

petit muscle de Horner (clignement) ont une influence incontestable, car l'excrétion des larmes est troublée par la paralysie de ces muscles; peut-être agissent-ils en dilatant les canaux lacrymaux et le sac lacrymal (?). De plus un système de valvules facilite la progression des larmes des points lacrymaux vers les fosses nasales.

QUATRIÈME PARTIE

FONCTIONS DE GÉNÉRATION

Tout être vivant provient d'un être vivant (du moins de nos jours). Les expériences de PASTEUR ont ruiné l'hypothèse de la génération spontanée. La génération est la fonction par laquelle les êtres vivants se multiplient en donnant naissance à des êtres semblables à eux. Nous étudierons d'abord les conditions qui se rattachent à l'accomplissement de cette fonction, puis nous ajouterons quelques mots sur la manière dont se fait la nutrition chez l'embryon et le fœtus.

ARTICLE PREMIER

REPRODUCTION

Qu'on l'envisage à n'importe quel degré de l'échelle zoologique, la reproduction s'effectue toujours par la séparation d'un fragment de protoplasma du corps de l'être vivant, soit par division du corps tout entier de l'individu, soit par la chute d'un simple bourgeon, soit, pour la plupart des animaux, par la formation d'une cellule spéciale, l'œuf ou ovule. L'ovule (élément femelle) pour se développer et donner naissance au nouvel être, doit s'unir à un autre élément, le spermatozoïde (élément mâle). Ce phénomène se nomme *fécondation*. Ce n'est qu'exceptionnellement, chez quelques insectes notamment, que l'on peut voir les œufs se développer sans fécondation préalable, du moins pendant quelques générations (*parthénogenèse*).

La reproduction sexuelle est la seule qui nous intéresse en physiologie humaine.

§ 1. — FONCTIONS DE L'APPAREIL GÉNITAL MÂLE

Le rôle de l'appareil génital mâle est de former l'élément fécondant, le spermatozoïde, et de porter cet élément dans les organes génitaux femelles.

1° Spermatogenèse. — Au moment de la puberté (treize à quinze ans dans nos climats) les testicules augmentent de volume et la sécrétion spermatique commence à s'établir. En même temps on voit apparaître les caractères sexuels secondaires (développement des poils, mue de la voix, etc.). L'instinct sexuel s'éveille.

Le sperme éjaculé est un liquide visqueux, blanchâtre, de réaction neutre ou légèrement alcaline, d'odeur spéciale rappelant celle du pollen de l'épine-vinette; il contient des matières albuminoïdes, de la nucléine, de la lécithine, des sels, principalement des phosphates; une base organique cristallisable (cristaux de Charcot). Au sein du liquide se trouve l'élément figuré, le spermatozoïde. Composé d'une tête allongée et aplatie, d'un segment moyen cylindrique et d'une queue très longue et amincie vers la pointe, le spermatozoïde a une longueur totale de 50 μ environ; il se meut avec vivacité dans le sperme frais maintenu à la température du corps; cette mobilité, il la doit aux mouvements ondulatoires de la queue, sorte de flagellum qui fouette le liquide dans un plan transversal; ainsi il progresse comme une anguille, et toujours dans le même sens, la tête en avant. Les mouvements des spermatozoïdes persistent très longtemps, si le sperme est mis à l'abri de la dessiccation: on a trouvé des spermatozoïdes vivants dans l'utérus huit jours et plus après le coït. Les anesthésiques, le froid les paralysent, sans les tuer, si leur action n'est pas trop prolongée. Mais l'eau, l'alcool, les acides, une température élevée les tuent. Il est probable que certaines substances doivent exercer sur les spermatozoïdes une action chimiotactique.

BALBIANI a vu chez le papillon du ver à soie les spermatozoïdes collectés dans la poche copulatrice se précipiter sur les œufs au moment de la ponte pour les féconder, en luttant entre eux de vitesse. Les spermatozoïdes se forment dans des cellules spéciales des tubes séminifères, les *spermatoblastes* (consultez sur ce sujet les traités d'histologie). Quant au liquide mucilagineux du sperme, il est fourni par la sécrétion des glandes prostatiques, des glandes de Cooper et de l'urèthre.

