 spermatides jeunes
- 4 spermatides plus âgées (têtes des spermatozoïdes visibles)
- 5 cellules de soutien de Sertoli spermatogonie
- 6

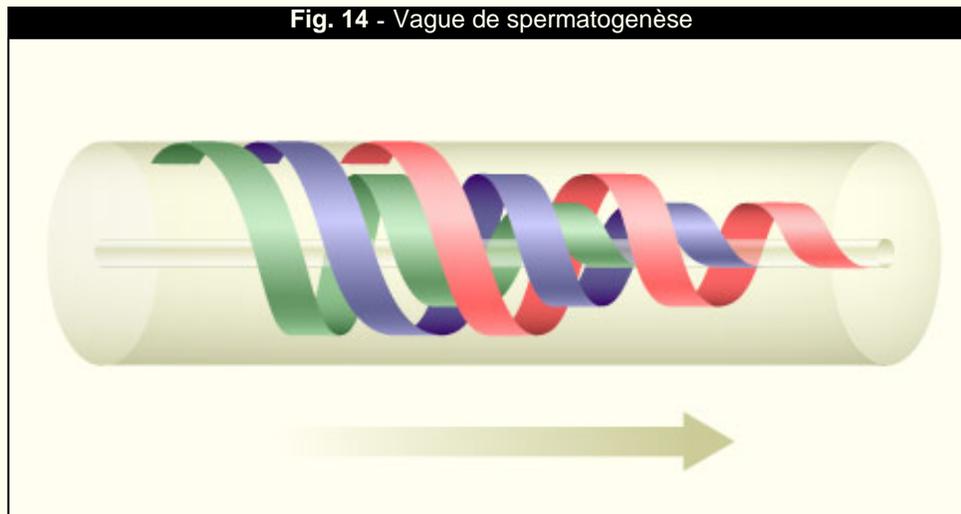
Légende

Fig. 13
Différents stades de développement dans une section d'un tube séminifère contourné en microscopie optique.

HAUT ▲

Cette apparence est liée au fait qu'à chaque division cellulaire d'une spermatogonie B, les cellules filles restent **reliées par des ponts cytoplasmiques** alors que leur nombre à la génération suivante sera doublé. Les dérivés d'une spermatogonie B forment ainsi à terme un grand syncytium avec des groupes cellulaires **au même stade de développement**.

En outre, plusieurs générations de spermatogenèse sont enroulées en spirale les unes sur les autres. Raison pour laquelle on rencontre sur une section de tube séminifère des groupes de différentes générations. Malgré cela, il n'est presque pas possible de trouver tous les stades du développement réunis sur une section.



Légende

Fig. 14
Cette figure montre trois vagues de générations de spermatogenèse.

Conformément à l'illustration, les cellules se dirigent en spirale, à la manière d'un tire-bouchon, vers l'intérieur de la lumière. En périphérie du tubule et au début de la spirale, se trouvent les spermatogonies, à la fin de la spirale, les spermatozoïdes, libérés dans la lumière tubulaire. Cette illustration permet de comprendre pourquoi on rencontre toujours plusieurs générations sur une section de tube. Au cours du temps, la vague de spermatogenèse se déplace vers la droite pour recommencer continuellement.

[Page précédente](#) | [Page suivante](#)



3.3 Spermatogenèse

- [Introduction](#)
- [Structure de l'épithélium germinale](#)
- [Stades du développement de la spermatogenèse](#)
- [Déroulement temporel de la spermatogenèse](#)
- [La spermatocytogenèse](#)
- [Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse](#)
- **Spermio(histo)genèse et structure des spermatozoïdes**
- [Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale](#)

Spermio(histo)genèse et structure des spermatozoïdes

La différenciation des spermatides en spermatozoïdes est appelée **spermiogenèse** (env. 23 jours). Elle correspond à la dernière partie de la spermatogenèse et comprend les étapes successives suivantes qui peuvent se dérouler de manière synchrone:

- **Condensation du noyau:** compaction et réduction du noyau, condensation du contenu du noyau à un volume minimal.
- **Formation de l'acrosome:** formation d'un capuchon céphalique (acrosome) contenant des enzymes qui jouent un rôle important dans la pénétration de la zone pellucide de l'ovocyte.
- **Formation du flagelle:** formation de la queue du spermatozoïde
- **Réduction cytoplasmique:** rejet de tous composants cellulaires inutiles du cytoplasme.

Les spermatides sont les plus petites cellules de l'épithélium germinale. Ils se trouvent à proximité de la lumière du tube séminifère.

Fig. 15 - Spermiogenèse

Quiz

[Quiz 15](#)

Quiz

[Quiz 16](#)

Quiz

[Quiz 17](#)

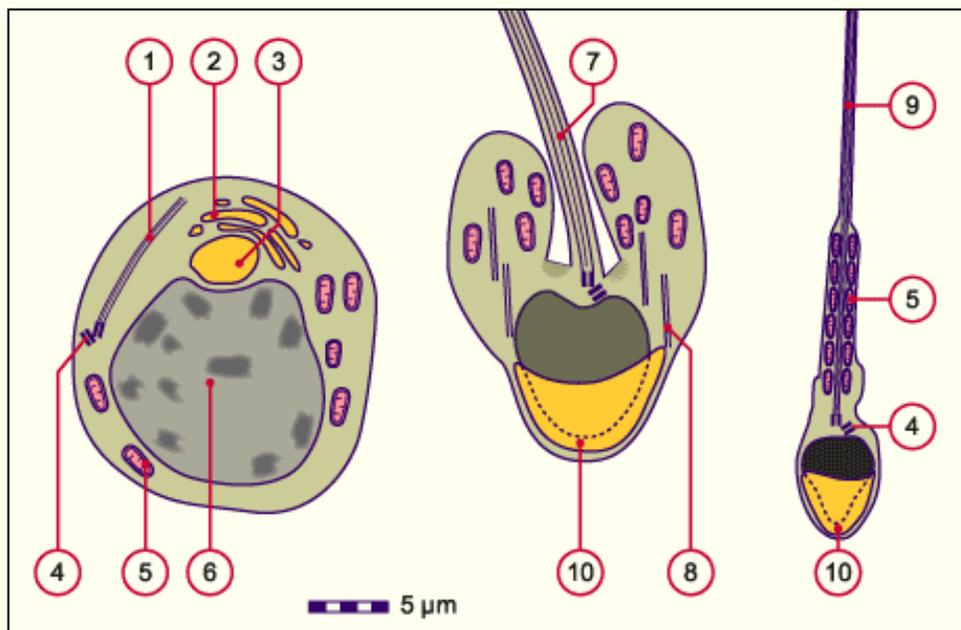
Quiz

[Quiz 18](#)

Légende

Fig. 15

Trois différents stades de la spermiogenèse: à gauche, une spermatide jeune, à droite un spermatozoïde immature, au milieu, un stade intermédiaire. Suite à une rotation du noyau, la vésicule acrosomiale change de position. Cette dernière se glisse comme un capuchon sur le noyau de plus en plus condensé (ligne pointillée). Les composants cellulaires inutiles du cytoplasme sont ligaturés (puis



