



Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales REPRODUCTOR

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Febrero 2019)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs5.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Introducción	1
2	Reproductor femenino	3
3	Reproductor masculino	6
4	Imagen; ovario	9
5	Imagen; folículos	10
6	Imagen; túbulos seminíferos	12
7	Imagen; vesícula seminal	15
8	Imagen; próstata	17

1 Introducción

El sistema reproductor tiene múltiples funciones en los vertebrados. Quizá la más importante es la producción de los gametos, células haploides especializadas en la transmisión de la información genética. Los gametos masculinos se denominan espermatozoides y los femeninos óvulos. La fusión de ambos, proceso denominado fecundación, da lugar a una célula diploide denominada cigoto, la cual por divisiones mitóticas y diferenciación celular dará lugar a un nuevo organismo.

El sistema reproductor es característico de género, es decir, es diferente morfológicamente en machos y en hembras. Esta diferenciación se produce muy pronto durante el desarrollo embrionario. La formación de un sistema reproductor masculino o femenino condiciona la morfología adulta del individuo, de tal forma que se desarrollan de forma distinta los denominados caracteres sexuales secundarios como son desarrollo muscular, estructura ósea, vello, mamas, distribución de la grasa, comportamiento, etcétera; es lo que se denomina dimorfismo sexual. El que un animal sea macho o hembra viene condicionado en la mayoría de los casos por su dotación cromosómica. En humanos los cromosomas sexuales XX darán lugar a hembras y los XY darán lugar a machos, es decir son los que producen que se desarrolle un sistema reproductor masculino o femenino, respectivamente. Sin embargo, el sexo de otras especies, como algunos reptiles o peces, puede cambiar según las condiciones ambientales, como, por ejemplo, la temperatura. Hay también algunas especies de peces que se comportan como hermafroditas, pudiendo producir tanto gametos femeninos como masculinos.

El sistema reproductor se puede dividir en diferentes partes: gónadas, conductos, vesículas asociadas y órganos reproductores. Sistema reproductor femenino

Las gónadas femeninas se denominan ovarios (Figura 1). Son estructuras pares encargadas de la producción de los ovocitos maduros. Esto ocurre en unas estructuras denominadas folículos ováricos, formados por células somáticas más el ovocito, donde se lleva a cabo la ovulogénesis o maduración del ovocito.

Los ovarios también se encargan de la síntesis de las hormonas femeninas, progesterona y estrógenos.

Las trompas de Falopio son los conductos por los que viaja el óvulo liberado por los ovarios hasta el útero. El útero es una porción especializada de los conductos reproductores femeninos donde, si ha habido fecundación, se produce el implante y el desarrollo del embrión. Las paredes del útero sufren cambios cíclicos por efecto de las hormonas (estrógenos) producidas por los ovarios en cada ovulación. La vagina es la parte final del conducto que conecta al útero con el exterior del cuerpo y es el receptáculo del órgano sexual masculino.

El órgano reproductor femenino se denomina vulva, y está formada por una serie de pliegues denominados labios. En la parte más anterior (superior) se encuentra el clítoris, principal estructura para la estimulación sexual femenina. Sistema reproductor masculino

Las gónadas masculinas se denominan testículos (Figura 2). Se encargan de la producción de los gametos masculinos denominados espermatozoides y de la síntesis de la hormona masculina testosterona. Las gónadas masculinas se disponen fuera de la cavidad abdominal, a diferencia de las femeninas. Las estructuras productoras de espermatozoides en los testículos se denominan túbulos seminíferos, conductos formados por células somáticas en el interior de los cuales se encuentran las células germinales que producen los gametos.

Los espermatozoides producidos en los túbulos seminíferos de cada testículo son finalmente recogidos por los conductos epidídimo, conductos que los dirige hasta los conductos deferentes (uno por testículo). Los conductos deferentes desembocan en los conductos eyaculadores y éstos en la uretra, la cual comunica con el exterior.

La vesícula seminal y la próstata son glándulas asociadas a los conductos eyaculadores y uretra, respectivamente, y son responsables de la formación del líquido seminal en el que se encuentran los espermatozoides. Las glándulas de Cowper o bulbo-uretrales liberan líquido lubricante durante la excitación sexual.

El aparato reproductor masculino se denomina pene. Está compuesto por cuerpos esponjosos y cavernosos, y por el glande. En su interior se encuentra la uretra, por donde salen los espermatozoides al exterior. La uretra también es usada por el sistema excretor para liberar la orina.

2 Reproductor femenino

Es el sistema responsable de producir los gametos femeninos, así como, en caso de producirse la fecundación, permitir el implante del embrión y su desarrollo posterior hasta el momento del nacimiento. Esto hace que la fisiología de este sistema sea muy diferente dependiendo de si hay desarrollo embrionario o no. El sistema reproductor femenino se puede dividir en las siguientes partes para su estudio: las gónadas femeninas u ovarios, los conductos reproductores y los genitales externos (Figura 1).

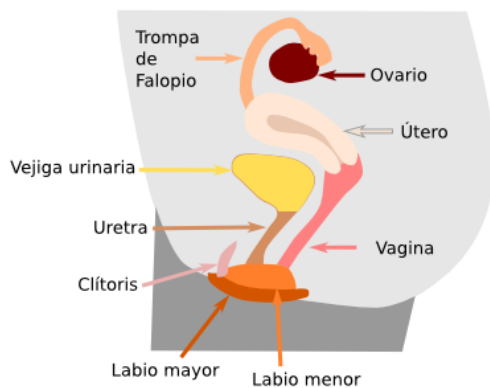


Figura 1: Esquema del sistema reproductor femenino humano.

Ovarios

Los ovarios tienen dos funciones: producción de gametos femeninos u óvulos y la producción de hormonas como los estrógenos y progestágenos (conjunto de hormonas entre las que se encuentra la progesterona), que son hormonas esteroideas. Los ovarios son pares localizadas en la cavidad pélvica, a ambos lados del útero. Aunque cambian de tamaño y forma a lo largo de la vida y también durante el ciclo menstrual, suelen ser ovoides y en humanos tienen unas dimensiones de unos 3-4 cm de largo por 1.5 cm de ancho, y 1 cm de espesor.