2° Excrétion du sperme. — Les sensations de volupté déterminent par action réflexe l'éjaculation du sperme; pour cela il faut d'abord que l'organe copulateur, la verge, présente, un certain état de rigidité ou d'érection.

a. *Érection.* — L'érection est due à l'accumulation du sang sous une certaine tension dans les mailles du tissu caverneux de la verge. DE GRAAF l'a démontré en liant la verge en érection à sa racine chez un chien; l'érection maintenue grâce à la ligature cessa après l'incision de la verge, c'est-à-dire après l'écoulement du sang. Les corps caverneux et le corps spongieux de l'urèthre sont formés d'un tissu aréolaire dont chaque lacune est tapissée par un endothélium et se trouve en communication avec les terminaisons des artérioles et des veinules. L'accumulation du sang sous pression dans ce système lacunaire est le résultat d'une vaso-dilatation artérielle s'opérant sous l'influence des nerfs érecteurs, découverts par ECKARDT (voy. *Vaso-dilatateurs*, p. 248). De plus, les muscles ischio-caverneux et bulbo-caverneux par leur contraction compriment les racines des corps caverneux et le bulbe de l'urèthre; ils refoulent ainsi le sang vers la verge. Cette action musculaire est indispensable pour que l'érection soit complète; en injectant les vaisseaux de la verge sur le cadavre, l'érection que l'on détermine est imparfaite.

L'érection se produit par action réflexe; le centre du réflexe est situé, comme nous l'avons déjà dit, dans la moelle lombaire. Il entre en action sous l'influence de l'excitation des nerfs sensibles de la verge et aussi sous l'influence de diverses excitations psychiques (images de volupté). Par contre, d'autres impressions

d'origine cérébrale peuvent y développer une action inhibitoire et empêcher l'érection.

b. *Éjaculation.* — Au moment de l'orgasme vénérien le sperme est projeté avec force et d'une manière saccadée hors du canal de l'urèthre. Ce phénomène est le résultat de contractions musculaires d'origine réflexe (centre nerveux dans la moelle lombaire) : contractions péristaltiques des muscles lisses des vésicules séminales, des canaux déférents et surtout contractions rythmiques du bulbo-caverneux qui exprime par saccades le contenu du canal de l'urèthre. D'après M. DUVAL, le muscle de Wilson par sa contraction fermerait la portion membraneuse de l'urèthre ; le sperme s'accumulerait ainsi en arrière de cet obstacle sous une forte tension, et, au moment de l'éjaculation, le muscle se relâcherait rythmiquement pour le laisser échapper. Pendant l'érection le canal de l'urèthre est fermé du côté de la vessie par la saillie du *veru montanum*.

§ 2. — FONCTIONS DE L'APPAREIL GÉNITAL FEMELLE

La puberté chez la femme est marquée (vers la quatorzième année) par l'apparition des règles (*menstruation*) et l'expulsion des ovules hors des *ovisacs* ou *follicules* de DE GRAAF (*ovulation*). En même temps apparaissent les caractères sexuels secondaires : développement des poils sur le pubis, développement de la glande mammaire, augmentation des dimensions du bassin.

1° *Menstruation.* — A chaque époque menstruelle, les organes génitaux de la femme sont le siège d'une suractivité circulatoire intense, qui aboutit à un écoulement sanguin par la vulve. Le liquide qui s'écoule est d'abord muqueux et sanguinolent, puis la proportion du sang augmente. Ce flux menstruel dure environ 3 à 4 jours ; le sang provient des vaisseaux de la muqueuse utérine. Les cellules épithéliales superficielles de cette muqueuse s'exfolient et laissent à nu la surface sous-jacente gonflée et hyperémie : les capillaires distendus se rompent par place. Après la cessation des règles, l'épithélium se régénère par prolifération

des cellules profondes. La quantité de sang perdue est très variable suivant les femmes, en moyenne 100 à 200 grammes. Différents phénomènes nerveux accompagnent cet écoulement sanguin : sensation de pesanteur dans les reins et dans le bassin, lassitude, etc. L'écoulement menstruel se produit périodiquement, à peu près tous les vingt-huit jours à l'état normal, et la menstruation dure jusqu'à l'âge de quarante-cinq ans environ dans nos climats, puis cesse (*ménopause*).