- 1 Structure axonémale, ébauche initiale du flagelle
- 2 Appareil de Golgi
- 3 Vésicule acrosomiale
- 4 Paire de centrioles (distal et proximal)
- 5 Mitochondrie
- 6 Noyau
- 7 Ebauche initiale du flagelle
- 8 Microtubules
- 9 Queue du spermatozoïde
- 10 Capuchon céphalique acrosomial

éliminés sous la forme d'un corps résiduel) et les mitochondries sont concentrées en manchon autour de la portion initiale du flagelle. Signe de son immaturité, le spermatozoïde libéré dans la lumière possède encore un peu de cytoplasme au niveau du col (Comp. avec fig. 16 ci-dessous)

Condensation du noyau

Le noyau devient de plus en plus petit, se condense et adopte sa forme typiquement aplatie. Vu d'en haut le noyau est ovale, de profil il est piriforme. Il est coiffé à sa partie antérieure par l'acrosome. Le noyau et l'acrosome forment la tête du spermatozoïde qui est relié à la queue par le col.

Formation de l'acrosome

La spermatide encore au contact de la cellule de Sertoli change de polarité. L'appareil de Golgi se déplace du côté du noyau de la spermatide proche de la cellule de Sertoli, alors que les centrioles migrent en direction opposée, c'est-à-dire vers la lumière du tube séminifère.

A l'intérieur de l'appareil de Golgi se forment des granules qui confluent pour former une grande structure qui se plaque sur le noyau, recouvrant ce dernier comme un capuchon sur sa plus grande partie. Cet acrosome correspond fonctionnellement à un lysosome et contient de ce fait des enzymes lysosomiales (entre autre, des hyaluronidases).

Formation du flagelle

Il se développe à partir des deux centrioles, petites structures de forme cylindrique perpendiculaires l'une à l'autre, qui se trouvent d'abord à proximité de l'appareil de Golgi. La future structure axonémale croît à partir de l'un des centrioles (distal). Celle-ci est constituée de 9 doublets de microtubules périphériques et d'une paire de microtubules centrale. Suite à la rotation susmentionnée du noyau et de la vésicule acrosomiale, l'ébauche initiale du flagelle se situe au cours du développement au pôle opposé à l'acrosome.

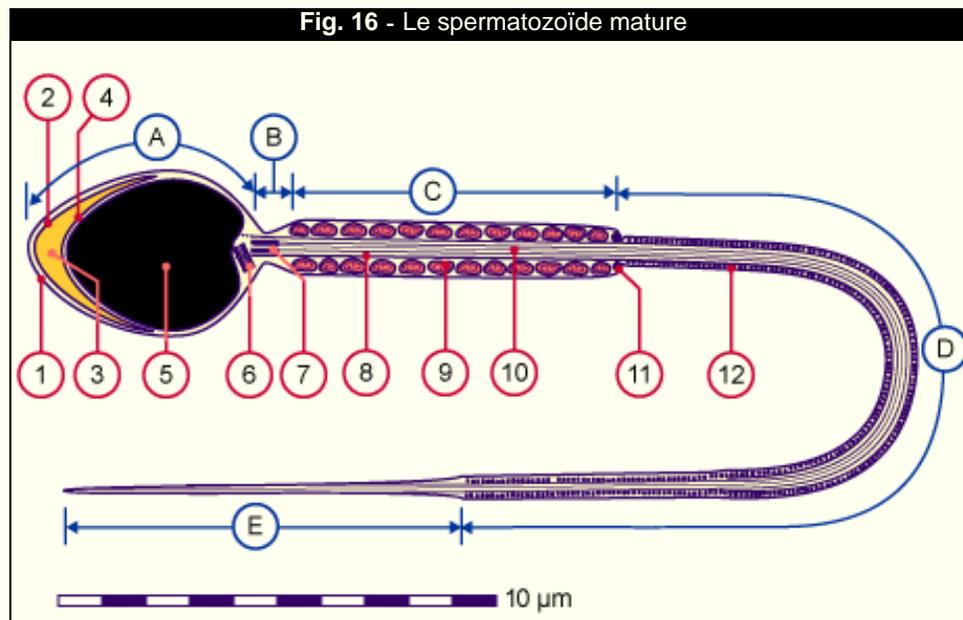
Le flagelle à terme comporte quatre parties:

- Le **col** qui contient entre autres les deux centrioles (proximal et distal).
- La **pièce intermédiaire** est constituée d'une gaine de mitochondries regroupées en forme d'anneau autour de l'axonème, produisant l'énergie pour les mouvements du flagelle.
- La **pièce principale** comporte une gaine de fibres denses externes autour de

l'axonème.

- La **pièce terminale** ne contient plus que les microtubules (9+2) de l'axonème.

Le spermatozoïde mature mesure environ 60 µm de long et est totalement enveloppé par la membrane plasmique.



- 1 Membrane plasmique
- 2 Membrane acrosomiale externe
- 3 Acrosome
- 4 Membrane acrosomiale interne
- 5 Noyau
- 6 Centriole proximal
- 7 Restes du centriole distal
- 8 Faisceaux longitudinaux extérieurs denses
- 9 Mitochondrie
- 10 Axonème
- 11 Annulus
- 12 fibres denses externes

- A Tête
 B Collet
 C Pièce intermédiaire
 D Pièce principale
 E Pièce terminale

Réduction cytoplasmique

Le cytoplasme inutile des spermatides est éliminé pour constituer un corps résiduel et phagocyté par les cellules de Sertoli ou expulsé dans la lumière du tube. Il arrive qu'un résidu cytoplasmique reste accroché au col ou à la pièce intermédiaire de manière transitoire.

La spermatogenèse est soumise à des **variations individuelles** considérables, influencées en partie des facteurs psychiques. Environ 100 millions de spermatozoïdes sont produits par jour. En moyenne 50-200 millions de spermatozoïdes sont libérés par éjaculation (norme OMS > 40 millions).

Légende

Fig. 16

Le spermatozoïde mature est filiforme; les mitochondries dans la partie intermédiaire constituent une gaine autour fibres denses externes. L'ADN dans le noyau est compacté.