Cada ovario se divide estructuralmente en una capa epitelial ovárica, una túnica albugínea, una región cortical y una región medular. La capa epitelial ovárica es la parte más externa del ovario y está formada por un epitelio de células cúbicas o aplanadas, derivadas del mesotelio del peritoneo visceral. De-

bajo se encuentra la túnica albugínea, que es tejido conectivo denso. Internamente a la túnica albugínea se dispone la corteza, formada por un estroma celular más o menos compacto en el cual se encuentran en distinto estado de maduración los folículos ováricos. Cada uno de ellos está formado por más o menos células somáticas que rodean a un ovocito. Es en esta zona donde se mantienen los óvulos, producidos durante el desarrollo embrionario en profase I de la meiosis, hasta que uno o varios de ellos retoman la meiosis, lo que ocurre en cada ciclo menstrual. En la zona interna del ovario, y rodeado por la corteza, se encuentra la médula, aunque sin límites muy definidos. La médula está formada por tejido conectivo fibroelástico laxo y contiene numerosos vasos sanguíneos y nervios, los cuales entran y salen del ovario por una zona denominada hilio. En la médula no hay folículos ováricos.

En humanos cada ovario está unido a la superficie posterior del ligamento ancho del útero a través de un pliegue del peritoneo denominado mesoovario. La parte superior del ovario está fijada mediante el ligamento lumboovárico a la pared de la pelvis. Por este ligamento también viajan los nervios y vasos sanguíneos que irrigan el ovario. La parte inferior está unida al útero mediante el ligamento ovárico.

Los ovocitos se generan a partir de las oogonias, las células germinales femeninas, durante el periodo embrionario. Estas células se originan antes de que se formen las crestas gonadales. Inicialmente se dividen por mitosis alcanzando en humanos un número de unos 5 a 7 millones durante el periodo fetal. A los seis meses de desarrollo embrionario se detiene la proliferación y las oogonias, denominadas ahora ovocitos primarios, comienzan la meiosis. La meiosis se detiene en la profase meiótica I, antes de la primera división meiótica. Durante la profase I los ovocitos se localizan en la corteza del ovario, donde permanecen hasta que comienza su proceso de maduración. La meiosis sólo se reiniciará en aquellos ovocitos que vayan a ser ovulados. Es interesante destacar que la segunda división meiótica en humanos sólo se produce tras la fecundación.

Los folículos ováricos crean el ambiente para el desarrollo de los ovocitos. El tamaño de un folículo

ovárico es indicativo del estado de desarrollo del ovocito. Hay tres tipos de folículos ováricos: primordiales, en crecimiento (folículos primarios, secundarios y terciarios) y maduros o de Graaf.

Los folículos primordiales se encuentran justo debajo de la túnica albugínea y están formados por una capa de células somáticas que rodean al ovocito, el cual se encuentra en profase I. Las células somáticas suelen ser aplanadas y están muy próximas al ovocito y en su superficie más externa están separadas del resto del estroma por una lámina basal.

Los folículos en crecimiento o maduración son los que inician el camino hacia la ovulación. Se pueden dividir de distinta manera según el autor que los describe y la fase de desarrollo en la que se encuentren dichos folículos. Los folículos primarios son distinguibles porque hay un crecimiento del tamaño del ovocito y las células somáticas se transforman de aplanadas en cúbicas. Además, se empieza a formar la membrana entre el ovocito y las células somáticas denominada membrana pelúcida. A medida que el folículo va madurando las células somáticas proliferan y de monocapa pasan a disponerse en estratos de células que constituyen la capa granulosa rodeando a la membrana pelúcida. Externamente a la capa granulosa se ordenan las células del estroma que forman una especie de envuelta de células muy aplanadas denominada teca. Cuando la teca es gruesa se distinguen dos zonas, una interna y otra externa. Una membrana basal separa a las células de la granulosa de las de la teca. Durante todo este proceso el ovocito ha ido madurando mediante la reorganización del citoplasma, la acumulación de gránulos corticales en el citoplasma periférico, produciendo microvellosidades, etcétera. Los folículos secundarios o antrales son aquellos en los cuales empieza a aparecer un cavidad entre las células de la granulosa denominada antro, que está llena de fluido pero carece de células. Esto ocurre cuando se alcanzan unas 5 capas de células en la granulosa. Ahora el ovocito deja de crecer. Sin embargo, el folículo seguirá creciendo y también lo hará el antro. El ovocito quedará rodeado por unas pocas células de la granulosa (las cuales formarán la corona radiante durante la ovulación), y estarán rodeados en su mayor parte por el antro, aunque seguirán conectados a la granulosa por un puente de

células denominado disco prolífero.

El folículo maduro o de Graaf es tan grande que abomba la túnica albugínea del ovario hacia afuera. El antro ocupa casi todo el interior del folículo y el ovocito con sus células circundantes se desconectan de la granulosa en una etapa previa a la ovulación. Las células de la teca alcanzan un gran desarrollo. Tanto las células de la teca como de la granulosa producen hormonas, andrógenos y estrógenos respectivamente. Estimulado por la hormona luteinizante liberada por la hipófisis, el ovocito reinicia la meiosis y sufre la primera división meiótica convirtiéndose en ovocito secundario. Es en este momento cuando se produce la ovulación o liberación del ovocito.

Tras la ovulación las células somáticas del folículo se convierten en el cuerpo lúteo. Producirán progestágenos y estrógenos que estimularán las paredes del útero para el implante del embrión en caso de que haya fecundación. Si ha habido fecundación el cuerpo lúteo crece en tamaño y seguirá produciendo progestágenos y estrógenos, principalmente durante las primeras semanas del embarazo. Si no hay fecundación, el cuerpo lúteo degenera varios días después de la ovulación.

Conductos

Los óvulos liberados durante la ovulación son recogidos por las trompas de Falopio, también llamadas trompas uterinas u oviductos, y conducidos hasta la cavidad del útero. En humanos, las trompas de Falopio miden entre 10 y 12 cm. Hay dos trompas, una por cada ovario, y en ellas se produce la fecundación y parte del desarrollo embrionario temprano hasta el estado de blastocisto. Los espermatozoides han de hacer un largo recorrido: la longitud del útero y subir por las trompas de Falopio hasta encontrarse con el óvulo para realizar la fecundación.