2° *Ovulation.* — A chaque période menstruelle un ovule se détache de l'ovaire (ordinairement un seul, mais quelquefois plusieurs, comme le prouvent les grossesses gémeillaires). L'ovule est logé dans le follicule de DE GRAAF ou *ovisac* (fig. 104) ; pour qu'il arrive jusque dans l'utérus, il faut : 1° que l'*ovisac* se rompe ; 2° que l'ovule soit pris par la trompe.

a. *Rupture du follicule de de Graaf.* — Quand l'*ovisac* est mûr, il fait une forte saillie à la surface de l'ovaire et sa paroi s'aminuit. Il suffit alors, pour qu'il se rompe, de la turgescence des vaisseaux du bulbe de l'ovaire : quoi qu'il n'y ait pas dans ce phénomène une véritable érection, il est certain que la congestion des grosses veines du plexus ovarien exerce une pression excentrique sur la couche ovigène bien propre à favoriser la déhiscence du follicule. A cette cause ROUGET ajoute la contraction des fibres musculaires lisses des ligaments larges. A un moment donné, le follicule éclate donc et laisse sortir l'ovule entouré des débris épithéliaux du *cumulus proliger*. Après la rupture, les parois du follicule s'hypertrophient, se colorent en jaune (*corps jaune*) ; puis, au bout d'un temps plus ou moins long, suivant que l'ovule est fécondé ou non, se résorbent en laissant une cicatrice à la surface de l'ovaire.

b. *Migration de l'ovule.* — L'ovule tombe dans le pavillon de la trompe. Le mécanisme d'après lequel s'opère cette migration de l'ovule n'est pas parfaitement élucidé. Il est probable que le pavillon de la trompe vient s'adapter à la surface de l'ovaire, grâce à la turgescence vasculaire de son tissu et à la contraction de ses fibres lisses ; chez certains animaux le pavillon de la trompe est trop éloigné de l'ovaire pour que cette interprétation soit ad-

missible; on fait alors intervenir l'action des cellules épithéliales à cils vibratiles tapissant la cavité péritonéale. Quoi qu'il en soit, l'ovule parvenu dans la trompe est poussé par les cils vibratiles de l'épithélium de la muqueuse tubaire jusque dans la matrice. Là il se trouve en contact avec la surface cruentée de la muqueuse utérine; s'il n'est pas fécondé, il se détruit; mais, s'il est fécondé, il se greffe sur la muqueuse; celle-ci l'en-

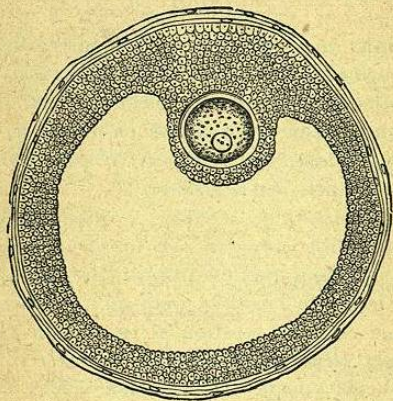


Fig. 191.

Follicule de de Graaf de l'ovaire de chatte (KLEIN).

tourne en bourgeonnant tout autour de lui de manière à lui former une enveloppe (*caduque*). Les phénomènes ultérieurs qu'il présente sont du ressort de l'embryologie. Nous nous bornerons ici à quelques détails sur les phénomènes intimes de la fécondation.

c. *Fécondation*. — Au moment de la copulation les organes génitaux de la femme entrent, comme ceux de l'homme, en érection; le clitoris fait saillie du côté du vagin, l'utérus se redresse, s'abaisse un peu et son col se dilate pendant l'orgasme vénérien. Le sperme peut être ainsi directement projeté dans l'utérus. Mais tous ces phénomènes ne sont pas indispen-

sables pour la fécondation, car les spermatozoïdes simplement déposés dans le vagin peuvent, en vertu de leurs mouvements propres, émigrer jusque dans la matrice et les trompes, et même jusqu'à la surface de l'ovaire, et opérer la fécondation dans ces différentes parties.