Pour en savoir plus

[sur cette illustration](#)



3.3 Spermatogenèse

- Introduction
- Structure de l'épithélium germinale
- Stades du développement de la spermatogenèse
- Déroulement temporel de la spermatogenèse
- La spermatocytogenèse
- Déroulement local de la spermatogenèse - la vague de spermatogenèse
- Spermio(histo)genèse et structure des spermatozoïdes
- Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale

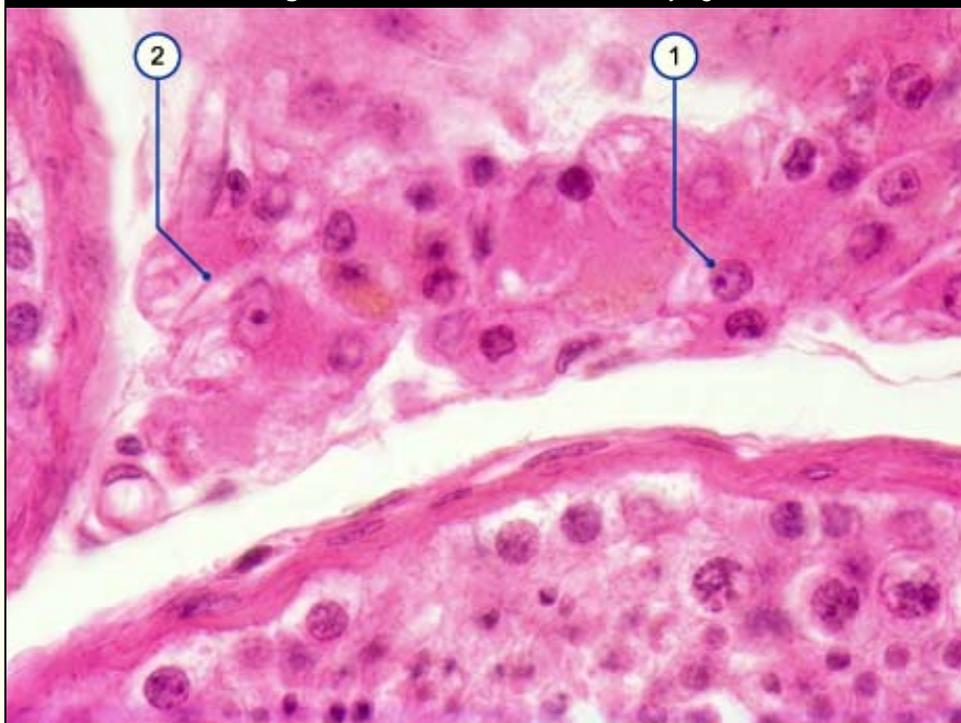
Cellules interstitielles de Leydig et régulation hormonale

Quiz

Quiz 19

Les cellules interstitielles de Leydig se situent dans le tissu conjonctif lâche des espaces intertubulaires. Ce sont des cellules endocrines qui sécrètent surtout l'hormone sexuelle mâle, la **testostérone**, qui diffuse dans le sang ainsi que dans le voisinage immédiat. Cette hormone est responsable (avec les hormones corticosurrénales) du déclenchement de la puberté, et partant, de la maturation des spermatozoïdes. Les cellules interstitielles de Leydig acquièrent durant la puberté et sous l'influence de la **LH** hypophysaire (hormone lutéinisante) une « seconde jeunesse ». (« La première jeunesse » des cellules interstitielles de Leydig se situant au moment du développement embryonnaire des testicules.)

Fig. 17 - Cellules interstitielles de Leydig



- 1 Cellules interstitielles de Leydig
- 2 Cristaux de Reinke

Légende

Fig. 17

La caractéristique des cellules interstitielles de Leydig est qu'elles contiennent de grands cristaux protéiques (cristaux de Reinke), dont la signification est inconnue. Les cristaux sont incolores et ressortent en tant que structures claires sur le fond rouge du cytoplasme des cellules interstitielles de Leydig.

HAUT ▲

Commentaire

La **production de testostérone** est commandée par la **LH** hypophysaire (hormone lutéinisante). Il existe un mécanisme de rétrocontrôle négatif incluant l'hypothalamus. Des cycles marqués de la production hormonale comme chez la femme n'existent pas.

Le **FSH** hypophysaire agit sur les **cellules de Sertoli** en provoquant la synthèse dans ces dernières d'une protéine liant la testostérone (ABP = androgen binding protein).

De cette façon, la testostérone peut être transportée par les cellules de Sertoli dans la zone luminale et y être concentrée. La testostérone est essentielle pour la spermatogenèse.

La testostérone est aussi transportée par le sang et la lymphe. Elle agit apparemment sur tous les tissus, en particulier sur le cerveau (!) et sur les organes génitaux eux-mêmes.

[Début du chapitre](#) | [Page précédente](#) | **[Chapitre suivant](#)**



3.4 Ovogenèse

- **Remarque**
- **Développement des cellules germinales dans l'ovaire**
- **Structure de l'ovaire**
- **Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires**
 - [Follicules primordiaux](#)
 - [Follicules primaires](#)
 - [Follicules secondaires](#)
 - [Follicules tertiaires](#)
 - [Follicule de Graaf](#)
- **Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules**
 - [L'atrésie - le sort habituel d'un follicule](#)
- **Le cycle ovarien**
 - [Le cycle hormonal](#)

Remarque

L'évolution des différents stades folliculaires est indissociable de l'ovogenèse. Toutefois, comme le follicule tertiaire mûr avec son ovocyte effectue les dernières étapes de sa maturation juste avant l'ovulation, et le cas échéant juste avant la fécondation, les événements complexes accompagnant cette maturation seront traités dans le [module fécondation](#).

Développement des cellules germinales dans l'ovaire

Après leur migration dans les crêtes génitales les **cellules germinales (PGC)** prolifèrent, sont entourées l'épithélium coelomique et forment des [cordons sexuels](#), qui conservent leur contact avec l'épithélium coelomique. On distingue maintenant une zone corticale (cortex ovarien) et une zone médullaire (médullaire ovarienne) il faut souligner que dans le sexe féminin les cordons sexuels n'atteignent probablement jamais la zone médullaire. Les événements suivants se déroulent alors dans la crête génitale:

- Une **poussée proliférative** (15e semaine au 7e mois) a lieu. A partir des cellules germinales primordiales, des **clones cellulaires d'ovogonies** (amas d'ovogonies) reliés par des **ponts cytoplasmiques** sont formés par mitoses successives rapides dans la zone corticale de l'ovaire. Les ponts cytoplasmiques sont apparemment indispensables pour une entrée en méiose subséquente synchronisée

HAUT ▲

- Avec l'entrée en méiose (entrée en prophase au plus tôt durant la 12^e semaine) la dénomination des cellules germinales change: les ovogonies deviennent les **ovocytes primaires**. Les ovocytes primaires sont bloqués au stade diplotène de la prophase I (prophase de la **première** division méiotique). Juste avant la naissance, tous les ovocytes du fœtus ont atteint le stade diplotène.
La phase de repos de la méiose qui suit est nommée **dictyotène** et persiste jusqu'à la **puberté**, date à partir de laquelle quelques **ovocytes primaires** (5 à 15) achèvent à chaque cycle leur première division méiotique. Cependant seuls quelques rares ovocytes (le plus souvent un seul) atteindront la **deuxième division méiotique** avec l'ovulation consécutive (ovocytes secondaires et 1^e globule polaire). Les autres ovocytes ayant commencé leur maturation cyclique dégénèrent.
- Pendant que les ovogonies se différencient en ovocytes primaires, elles subissent une restructuration. Au moment de leur blocage en prophase I, les ovocytes I sont isolés et entourés chacun d'une couche unistratifiée de **cellules épithéliales folliculaires aplaties** (provenant de l'épithélium coelomique), formant ainsi **follicule primordial** (ovocyte I + épithélium folliculaire = follicule primordial)

Pour en savoir plus

Stades de la prophase de la première division méiotique de l'ovule

Dès la naissance, il y a donc deux structures différentes qu'il s'agit de bien différencier et qui ne se **développent pas forcément de manière synchrone**:

- la **cellule germinale femelle** qui a atteint le stade de l'ovocyte primaire au moment de la naissance, mais qui ne peut continuer son développement qu'après la puberté (lors de l'instauration d'un cycle hormonal et ovarien).
- le **follicule** (épithélium folliculaire + ovocyte) qui se développe à partir du follicule primordial en passant par plusieurs stades folliculaires. (Une évolution limitée peut déjà avoir lieu pour certains follicules avant la naissance).