Cada trompa de Falopio tiene varias partes. El infundíbulo o pabellón es la parte más próxima al ovario, tiene forma de embudo, y es responsable de recoger el óvulo liberado desde el ovario. La ampolla es la porción más larga del conducto, unos dos tercios de la longitud total, y es donde se produce la fecundación. El istmo es la parte más próxima al útero, y también más estrecha. Por último, la porción uterina

o intramural se introduce en las paredes del útero y desemboca en su cavidad interna del útero.

La pared de las trompas de Falopio está compuesta desde afuera hacia adentro por una serosa o peritoneo visceral, que es un mesotelio más una capa fina de tejido conectivo. Más internamente se encuentra una capa muscular formada por una capa longitudinal externa y otra circular interna más gruesa. Por último, internamente hay una mucosa que tiene pliegues longitudinales que se disponen hacia la luz del conducto, y está formada por tejido conectivo más un epitelio simple cilíndrico que tiene dos tipos de células: ciliadas y no ciliadas. Las ciliadas baten sus cilios hacia el útero y permiten que el óvulo se desplace en esa dirección. Las células no ciliadas son secretoras y producen sustancias nutritivas para el óvulo. La proporción y morfología de estos dos tipos celulares cambia durante el ciclo menstrual. Los estrógenos provocan mayor proporción de células ciliadas y un aumento en la altura celular. El óvulo no puede moverse por sí mismo y su desplazamiento es provocado por los movimientos peristálticos de la trompas y por la actividad de las células ciliadas. Los espermatozoides viajan en sentido contrario y no se conoce exactamente, aparte del desplazamiento por el movimiento de su flagelo, qué los impulsa por las trompas hacia el óvulo.

El útero es la parte de los conductos reproductores donde se produce la mayor parte del desarrollo embrionario en el caso de que se haya producido fecundación. Se localiza entre las trompas de Falopio y la vagina. En humanos mide unos 7.5 cm de longitud. Se divide en una porción superior denominada cuerpo y otra inferior o cérvix. La pared del útero es gruesa y la componen tres capas de tejidos: endometrio o mucosa del útero formada por epitelio simple prismático más tejido conectivo, miometrio o capa muscular gruesa que se continúa con la de las trompas de Falopio y perimetrio que es la envuelta peritoneal. Las dos primeras capas, endometrio y miometrio, sufren cambios durante los ciclos mensuales que conforman el ciclo menstrual. Si se produce fecundación el embrión invadirá estas capas y se formará la placenta. La placenta tiene dos componentes, uno de origen embrionario o corion y otro producido

por el endometrio denominado decidua. La parte de la cérvix posee una mucosa diferente a la del resto del útero porque posee unas glándulas que liberan contenidos más o menos viscosos dependiendo de la fase del ciclo menstrual, lo cual dificulta o facilita la entrada de los espermatozoides en la cavidad uterina.

La vagina es el receptáculo del órgano sexual masculino y comunica la cavidad uterina con el vestíbulo vaginal, la zona localizada entre los dos labios menores. Está formada por una capa mucosa interna muy plegada, con un epitelio estratificado plano, normalmente no queratinizado. Internamente le sigue una capa muscular formada por dos estratos de músculo liso, uno interno circular y otro externo longitudinal. El longitudinal es mucho más grueso y se continúa con el del útero. Existen algunas fibras musculares estriadas en la zona de la entrada de la vagina. Por último existe una capa adventicia formada por conectivo denso, seguida por conectivo laxo. La vagina no posee glándulas y su lubricación proviene de las glándulas que se encuentran en la cérvix, mientras que la lubricación externa se produce por glándulas situadas entre los labios vaginales.

Genitales

El órgano sexual externo femenino se denomina vulva e incluye el monte de Venus, labios mayores, labios menores, clítoris y vestíbulo vaginal. El monte de Venus es una elevación redondeada formada por tejido adiposo subcutáneo. Los labios son pliegues cutáneos, los externos poseen folículos pilosos y músculo liso, y ambos tienen glándulas sudoríparas y sebáceas. El clítoris es una estructura eréctil homóloga al pene y posee cuerpos cavernosos, además de otra pequeña estructura denominada glándula del clítoris. El vestíbulo vaginal está revestido por epitelio estratificado plano con una gran cantidad de pequeñas glándulas mucosas y otras más complejas túbulovalveolares que desembocan en las proximidades de la abertura vaginal. Son las que producen la lubricación de la parte externa del órgano sexual femenino. Los genitales externos poseen una gran cantidad de terminaciones nerviosas como corpúsculos Meissner, de Pacini y terminaciones nerviosas libres.

3 Reproductor masculino

El sistema reproductor masculino comprende los testículos, los conductos que los comunican con el exterior, las glándulas asociadas a éstos y el órgano reproductor o pene (Figura 2). La principal función de este sistema es la producción de gametos masculinos o espermatozoides para llevar a cabo la reproducción sexual. Pero además actúa como una glándula endocrina que secreta hormonas andrógenas como la testosterona, la cual induce los caracteres sexuales secundarios, permitiendo de esta manera el dimorfismo sexual.

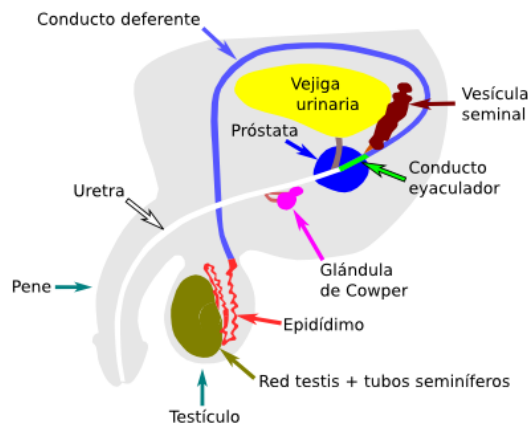


Figura 2: Esquema del sistema reproductor masculino humano.