Pour que la fécondation s'effectue, il est nécessaire que le sperme prenne le contact de l'ovule; mais cette condition n'est pas encore suffisante, il faut de plus qu'un spermatozoïde pénètre dans l'ovule. L'ovule est une cellule possédant une membrane (*membrane vitelline*), un corps protoplasmique (*vitellus*) avec un noyau (*vésicule germinative*) contenant un nucléole (*tache germinative*). Les travaux de VAN BENEDEEN ont beaucoup contribué à faire connaître le processus intime de la fécondation. Celle-ci consiste dans la formation, aux dépens de l'ovule et de la tête du spermatozoïde, d'une cellule représentant en puissance le nouvel être. Avant la fécondation l'ovule est le siège de certains phénomènes; on voit en particulier la vésicule germinative rejeter hors du vitellus une partie de sa substance sous forme de deux globules arrondis (*globules polaires*). Après cette excretion des globules polaires, le reste de la vésicule germinative constitue un élément nucléaire (le *pronucléus femelle*), qui en réalité ne représente qu'un demi-noyau de cellule. En effet, lorsque le spermatozoïde a pénétré dans l'ovule (soit en perforant la membrane vitelline, soit en passant par l'orifice ou *micropyle* que présente en un point l'œuf de certains animaux), la queue, simple organe de propulsion, se détache et se dissout; mais la tête engagée dans le vitellus ne se dissout point, elle forme un élément nucléaire (*pronucléus mâle*) qui, lui aussi, représente un demi-noyau. Alors on peut voir ces deux éléments, le pronucléus mâle et le pronucléus femelle, se rapprocher et s'accoler pour constituer une unité physiologique, le noyau de la première cellule de l'organisme, qui va, à partir de ce moment, donner naissance à toutes les autres en se divisant.

Beaucoup de questions physiologiques se présenteraient à propos de la fécondation, telles que la cause de la différence des sexes, de l'hérédité, etc. Comme on ne saurait y répondre

d'une manière assez positive, nous les laissons complètement de côté.

ARTICLE II

NUTRITION DE L'EMBRYON ET DU FOETUS

On devra étudier le développement de l'embryon dans les traités d'embryologie. Dans ce précis de physiologie nous ne ferons qu'indiquer en quelques lignes la manière dont se fait la nutrition et la circulation chez l'embryon et chez le fœtus.

Le vitellus de l'œuf contient des matériaux alimentaires de réserve dans lesquels l'embryon puise pour se nourrir. Dans certains œufs, l'œuf des oiseaux par exemple, ces matériaux sont très abondants et suffisent pour le développement complet de l'embryon. Mais dans les œufs des mammifères, il n'en est plus de même, le vitellus nutritif est très peu abondant; la vésicule ombilicale qui le contient, et le système de la circulation omphalo-mésentérique (première circulation) qui répond à ce premier mode de nutrition, ne sauraient donc suffire longtemps. Aussi leur existence est-elle très éphémère chez l'homme. Pour que l'embryon continue à se nourrir et à se développer il faut qu'il puisse tirer ses aliments du milieu intérieur de la mère. Cette condition est réalisée par la circulation placentaire.

Dans le placenta les vaisseaux du fœtus viennent se mettre par des divisions arborescentes en rapport avec les lacunes vasculaires du tissu utérin. Il n'y a pas communication entre les vaisseaux du fœtus et les vaisseaux de la mère, mais seulement contact intime. C'est au niveau du placenta que s'opèrent par osmose les échanges de matières entre le fœtus et la mère, dans le sens le plus large, c'est-à-dire non seulement les échanges gazeux, mais encore les échanges des autres matériaux nutritifs dissous dans le sang. Le placenta remplit donc les fonctions dévolues au poumon et au tube digestif chez

l'adulte. A ce mode spécial de nutrition doit naturellement correspondre un régime circulatoire approprié.