Chronologie du **développement** de la cellule germinale femelle est le suivant:

- **Cellule germinale primordiale - ovogonie - ovocyte primaire - ovocyte primaire en dictyotène**

Naissance

La **poursuite du développement / de la maturation** de l'ovocyte ne reprendra que quelques jours avant l'ovulation (voir module fécondation).

La chronologie du **développement** d'un follicule passe par plusieurs **stades folliculaires**:

Follicule primordial - follicule primaire - follicule secondaire - follicule tertiaire

Comme le follicule peut involuer (= **atrésie**) à tout moment durant le développement, tous n'atteignent pas le stade de follicule tertiaire.

Structure de l'ovaire

L'ovaire peut être divisé en une **zone corticale** (cortex ovarien) et une **zone médullaire** (médullaire ovarienne). Dans le tissu conjonctif lâche de la médullaire

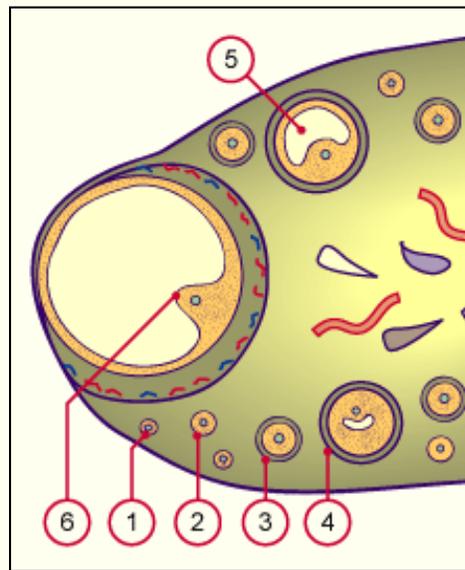
Fig. 18 - Structure de l'ovaire

Légende

ovarienne se trouvent des vaisseaux sanguins et lymphatiques, alors que les ovocytes se trouvent dans la **zone corticale à différents stades folliculaires**.

La croissance du follicule primordial, associée à sa transformation structurelle, commence sous l'influence d'hormones sexuelles. A partir du follicule primordial se développe le follicule primaire, secondaire, puis tertiaire. Toutefois, seul un **faible pourcentage** des follicules primordiaux atteint le stade de follicule tertiaire. La majorité de follicules "s'atrophient" à divers stades avant la fin de la maturation. Les grands follicules laissent une cicatrice dans la zone corticale, les petits disparaissent sans laisser de traces.

Les follicules tertiaires sont les plus grands. Ils peuvent atteindre peu avant l'ovulation, suite à une poussée de croissance particulière, une taille de 25 mm et sont alors appelés **follicules de Graaf**.



- 1 Follicule primordial
- 2 Follicule primaire
- 3 Follicule secondaire
- 4 Follicule tertiaire
- 5 Cavité folliculaire
- 6 Disque prolifère

Fig. 18
Des follicules à différents stades sont représentés dans la zone corticale de l'ovaire. Il s'agit d'une illustration schématique qui représente les proportions peu avant l'ovulation. En réalité, les follicules primordiaux sont les plus nombreux.

[Plus d'information sur cette illustration](#)

[Liste des chapitres](#) | [Page suivante](#)



3.4 Ovogenèse

- Remarque
- Développement des cellules germinales dans l'ovaire
- Structure de l'ovaire
- **Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires**
 - **Follicules primordiaux**
 - **Follicules primaires**
 - **Follicules secondaires**
 - **Follicules tertiaires**
 - **Follicule de Graaf**
- Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules
 - L'atrésie - le sort habituel d'un follicule
- Le cycle ovarien
 - Le cycle hormonal

Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires

Follicules primordiaux

Au moment de la **naissance**, tous les ovocytes primaires sont entourés par une **mince couche unistratifiée** de cellules épithéliales folliculaires aplaties. Celles-ci sont séparées du reste du stroma ovarien par une mince **membrane basale**. Les cellules épithéliales folliculaires dérivent de l'épithélium coelomique. Les follicules primordiaux représentent en permanence la **majorité des follicules** dans l'ovaire.

Sous l'influence des hormones sexuelles, **certains d'entre eux** peuvent **évoluer** dans les 50 ans qui suivent en un ou plusieurs des stades énumérés ci-dessous. Bien que cette évolution puisse déjà avoir lieu dans une certaine mesure entre naissance à la puberté, elle est remarquable surtout après la maturité sexuelle, lorsque s'instaure un cycle hormonal régulier. La dernière phase de maturation du follicule tertiaire en un follicule préovulatoire reste réservée à la période de cycles réguliers.

Follicules primaires

Lors du passage du follicule primordial au follicule primaire, l'épithélium folliculaire qui entoure l'ovocyte devient **cubique** ou **prismatique**.

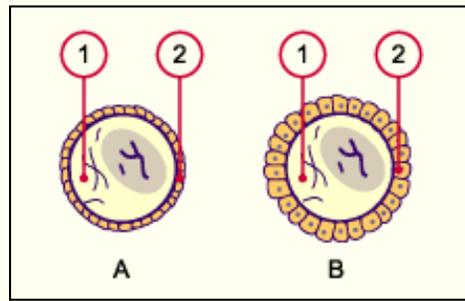
Fig. 19 - Follicule primaire

Quiz

Quiz 06

Légende

HAUT ▲



A Follicule primordial
B Follicule primaire
1 Ovocyte/ovule
2 Épithélium folliculaire

Fig. 19
 Schéma du développement du follicule primordial en follicule primaire.

Follicules secondaires

Lorsque les follicules primaires persistent, ils se transforment en follicules secondaires au moment où l'épithélium folliculaire devient **pluristratifié**. Ce dernier va alors former la **couche granuleuse**. En outre, une couche de glycoprotéines, la **zone pellucide**, apparaît à ce stade entre l'ovocyte et l'épithélium du follicule secondaire. Des prolongements cytoplasmiques issus des cellules adjacentes de la couche granuleuse traversent la **zone pellucide** pour assurer l'approvisionnement de l'ovocyte. Au-delà de la membrane basale, le stroma ovarien se transforme en **thèque du follicule**.