El testículo

Los testículos son estructuras ovoideas suspendidas dentro de una bolsa denominada escroto, ubicada fuera de la cavidad abdominal. Al ser una prolongación del peritoneo, el escroto contiene dos capas de mesotelio entre las que se encuentra un líquido seroso secretado por las células mesoteliales que actúa de lubricante y que permite la movilidad al testículo.

Cada testículo está rodeado por una envuelta de tejido conectivo denominada capa albugínea (Figura 3), la cual se divide en dos capas: una externa formada en su mayor parte por tejido conectivo fibroelástico denso, con algunas células musculares lisas, y una capa más interna rica en vasos sanguíneos denominada túnica vascular. En la parte posterior de cada testículo la capa albugínea se engruesa

para formar el mediastino testicular, desde el cual se emiten hacia la parte anterior del testículo una serie de tabiques, denominados testiculares, que dividen al testículo en numerosos compartimentos con forma piramidal denominados lobulillos testiculares. Estos lobulillos se conectan unos con otros mediante discontinuidades de los tabiques testiculares y cada uno contiene entre 1 y 4 túbulos seminíferos, rodeados por conectivo laxo. En este conectivo se encuentran vasos sanguíneos, prolongaciones nerviosas y células intersticiales como las células de Leydig, que son las células productoras de testosterona.

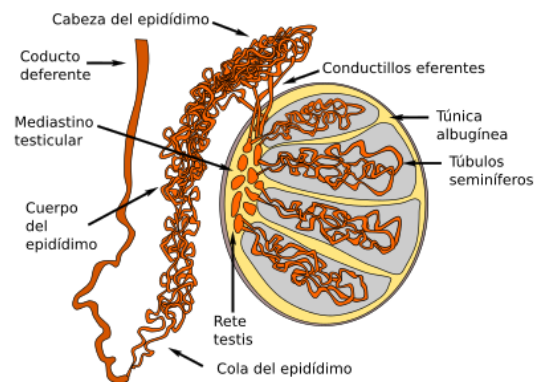


Figura 3: Esquema de un testículo. La parte anterior es hacia la derecha.

Los túbulos seminíferos son contorneados, de unos 0.2 mm de diámetro y entre 30 y 70 cm de largo en humanos. Pueden tener un extremo ciego o bien conectado con otro túbulo de otro lobulillo testicular. Los túbulos seminíferos se vuelve más rectos en la parte posterior del lobulillo, donde convergen en una red de conductos denominada red testicular o rete testis.

El epitelio germinativo forma la mayor parte del túbulo seminífero y contiene las células germinales o espermatogonias, además de células somáticas denominadas células de Sertoli. Estas últimas no se dividen después de la pubertad. Las células germinales o espermatogonias constituyen la mayor parte del epitelio germinativo y están en constante proceso de proliferación, bien sea por mitosis, para dar nuevas células germinales, o por meiosis para producir gametos. La meiosis es un proceso fundamental para la reproducción sexual puesto que produce variabilidad génica mediante recombinación entre cromosomo-

mas homólogos y termina dando células haploides, las cuales por un proceso denominado espermiogénesis se transformarán en espermatozoides.

Cada túbulo seminífero está rodeada por una capa de tejido conectivo fibroso denominada capa limitante o peritubular. Este tejido conectivo contiene numerosas fibras y algunas células musculares lisas denominadas células mioideas, las cuales permiten la contracción de los túbulos seminíferos y el desplazamiento de los espermatozoides producidos hasta la red testicular.

Conductos

El sistema reproductor masculino cuenta con una serie de conductos destinados a recoger, almacenar y liberar a los gametos masculinos.

Las porciones rectas de los túbulos seminíferos se sitúan en los vértices o parte posterior de los lobulillos testiculares y son las encargadas de recoger la producción de gametos de las otras partes de los túbulos seminíferos. Tienen un recorrido corto, carecen de células germinales y están formadas sólo por células de Sertoli. Confluyen en una red de tubos anastomosados e inmersos en el mediastino testicular denominada red testicular, también rete testis o red de Haller, cuyos conductos están formados por epitelio cúbico simple.

De la parte superior de la red testicular surgen de 15 a 20 conductos eferentes que forman unos lóbulos denominados epididimarios, o conos eferentes, los cuales constituyen la mayor parte de lo que se conoce como cabeza del epidídimo. Los conductos eferentes van confluyendo hasta formar un sólo conducto denominado conducto del epidídimo, que forma la mayor parte del cuerpo del epidídimo. Es un tubo muy tortuoso donde se almacenan los espermatozoides. El epitelio del epidídimo es pseudoestratificado rodeado por una lámina basal y tejido conectivo, bajo el cual se encuentra una capa muy delgada con células musculares lisas que producen contracciones peristálticas. En los conductos eferentes también se observa esta capa de tejido muscular.

El conducto del epidídimo se transforma en conducto deferente, el cual transcurre desde el escroto hasta la región inguinal, recorriendo la pared lat-

eral de la pelvis en dirección hacia la uretra. Es un conducto de paredes muy gruesas y una luz muy reducida. Está revestido por un epitelio pseudoestratificado, bajo el cual hay una lámina propia muy delgada y una submucosa poco delimitada. Externamente presenta una capa muscular muy desarrollada con tres capas de músculo liso. Una capa adventicia rodea a la capa muscular. Cerca de su terminación el conducto deferente forma una dilatación denominada ampolla.

El conducto eyaculador es un segmento terminal corto que ocupa el tramo que hay tras la ampolla del conducto deferente, atraviesa la próstata y desemboca en la uretra. Es un conducto formado por epitelio cilíndrico o pseudoestratificado.

Glándulas

Las glándulas relacionadas con el sistema reproductor masculino son las seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales o de Cowper.

Vesículas seminales. Se sitúan detrás de la próstata y son estructuras alargadas cuyo conducto excretor se une al conducto deferente para formar el conducto eyaculador. Están formadas por un epitelio pseudoestratificado de células secretoras que producen un líquido alcalino viscoso amarillento: el líquido seminal. Este fluido contiene sustancias como fructosa, para alimentar a los espermatozoides, o las prostaglandinas, las cuales parecen influir en el aparato reproductor femenino. La actividad secretora del epitelio depende de la acción de la testosterona.