Le mécanisme général de la seconde circulation ou circulation placentaire est facile à saisir, si l'on part de ce point de vue que chez le fœtus le poumon et l'intestin ne remplissent aucune fonction, et que le placenta les remplace. Le sang artérialisé dans le placenta au contact du sang de la mère revient vers le corps du fœtus par la veine ombilicale située dans le cordon, traverse l'ombilic et se dirige vers le foie, glande qui doit déjà jouer un rôle important chez l'embryon si l'on en juge par son volume et son développement précoce. Au niveau du hile du foie le sang de la veine ombilicale se divise en deux parts: l'une se jette directement dans la veine cave par le *canal veineux* d'Aranzi; l'autre s'y rend également, mais après avoir traversé le système porte intra-hépatique; le foie reçoit bien aussi la veine mésentérique (future veine porte), mais comme l'intestin ne fonctionne pas, cette veine n'a pas encore acquis l'importance qu'elle aura plus tard dans l'absorption; aussi, est-il naturel que ce soit la veine ombilicale qui prenne la place du système porte, puisqu'elle ramène les produits d'absorption puisés au niveau du placenta; en somme, on doit comprendre que la veine ombilicale remplit les fonctions qui sont dévolues à la veine porte d'une part et aux veines pulmonaires d'autre part chez l'adulte. Arrivé dans la veine cave, le sang de la veine ombilicale se mélange avec le sang veineux venant des membres inférieurs et de la partie inférieure du tronc, et ce mélange de sang artériel et de sang veineux se déverse dans l'oreillette droite, ainsi que le sang veineux qui revient de la tête et des membres supérieurs. De l'oreillette droite, une faible partie du sang seulement est lancée dans le ventricule droit, et de là dans l'artère pulmonaire; en effet, le poumon ne fonctionnant pas, la circulation pulmonaire qui est liée à l'hématose n'a pas de raison d'être: aussi le sang qui passe de la sorte dans l'artère pulmonaire est-il dirigé directement dans l'aorte par un vaisseau spécial, le *canal artériel*, qui forme une anastomose entre l'artère pulmonaire et la crosse de l'aorte. Mais la plus

grande partie du sang de l'oreillette droite est chassée dans l'oreillette gauche par un orifice de la cloison interauriculaire, le trou de *BOTAL*. De l'oreillette gauche le sang passe dans le ventricule gauche qui le lance dans l'aorte; il se réunit bientôt à celui qui vient du ventricule droit par le canal artériel, et se distribue ensuite dans toutes les artères du corps, comme chez l'adulte. Mais, de plus, de l'aorte abdominale naissent deux gros vaisseaux, les artères ombilicales, qui sortent du corps du fœtus par l'ombilic et gagnent le placenta par le cordon; par ces vaisseaux le sang va s'artérialiser dans le placenta, pour passer ensuite dans la veine ombilicale à travers les capillaires placentaires; nous voici donc revenu à notre point de départ et le cycle circulatoire est fermé.

On voit que la circulation du fœtus diffère essentiellement de celle de l'adulte sur les deux points suivants: 1^o la petite circulation ou circulation pulmonaire n'existe pas; elle est remplacée par une circulation supplémentaire, la circulation placentaire; 2^o le sang du fœtus représente toujours un mélange de sang artériel et de sang veineux; en effet, il n'y a que la veine ombilicale qui contient seulement du sang artériel; aussitôt que cette veine arrive au foie, le sang veineux commence à s'y mélanger, et le mélange augmente de plus en plus au fur et à mesure que l'on s'éloigne du placenta, de telle sorte que les artères contiennent un sang fortement veineux.

Après la naissance, la circulation placentaire est supprimée, l'enfant respire et la circulation pulmonaire s'établit: le trou de *BOTAL* se ferme et le canal artériel s'oblitére. L'enfant se nourrit par le tube digestif et le rôle de la veine porte commence: la veine ombilicale, ainsi que le canal veineux, qui n'ont plus de raison d'exister, se transforment en cordons fibreux; il en est de même des artères ombilicales. Ainsi se trouve constituée la troisième circulation ou circulation définitive.

C'est donc dans le placenta que le sang du fœtus va puiser l'oxygène. Ce fait est établi non seulement sur la constatation du mode spécial de la circulation fœtale, mais aussi sur l'expérience directe. En ouvrant l'utérus d'une femelle pleine pour

examiner le cordon, on s'aperçoit facilement que le sang revenant du placenta par la veine ombilicale est moins foncé (par conséquent plus riche en oxygène) que celui qui sort du corps du fœtus et qui se rend au placenta par les artères ombilicales. Lorsqu'on lie le cordon, le fœtus présente immédiatement des signes d'asphyxie; il exécute des mouvements inspiratoires (par suite de l'excitation par CO_2 des centres bulbaires). Les échanges gazeux dans le placenta doivent être très rapides; en effet les signes de l'asphyxie ne tardent pas à apparaître chez le fœtus, si on arrête la respiration de la mère, d'après les expériences de *ZWEIFEL*. Quant au mécanisme intime de la respiration placentaire, il ne diffère pas de celui que nous avons exposé déjà pour la respiration des tissus chez l'adulte. C'est principalement par les différences de tension de l'oxygène et de l'acide carbonique dans le sang maternel et le sang fœtal, qu'il est possible d'expliquer les échanges gazeux dont le placenta est le siège.