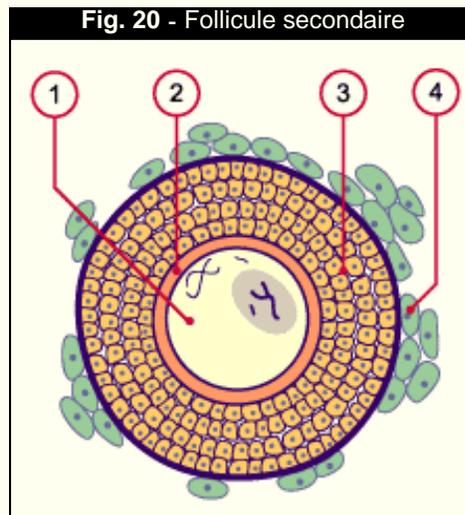


Fig. 20 - Follicule secondaire
1 Ovocyte/ovule
2 Zone pellucide
3 Couche granuleuse (granulosa)
4 Théque du follicule

Légende

Fig. 20
 Schéma d'un follicule secondaire: lors du passage du follicule primaire au follicule secondaire, se forme la couche granuleuse à partir des cellules épithéliales folliculaires. Autour du follicule secondaire, le stroma de l'ovaire devient la thèque du follicule.

Follicules primordiaux, primaires et secondaires dans une préparation histologique.

Follicules tertiaires

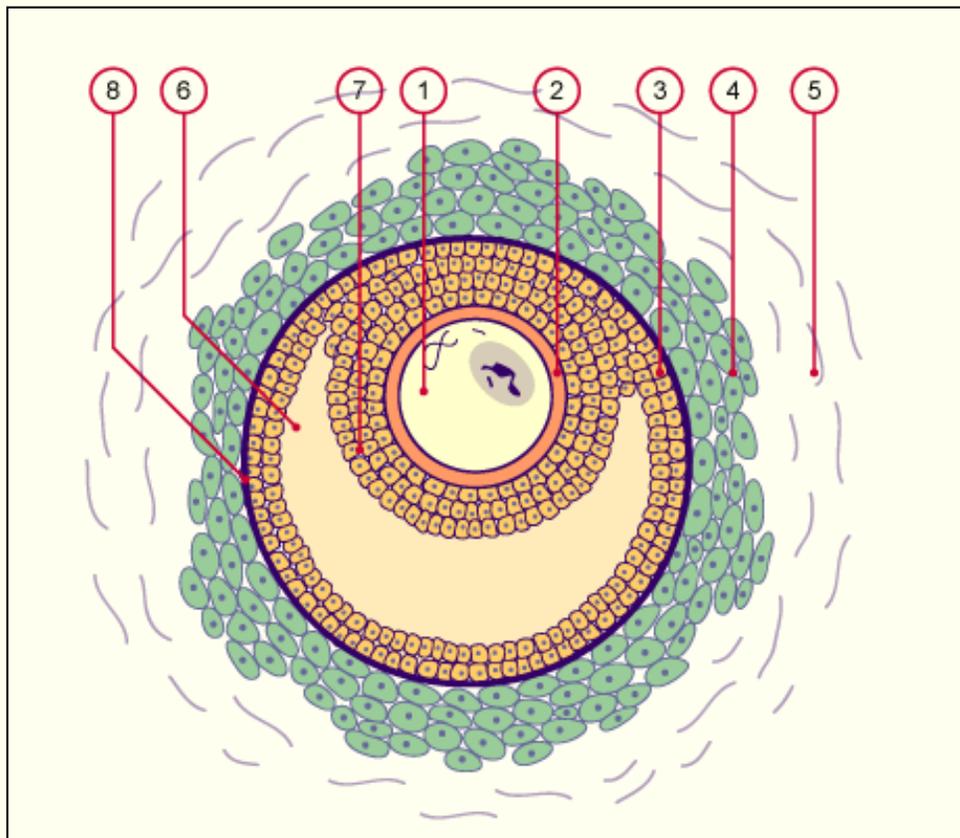
Lorsque les follicules secondaires persistent, ils se transforment en follicules tertiaires. Ils se caractérisent par l'apparition des petites lacunes remplies de liquide dont la confluence forme la **cavité folliculaire** (antrum) dans la granulosa. Autour de l'ovocyte, la granulosa fait saillie dans la l'antrum constituant le **cumulus oophorus** ou **disque prolifère**. L'ovocyte est devenu entre-temps si grand que son noyau a la taille d'un follicule primaire. Le tissu conjonctif autour du follicule s'est déjà différencié en une thèque interne bien vascularisée avec de grandes cellules riches en lipides (production hormonale) et en une thèque externe qui forme la transition avec le stroma de l'ovaire et qui contient les grands vaisseaux.

Fig. 21 - Follicule tertiaire

Quiz

Quiz 01

Légende



- 1 Ovocyte/ovule
- 2 Zone pellucide
- 3 Couche granuleuse (granulosa)
- 4 Thèque interne
- 5 Thèque externe
- 6 Cavité folliculaire
- 7 Cumulus oophorus (disque proligère)
- 8 Membrane basale entre thèque et couche granuleuse

Fig. 21
 Dans le follicule tertiaire, on peut répartir la thèque en une partie interne (production hormonale) et une partie externe (passage vers le stroma de l'ovaire).

Préparation histologique d'un follicule tertiaire.

Préparation histologique d'un cumulus oophorus.

Un réseau vasculaire bien développé dans la thèque interne est essentiel pour une croissance folliculaire efficace. Les mécanismes de contrôle responsables de la sélection d'un follicule spécifique et de sa maturation subséquente jusqu'au follicule de Graaf, sont à l'heure actuelle encore inconnus. On observe, avant l'ovulation, une poussée de croissance du follicule tertiaire.

Follicule de Graaf

Il correspond à un follicule tertiaire particulièrement grand dont on suppose qu'il arrivera jusqu'à l'ovulation.

[Page précédente](#) | [Page suivante](#)



3.4 Ovogenèse

- Remarque
- Développement des cellules germinales dans l'ovaire
- Structure de l'ovaire
- Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires
 - Follicules primordiaux
 - Follicules primaires
 - Follicules secondaires
 - Follicules tertiaires
 - Follicule de Graaf
- Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules
 - L'atrésie - le sort habituel d'un follicule
- Le cycle ovarien
 - Le cycle hormonal

Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules

Le nombre de cellules germinales dans l'organisme féminin est soumis à de grandes fluctuations durant la période foetale.

La raison en est que durant les phases mentionnées ci-dessous la prolifération et l'élimination des ovules se déroulent en parallèle ou de manière échelonnée.

Phase A:

Les cellules germinales migrent, prolifèrent et sont invaginées dans l'épithélium coelomique (formation des cordons sexuels (**cordons corticaux**) ; 6-8e semaine.