Las vesículas seminales poseen una lámina propia muy vascularizada, que junto con el epitelio forma la mucosa. Bajo la mucosa hay una submucosa muy plegada. Las crestas de estos pliegues, que proyectan también a la mucosa, pueden estar fusionadas en sus partes apicales, creándose subcompartimentos de diferentes tamaños. Esto hace que la luz de la vesícula seminal sea muy irregular con un aspecto de panal de abeja a bajo aumentos. Por debajo de la submucosa hay una capa de músculo liso. La parte más interna es una adventicia.

Próstata. Es una glándula formada en humanos por 30 a 50 glándulas compuestas túbulo-alveolares que desembocan en la uretra prostática y están inmersas

en un estroma fibromuscular. La próstata está formada por cuatro zonas de diferente tamaño, la zona de transición, que rodea a la uretra, la zona central, que rodea a los conductos eyaculadores, la zona periférica, que forma la mayor parte de la glándula, y el estroma fibromuscular anterior, que no es glandular.

Hay tres niveles de organización en esta glándula. En la mucosa de la uretra hay glándulas pequeñas, al igual que ocurre en la submucosa. Los elementos glandulares principales se encuentran en la periferia, inmersos en un estroma de conectivo fibroso donde también se encuentran células musculares lisas, constituyendo en su conjunto la mayor parte de la próstata. Externamente hay una cápsula de conectivo fibroelástico que contiene además algunas fibras musculares lisas. El líquido prostático contiene enzimas como las fibrinolisininas que ayudan a disminuir la viscosidad del líquido del semen.

Las glándulas bulbo-uretrales, también llamadas glándulas de Cowper, son pequeñas y se encuentran posteriores a la uretra. Cada glándula bulbo-uretral es de tipo compuesta túbulo-alveolar cuyo conducto

excretor desemboca en la uretra del pene. La parte secretora está formada por epitelio cúbico o cilíndrico, rodeado por tejido conectivo, donde se pueden encontrar fibras musculares esqueléticas, las cuales emiten prolongaciones a modo de tabique para separar los lobulillos de la glándula. Su producto de secreción es fundamentalmente lubricante y se libera independientemente de la eyaculación.

Órgano reproductor

El órgano reproductor masculino es el pene. Está dividido en dos masas dorsales denominadas cuerpos cavernosos y una masa central denominada cuerpo esponjoso, donde se encuentra la uretra. Hay una capa de tejido conectivo que rodea a cada una de estas partes y además un tejido fibroelástico, la túnica albugínea, que las enlaza. Los cuerpos cavernosos son cavidades vasculares grandes anastomosadas que se llenan de sangre durante la erección. Externamente están recubiertas por musculatura lisa. La parte final del pene se denomina glande y está bordeada por un repliegue de la piel denominado prepucio.

4 Imagen; ovario

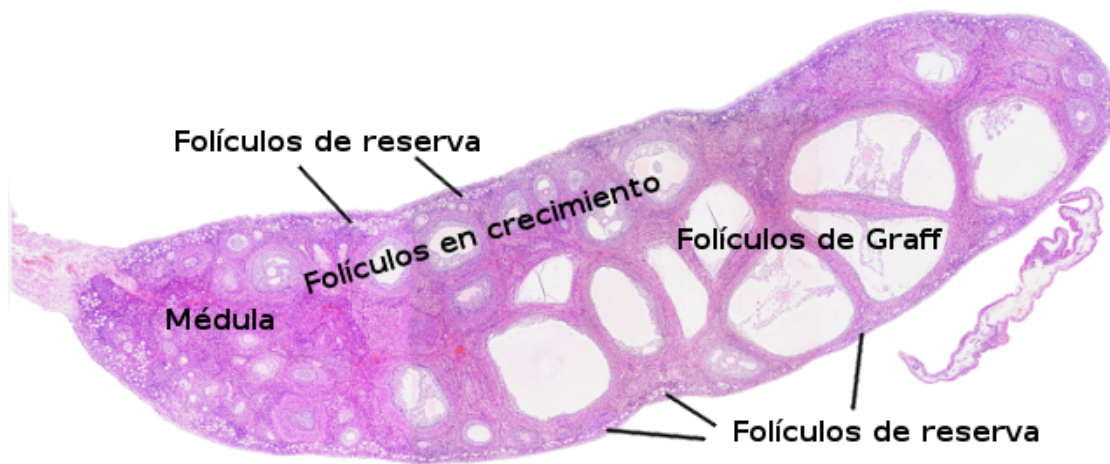


Figura 4: Órgano: ovario. Especie: conejo. (*Oryctolagus cuniculus*). Técnica: secciones de parafina teñidas con PAS - hematoxilina.

Estructuralmente, un ovario está formado por el epitelio ovárico, la túnica albugínea, región cortical y región medular.

El epitelio ovárico es una capa de células cuboidales que recubre el ovario (no mostrado en la imagen). No se forma a partir de estructuras ováricas sino que es mesotelio.

La túnica albugínea es una capa de tejido conjuntivo denso fibroso con células fusiformes. Su función es eminentemente protectora. Es una capa más densa que la túnica albugínea que recubre los testículos.

La corteza del ovario está formada por el estroma, tejido similar al conectivo pero con una gran cantidad de células respecto a la matriz extracelular, y posee pocas fibras reticulares y de colágeno. El estroma está altamente vascularizado. Entre las células del estroma se encuentran los folículos ováricos en distinto estado

de maduración, siendo los más abundantes los folículos de reserva.

La médula es la zona más interna del ovario, rodeada por la corteza. Los límites entre corteza y médula no están muy definidos. La médula está formada por tejido conectivo fibroelástico laxo y contiene numerosos vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios, los cuales entran y salen del ovario por una zona denominada hilio. En la médula no hay folículos ováricos.

En humanos cada ovario está unido a la superficie posterior del ligamento ancho del útero a través de un pliegue de peritoneo denominado mesoovario. La parte superior del ovario está fijada mediante el ligamento lumboovárico a la pared de la pelvis. Por este ligamento también viajan los nervios y vasos sanguíneos que irrigan el ovario. La parte inferior está unida al útero mediante el ligamento ovárico.