Phase B:

Poussée de croissance: formation de **clones d'ovogonies** avec subsistance de ponts cytoplasmique intercellulaires. 9-22e semaine.

Phase C:

Les ovogonies se différencient en **ovocytes primaires** qui débutent la prophase de la première division méiotique. 12-25e semaine.

Phase D:

Les ovocytes primaires sont bloqués en stade **dictyotène** de la prophase: formation des **follicules primordiaux**, 16-29e semaine.

Commentaire

Jusqu'à la 22e semaine de grossesse les cellules germinales primordiales, ainsi que leurs descendants, les ovogonies, se multiplient par mitose. Le nombre maximal (7 millions) de cellules germinales est déjà atteint à la 20e semaine en raison de l'élimination massive de cellules germinales à partir de la 14e semaine. Au moment de la naissance, il subsiste encore environ 2 millions de cellules germinales dans chaque ovaire. Les premiers ovocytes primaires entrent en prophase à la 12e semaine. Leur passage par les différents stades de développement jusqu'à leur blocage dure environ 4

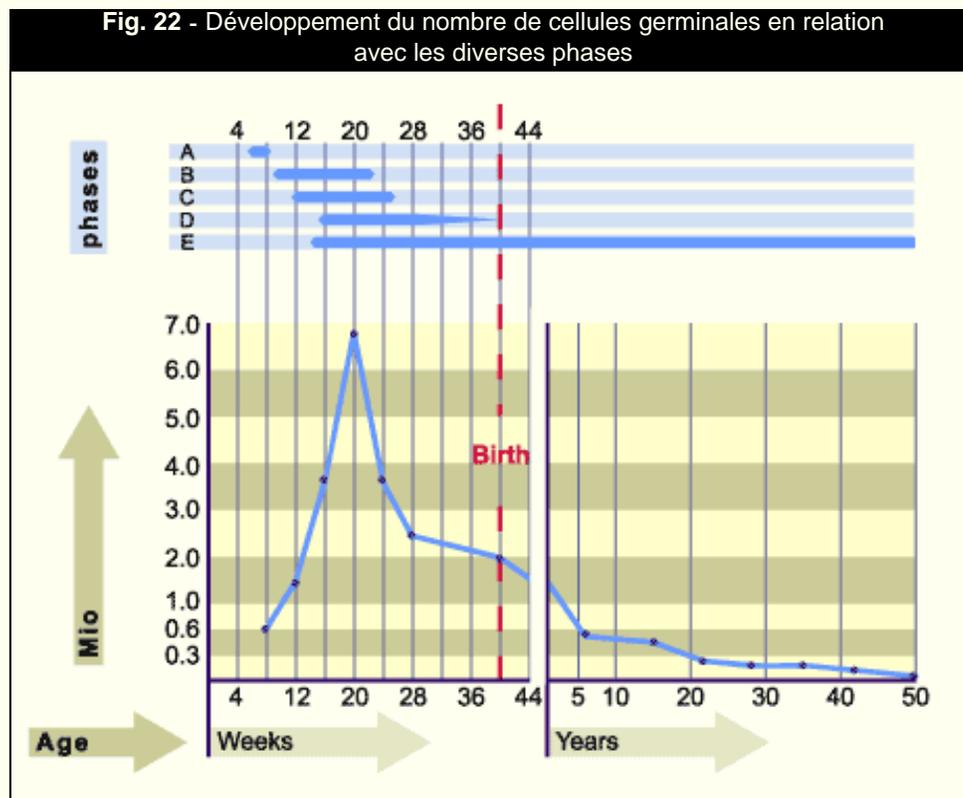
HAUT ▲

Phase E:

Involution à partir de la 14e semaine des cellules germinales qui ira en augmentant, ainsi qu'une **atrésie** dans tous les stades folliculaires.

semaines et est accompagné par une restructuration de l'enveloppe épithéliale (épithélium coelomique --> épithélium folliculaire). Ainsi les premiers follicules primordiaux avec un ovocyte primaire (bloqué au stade dictyotène) apparaissent environ quatre semaines plus tard, soit à la 16e semaine. On suppose aujourd'hui que la formation des follicules primordiaux est achevée au moment de la naissance.

La figure ci-dessous montre comment l'ensemble de ces processus influe sur le nombre des cellules germinales.



Légende

Fig. 22

Le graphique du haut montre les périodes durant lesquelles se déroulent les processus spécifiques aux cellules germinales.

Le graphique du bas montre l'évolution en fonction de l'âge, du nombre total d'ovogonies, respectivement d'ovocytes et de follicules dans un seul ovaire.

L'atrésie - le sort habituel d'un follicule

Le destin normal d'un follicule ou d'une cellule germinale femelle est l'**atrésie**. L'ovulation, en revanche, représente l'exception.

Le graphique montre que le nombre de cellules germinales diminue à partir de la 20^e semaine pour atteindre la valeur zéro à environ 50 ans. Bien que la diminution se déroule de façon continue, on remarque **trois phases** au cours de la vie d'une femme durant lesquelles elle se déroule de manière drastique. La diminution la plus marquée a lieu durant la 20^e semaine, soit encore durant la **période foetale**, après avoir atteint le nombre maximal de 7 millions de cellules germinales (par ovaire). Peu après la **naissance**, a lieu une autre période brève d'involution. La troisième période, la plus longue dans le temps et la moins spectaculaire, se déroule durant la **puberté**.

On désigne par **atrésie folliculaire** la diminution ou l'atrophie de follicules dans tout stade et à n'importe quel moment de la vie d'une femme. Comme nous venons de le voir, cette atrésie a cependant lieu de façon accrue à certains moments (foetal, postnatal, début de la ménarche).

Quelques explications pour les périodes d'atrésie accrue:

a) à la 14^e semaine:

Déjà durant la prophase de la méiose, surtout durant le **stade pachytène** (qui dure le plus longtemps, soit environ 3 semaines), les cellules sont particulièrement fragiles et meurent. Avec la formation des follicules primordiaux à la 16^e semaine commence en outre l'**atrésie folliculaire**, nouvelle raison pour la diminution du nombre de cellules germinales. Les deux processus cumulés réduisent le nombre des cellules germinales à un tiers (un peu plus que 2 millions par ovaire). schrumpfen.

b) postnatal:

Durant la période foetale, le placenta produit des hormones sexuelles. Il en résulte des taux plasmatiques d'oestrogène élevés chez la mère et le fœtus, responsable d'une maturation substantielle des follicules primordiaux en follicules tertiaires. Lorsque après la naissance, les **concentrations hormonales sexuelles baissent dans le sang foetal**, les follicules prématurés deviennent atrésiques. (On observe occasionnellement une hémorragie de privation chez le nouveau-né autour du 5 à 10^e jour.) Il subsiste alors moins de 2 millions de cellules germinales par ovaire.

c) pendant la puberté:

Avec le début de la puberté (environ 12 ans) a lieu une nouvelle **production accrue d'oestrogène** qui mène à une maturation des caractères sexuels internes et externes jusqu'à l'âge de 20 ans). Par la suite, on assiste à une atrésie folliculaire accrue.

A la fin de la puberté, il persiste environ 250'000 cellules germinales par ovaire. Avec le début d'un cycle régulier, démarre une diminution presque linéaire du nombre de follicules qui va cependant en augmentant à partir de 40 ans.

Avec la réduction progressive du nombre de follicules la production d'oestrogène diminue également. Lorsque vers l'âge de 50 ans il n'y a plus de follicule, la production d'oestrogène diminue massivement, il se produit alors la ménopause.

Commentaire

On suppose que le dictyotène de la méiose présente un état particulier pour l'ovule, offrant une grande stabilité face aux influences extérieures physico-chimiques. Les stades précédents en revanche, en particulier le pachytène, sont plus sensibles.



3.4 Ovogenèse

- Remarque
- Développement des cellules germinales dans l'ovaire
- Structure de l'ovaire
- Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires
 - Follicules primordiaux
 - Follicules primaires
 - Follicules secondaires
 - Follicules tertiaires
 - Follicule de Graaf
- Développement chronologique du nombre de cellules germinales / du nombre de follicules
 - L'atrésie - le sort habituel d'un follicule
- Le cycle ovarien
 - Le cycle hormonal

Le cycle ovarien

Sur les 500'000 follicules persistant au début de la période de maturité sexuelle dans les deux ovaires, seulement environ 450 arriveront à maturité avec la rupture folliculaire et la libération de l'ovocyte (ovulation).

L'ovulation représente un sort exceptionnel pour un follicule.

Le cycle hormonal:

Les changements cycliques de l'équilibre hormonal (cycle hormonal), responsables de la périodicité de l'ovulation, sont sous le contrôle du système hypothalamo-hypophysaire.

Ce **contrôle hormonal rythmique** conduit chez la femme aux événements cycliques suivants:

1. le **cycle ovarien (maturation folliculaire)** qui s'achève par la formation du corps jaune
2. et les changements **cycliques de l'endomètre** (muqueuse de l'utérus), préparant la muqueuse utérine à l'implantation de l'ovule fécondé. En l'absence d'implantation la muqueuse sera éliminée, ce qui se manifeste par les saignements menstruels (cycle menstruel).

Modules

Ovulation:
(voir module fécondation)

Formation du corps jaune:
(voir module placenta)

Cycle de l'endomètre:
(voir module implantation)

MODULE 3

LISTE CHAPITRES

OBJECTIFS

QUIZ

RÉSUMÉ

BIBLIOGRAPHIE

◀ PAGES ▶

EMBRYO GÉNÈSE

ORGANO GÉNÈSE

ACCUEIL

ZONE D'ÉCHANGES

RECHERCHER

AIDE

HAUT ▲



3.5 Comparaison spermatogenèse - ovogenèse

- [Tableau comparatif de la spermatogenèse et de l'ovogenèse](#)

Tableau comparatif de la spermatogenèse et de l'ovogenèse

En résumé, voici un tableau comportant les homologues entre spermatogenèse et ovogenèse.

Spermatogenèse	Ovogenèse
Nombre des gamètes	
Principe: néoformation continue Bien que la production de spermatozoïdes se fasse de la puberté à la mort, elle est soumise à des fluctuations extrêmes en ce qui concerne la quantité et la qualité.	Principe: épuisement des réserves Diminution exponentielle en continue du nombre d'ovules depuis la période foetale. Epuisement des réserves avec la ménopause.
Résultat de la méiose	
A la fin de la méiose, on trouve quatre gamètes fonctionnels	A la fin de la méiose, on trouve un ovocyte et ses trois globules polaires.
Période foetale	
Pas de début de méiose	Entrée en méiose (arrêtée au dyctyotène)
Pas de production de cellules germinales	Production de la totalité des réserves des cellules germinales

[Liste des chapitres](#) | [Chapitre suivant](#)

En effet, au **centre** de ce contrôle hormonal se trouve le **système hypothalamo-hypophysaire** avec la **GnRH** et les deux gonadotropines **FSH** et **LH**. La libération pulsatile de GnRH est une condition fondamentale pour assurer un contrôle hypothalamo-hypophysaire nécessaire à une fonction ovarienne cyclique.

La FSH et LH ont un effet stimulant sur les follicules ovariens induisent l'**ovulation**. Au cours du cycle ovarien les cellules de la **thèque interne** sécrètent des oestrogènes (**phase folliculaire**), alors qu'après l'ovulation, le **corps jaune** sécrète de la progestérone (**phase progestative**).

Le contrôle du cycle hormonal peut se faire essentiellement par deux moyens:

1. La libération **pulsatile** de GnRH, FSH et LH.
2. Le **long-loop-feedback** des oestrogènes et de la progestérone sur le système hypothalamo-hypophysaire. (Ces hormones sont synthétisés dans le follicule préovulatoire et donc issus de l'ovaire d'où le nom " **long-loop**").

Le **cycle ovarien** dure en règle générale **28 jours**. Il est réparti en deux phases (biphasé):

1. Une **phase folliculaire** durant laquelle a lieu le **recrutement** d'une cohorte de follicules au sein desquels sera sélectionné le **follicule ovarien**. Cette phase se termine par l'**ovulation**.
L'**oestradiol** y est l'hormone dirigeante (leading hormone). Cette phase dure en règle générale 14 jours, mais sa longueur peut **varier considérablement!**
2. Une **phase progestative** durant laquelle est produite la **progestérone** par le corps jaune (Corpus luteum) qui dure de manière assez **constante 14 jours**

Définitions

GnRH:
gonadolibérine
FSH:
hormone folliculo-stimulante
LH:
hormone lutéinisante

Pour en savoir plus

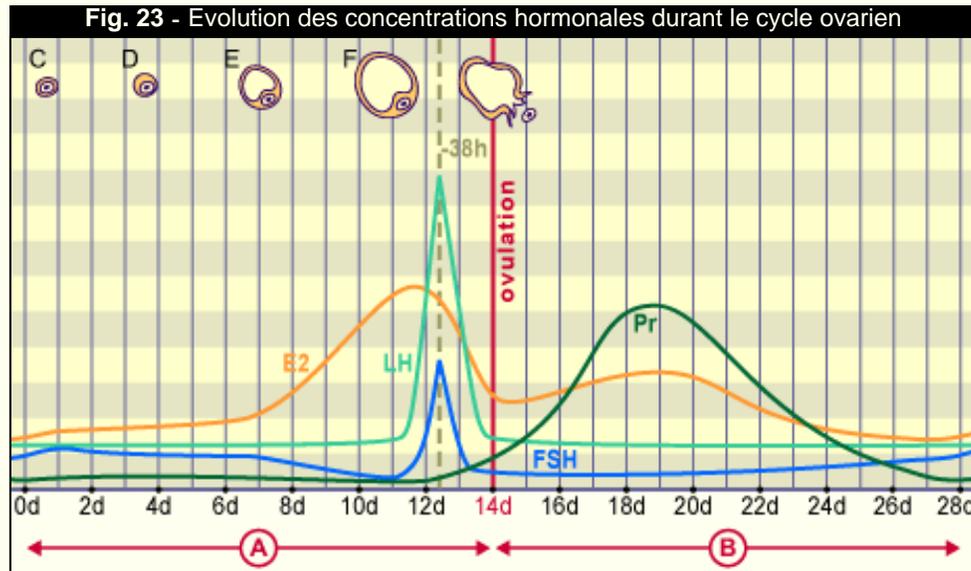
[L'hypophyse et l'hypothalamus](#)