5 Imagen; folículos

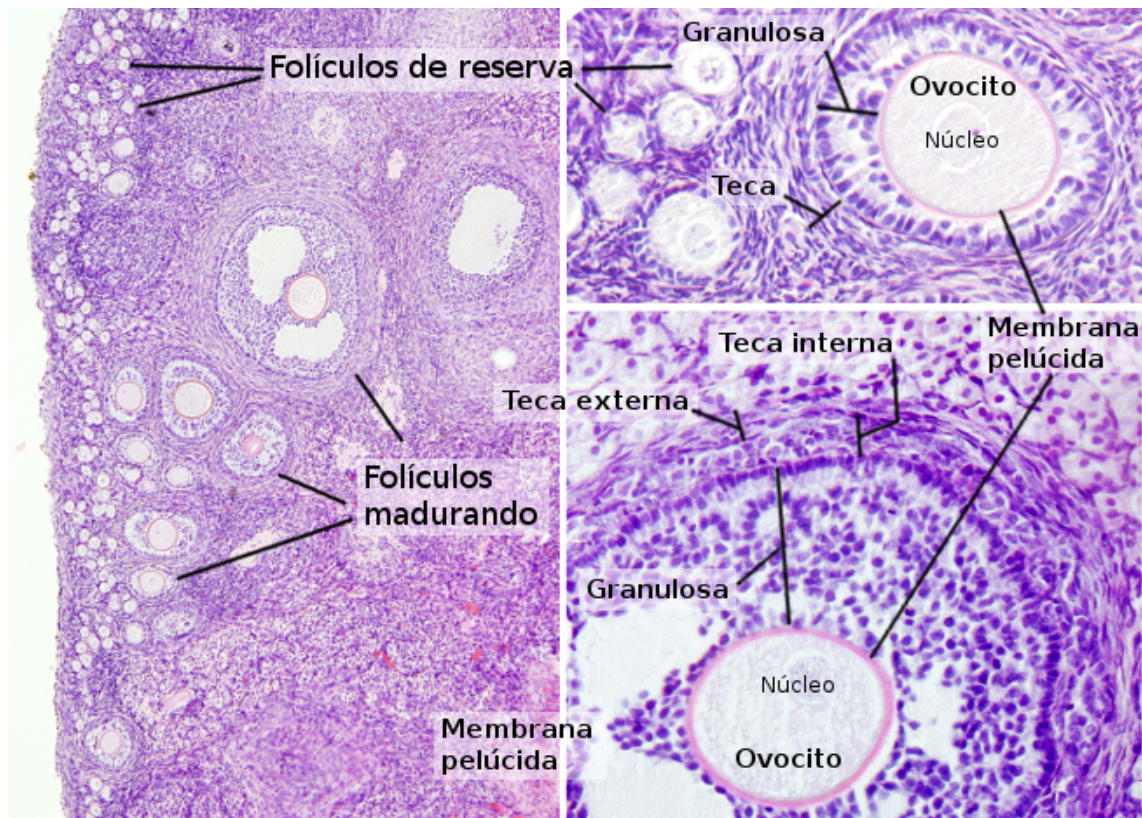


Figura 5: Órgano: ovario, folículos. Especie: conejo. (*Oryctolagus cuniculus*. Mamífero). Técnica: secciones de parafina, PAS - Hematoxilina

El folículo, formado por un ovocito rodeado por células somáticas, es la organización más frecuentemente en los ovarios de los animales. En los mamíferos los folículos se producen durante el periodo embrionario, cesando su producción en el periodo perinatal. Desde el nacimiento permanecen en estado de reposo hasta que en la pubertad, o madurez sexual, comienzan a madurar en grupos más o menos numerosos, y en periodos de tiempo diferentes, dependiendo de la especie animal.

Los folículos de reserva o primordiales son ovocitos rodeados por una sola capa de células somáticas más o menos aplanadas. Se disponen en la periferia del ovario, próximos a la túnica albugínea. Los ovocitos son ovocitos primarios, es decir, están detenidos antes de la primera división meiótica.

Los folículos en maduración se desarrollan en la pubertad y se producen hasta la menopausia, en mamíferos. En la pubertad algunos de los folículos de reserva empiezan un periodo de maduración que terminará en el estado de folículo de Graff, desde el cual se produce la ovulación. Durante el proceso de maduración, las células somáticas que rodean al ovocito se vuelven cuboidales formando una capa denominada granulosa. Asimismo, se crea una capa de material extracelular claro entre el ovocito y la granulosa denominada membrana pelúcida. En esta fase se dice que tenemos folículos primarios. También se produce un aumento de tamaño del propio ovocito. La granulosa aumenta el número de células y el número de capas en torno a la membrana pelúcida. Externamente a la granulosa se organizan células muy aplanadas formando una capa denominada teca, inicialmente con

poco espesor, pero que progresivamente se dividirá en una teca interna formada por células más redondeadas y por una teca externa con células más aplanadas. El folículo irá creciendo en tamaño y en las células de la granulosas se irán abriendo espacios llenos de fluido y carentes de células denominados antra. Tenemos entonces el denominado folículo secundario.

Posteriormente, los espacios llenos de fluido se fusionan para formar un único espacio. En él se encuentra el ovocito rodeado por la membrana pelúcida y por unas pocas capas de células granulares, denominadas cúmulo oóforo. Las células de este cúmulo en contacto con la membrana pelúcida se denominan corona radiada. El cúmulo oóforo está unido a la capa de la granulosa por un istmo de células. La capa de la granulosa ha crecido en número de células y en espesor. También la capa de la teca es más espesa y con más células. El crecimiento de la parte somática del folículo hace que éste aumente enormemente de tamaño, denominándose en este estadio folículo terciario. Un folículo terciario bien desarrollado se llama

folículo de Graaf. Es el paso previo a la ovulación. En humanos, el ovocito termina la primera división meiótica en este estadio y por tanto se genera un ovocito secundario, junto con un cuerpo polar.

La ovulación consiste en la liberación del ovocito desde el folículo, y desde el ovario, hasta el pabellón de la trompa de Falopio. Junto con el ovocito, rodeándolo, también se libera la membrana pelúcida y una capa de células de la granulosa formando la denominada corona radiada (restos del cúmulo oóforo).