Pour en savoir plus

Recrutement de la cohorte de follicules: lors de ce recrutement certain nombre de follicules primordiaux sont entraînés vers la maturation et passent aux stades folliculaires subséquents. ([Détails](#))

Légende

Fig. 23
Les différents stades du développement folliculaire se répartissent sur toute la phase folliculaire, à l'issue de laquelle a lieu l'ovulation. L'oestradiol est l'hormone synthétisée au cours de la phase folliculaire, la progestérone est synthétisée au cours de la phase progestative.



- A** Phase folliculaire
 - B** Phase progestative

 - C** Follicule primaire
 - D** Follicule secondaire
 - E** Follicule tertiaire
 - F** Follicule de Graaf

 - E2** Oestradiol
 - Pr** Progestérone
 - LH** Hormone lutéinisante
 - FSH** Hormone folliculo-stimulante
-

[Début du chapitre](#) | [Page précédente](#) | **[Chapitre suivant](#)**

-



3.6 Quiz

Apprenez en jouant !

Les quiz vous permettent de tester vos connaissances de manière ludique. Ils vous aident à mettre le doigt sur des détails qui ont pu vous échapper ou sur des processus que vous n'aviez peut-être pas totalement saisi.

Pour «mettre à jour» vos connaissances, suivez les liens [Répétition théorie](#) en regard des quiz. Ils vous mèneront directement aux pages utiles.

Les quiz ne remplacent pas l'étude sérieuse de tous les chapitres de ce module ;-)

Attention

Pour faire les quiz, vous devez impérativement disposer du plugin **Flash 6**.
A défaut: v. [Aide/téléchargements](#)

Quiz 01: [follicule tertiaire](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 02: [proportion](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 03: [cellules germinales primordiales](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 04: [crête génitale I](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 05: [crête génitale II](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 06: [cellules épithéliales coelomiques I](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 07: [cellules épithéliales coelomiques II](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 08: [cellules de Sertoli](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 09: [cordons sexuels](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 10: [tubes séminifères](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 11: [épithélium séminal I](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 12: [épithélium séminal II](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 13: [spermatogenèse](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 14: [spermatocytogenèse](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 15: [spermatozoïde](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 16: [spermiogenèse I](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 17: [capuchon acrosomial](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 18: [spermiogenèse II](#)

[Répétition théorie](#)

Quiz 19: [cellules de Leydig](#)

[Répétition théorie](#)

HAUT ▲



3.7 Résumé

Les **gamètes et leurs précurseurs** (**cellules germinales primordiales**) se séparent très tôt des cellules somatiques et migrent depuis l'épiblaste (3e semaine), en passant par entoblaste extraembryonnaire (5e semaine) dans l'**ébauche des futures gonades, la crête génitale**. Suite à son interaction avec les cellules de l'épithélium coelomique, l'**ébauche testiculaire** se développera dès la septième semaine en présence du chromosome Y, ou à défaut l'**ébauche ovarienne** dès la huitième semaine.

La **testostérone** joue un rôle clé dans le **développement testiculaire**. Elle est sécrétée par les cellules interstitielles de Leydig, issues du mésenchyme de la crête génitale, au cours de leur première poussée proliférative (début de la 7e semaine). La seconde poussée proliférative des cellules de Leydig a lieu au moment de la puberté, où se fait la maturation de l'épithélium germinale, avec la croissance, suivie de la perméabilisation des tubes séminifères contournés.

Le **cycle de la spermatogenèse** qui a lieu **dès la puberté**, dure **64 jours** de la spermatogonie à la maturation du spermatozoïde. Trois **mitoses** ont lieu au début de la spermatogenèse jusqu'à ce que le spermatocyte primaire entre en **méiose**. La **première division méiotique dure 24 jours**, la prophase avec ses quatre phases histologiques caractéristiques, est la plus longue. Les spermatocytes secondaires sont formés à l'issue de la première division méiotique. Ils entrent alors immédiatement dans la deuxième division méiotique, très courte en l'absence de synthèse d'ADN et de nouvelle répartition des chromosomes. Les spermatides haploïdes sont formées à l'issue de **deuxième division méiotique**. Elles se différencient en 16 jours en spermatozoïdes, migrant dans la lumière tubulaire. La synthèse des spermatozoïdes se déroule sur toute la longueur des tubes contournés, où d'innombrables **générations de spermatogenèse** s'enchevêtrent de manière spiralée. La production de spermatozoïdes subit de grandes fluctuations et atteint une valeur moyenne de 100 millions par jour.

L'**ovogenèse** débute approximativement au cours de la **7e semaine** (stade 20). Les **cordons sexuels corticaux** invaginés se disloquent en **clones cellulaires isolés**. Il s'en suit une prolifération active, toutefois les **ovogonies** restent, à l'instar des spermatogonies, reliées par des ponts cytoplasmiques, ce qui permet la **synchronisation** de la mitose et des étapes subséquentes de la méiose (prophase). Dès que les ovogonies sont entrées en méiose, on les appelle ovocytes primaires, ceux-ci s'observent toutefois au plus tôt au cours de la 12e semaine. Tous les ovocytes sont **bloqués** à la fin de la prophase de la première division méiotique. Cette phase de repos est appelée dictyotène et peut durer jusqu'à l'âge adulte. A ce stade les ovocytes primaires se libèrent de leur réseau clonal. Ils sont entourés de cellules épithéliales somatiques aplaties (cellules folliculaires ou de la granulosa) et forment maintenant les **follicules primordiaux**. Au cours de la 20e semaine il y a environ 7 millions d'ovocytes et la totalité du cortex ovarien contient des follicules primordiaux. A la naissance il n'en persiste plus que 1-2 millions, et après la puberté, encore environ 250'000 par ovaire.

[Liste des chapitres](#) | [Chapitre suivant](#)



3.8 Bibliographie

Selon l'auteur, aucun article original n'est nécessaire à la compréhension de ce module.

MODULE 3

LISTE CHAPITRES

OBJECTIFS

QUIZ

RÉSUMÉ

BIBLIOGRAPHIE

◀ PAGES ▶

EMBRYO GÉNÈSE

ORGANO GÉNÈSE

ACCUEIL

ZONE D'ÉCHANGES

RECHERCHER

AIDE

HAUT ▲

[Liste des chapitres](#) _