Las células de la granulosa y las de la teca interna del folículo que liberó el óvulo se dividen muchas veces y forman una estructura grande denominada cuerpo lúteo. Su misión es producir hormonas como progesterona y estrógenos. Si hay fecundación e implante del embrión en el útero el cuerpo lúteo permanece durante el periodo de embarazo. De lo contrario, se mantiene activo durante unos días y luego cesa su actividad, convirtiéndose en el denominado cuerpo albicans, que posteriormente degenera.

6 Imagen; túbulos seminíferos

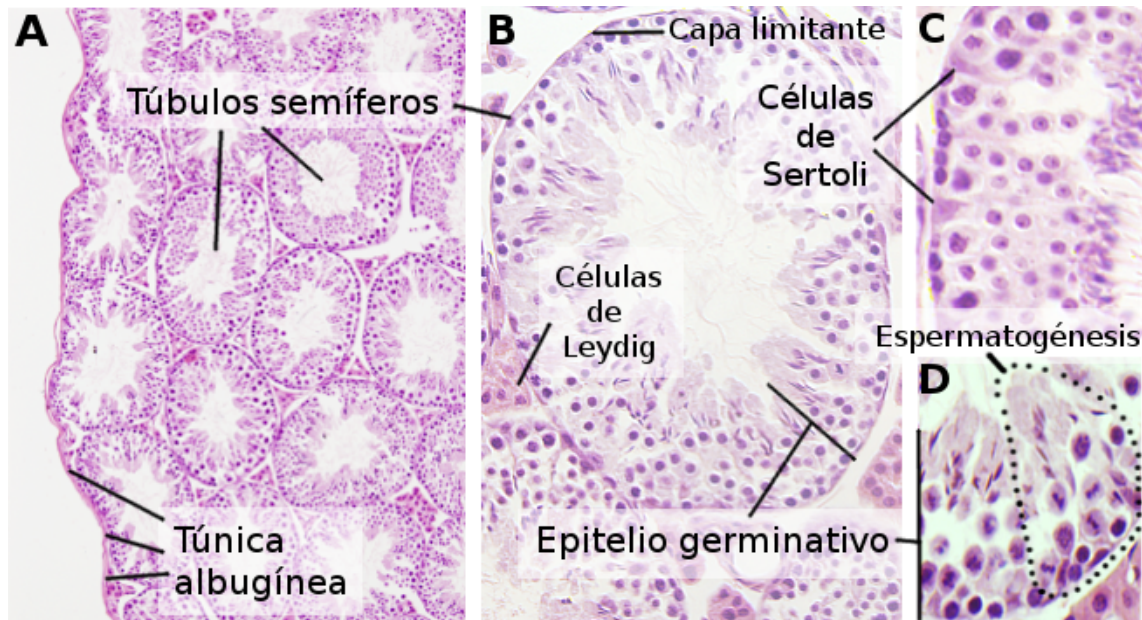


Figura 6: Órgano: testículo. Especie: ratón. (*Mus musculus*; mamífero). Técnica: secciones de parafina, hematoxilina-eosina.

Los túbulos seminíferos son el lugar del testículo donde se lleva a cabo la espermatogénesis o producción de espermatozoides. Cada túbulo seminífero puede medir en humanos entre 30 y 80 centímetros de longitud y tienen un diámetro de 150 a 250 μm . El epitelio germinativo o seminífero forma la pared del túbulo. Es estratificado y está formado por células germinales en los distintos estados de la espermatogénesis, que comprende la meiosis y la espermiogénesis (diferentes etapas de diferenciación de los espermatozoides). Entre las células germinales se encuentran células somáticas denominadas células de Sertoli. Rodeando al epitelio germinativo hay una capa de tejido conectivo denominada capa limitante o túnica propia.

Las células germinales se denominan de diferente forma según el estado de la espermatogénesis en el que se encuentren. Las espermatogonias son las células troncales que se dividen para producir más células troncales y a otras células que comenzarán la espermatogénesis para formar gametos. Su posición es periférica en el epitelio, estando en contacto con la

lámina basal. Cuando una célula descendiente de una espermatogonia se despegue de la lámina basal comienza en primer lugar un proceso de división mitótica que da lugar a una cohorte de espermatogonias denominadas tipo A y posteriormente tipo B. Estas últimas son las que sufren la meiosis. En primer lugar se transforman en espermatocitos primarios, los cuales sufrirán recombinación cromosómica en la profase I de la meiosis, tras lo cual se llevará a cabo la primera división meiótica. Como resultado se producen los espermatocitos secundarios que sufren la segunda división meiótica. Como consecuencia de ambas divisiones de una espermatogonia B se obtienen cuatro células denominadas espermátidas, las cuales son haploides (reducción a la mitad del número de cromosomas).

Las espermátidas llevarán a cabo una gran transformación celular, denominada espermiogénesis, para convertirse en espermatozoides. Esta etapa conlleva sobre todo la creación de un flagelo y un acrosoma (compartimento con enzimas líticas), pérdida de una gran cantidad de material celular y enorme

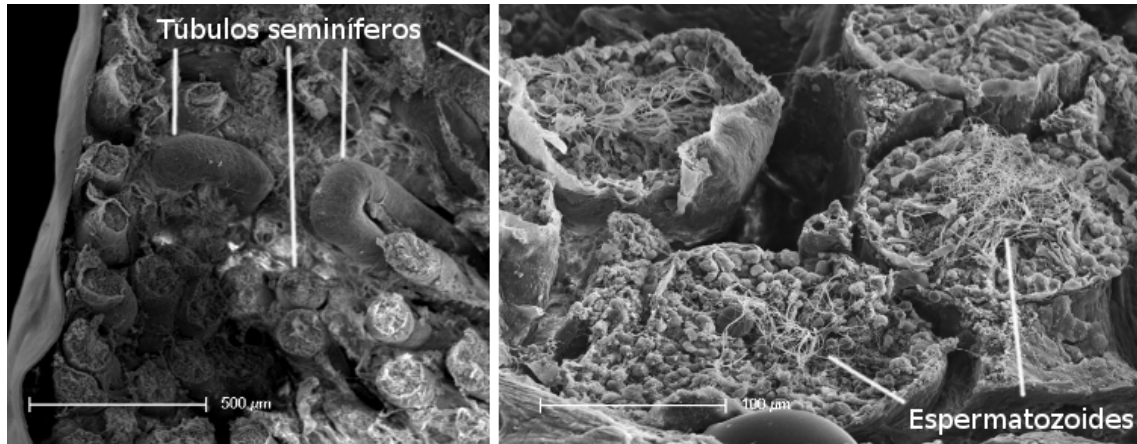


Figura 7: Imagen tomada con un microscopio electrónico de barrido. Se muestran los túbulos seminíferos de un testículo de rata. En la imagen de la izquierda se muestran a menos aumentos, mientras que en la de la derecha se pueden distinguir los flagelos de los espermatozoides.

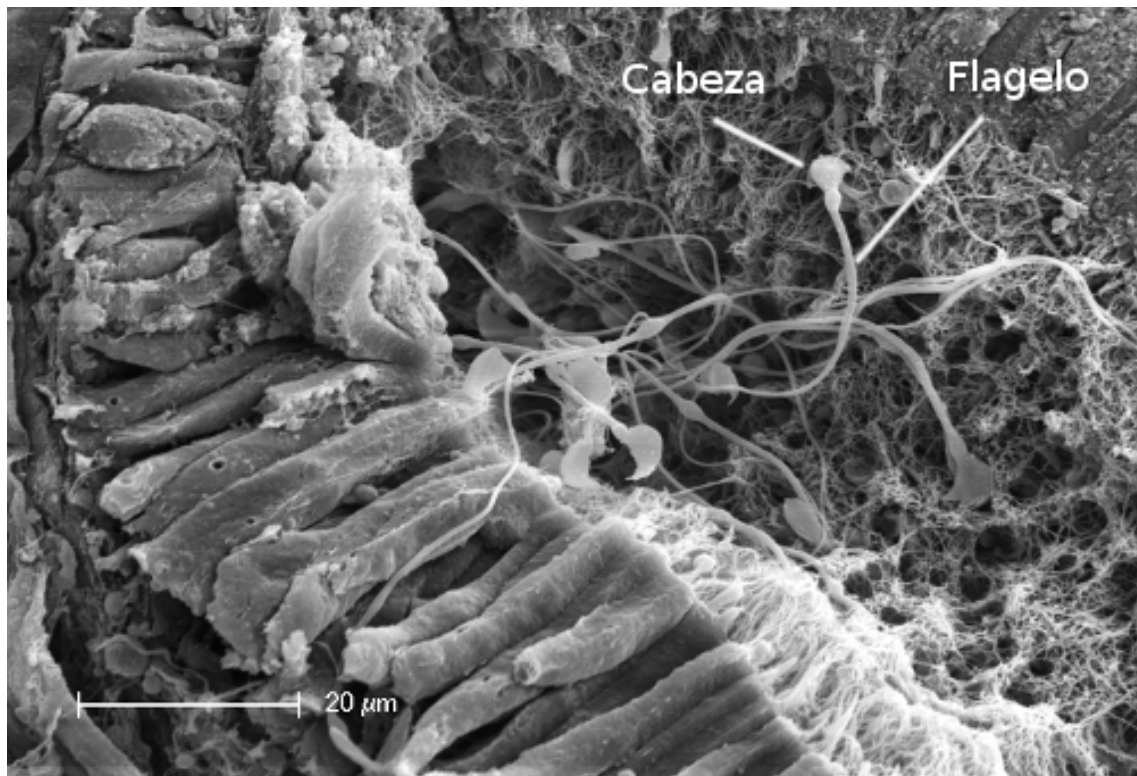


Figura 8: Imagen tomada con un microscopio electrónico de barrido. Se observan espermatozoides de rata, no en los túbulos seminíferos sino en el epidídimo.

compactación del ADN.

Todos los tipos celulares descritos anteriormente se pueden observar a lo largo del espesor del epitelio germinativo, aunque en tinciones generales no es fácil

distinguir algunos de ellos. Ayuda a identificarlos su posición puesto que las espermatogonias se sitúan en la periferia y los espermatozoides en el interior del tubo. Entre ambos están todos los demás tipos celulares.

Entre las espermatogonias se encuentran los cuerpos celulares de las células de Sertoli. Son células somáticas (no germinales) grandes, con forma ovoide o triangular, con el núcleo claro, a veces indentado, y es frecuente observar un nucléolo. Aunque su núcleo se encuentra cerca de la lámina basal del conducto, emiten prolongaciones hacia el interior del conducto y también lateralmente, las cuales ocupan los espacios entre las células germinales. Actúan como células de sostén de las células germinales. Las prolongaciones de las células de Sertoli vecinas están conectadas entre sí mediante complejos de unión, creando un armazón que se extiende a todo lo largo del epitelio germinativo. Además de su función estructural las células de Sertoli actúan como secretoras produciendo el líquido testicular que llena el túbulo seminífero y como células endocrinas liberadoras de hormonas como la inhibina, la cual actúa sobre la hipófisis. Estas células no se dividen tras la pubertad.

Las células de Leydig se localizan entre los túbulos

seminíferos, son redondeadas y grandes en tamaño, eosinófilas y presentan inclusiones de lípidos. Estas células secretan testosterona desde el inicio del desarrollo del feto hasta la edad adulta. La función de esta hormona durante el desarrollo fetal es permitir que las crestas gonadales se conviertan en testículos, durante la pubertad provoca la producción de espermatozoides y el desarrollo de los caracteres morfológicos masculinos, mientras que en la etapa adulta es necesaria para mantener las características sexuales conseguidas durante la pubertad.

Rodeando a los túbulos seminíferos tenemos la capa limitante o túnica propia, formada por tejido conectivo dispuesto en capas delgadas donde no aparecen fibroblastos típicos. Sin embargo, aparecen otras células que poseen capacidad contráctil denominadas células mioideas. Las contracciones periódicas de estas células provocan contracciones peristálticas que contribuyen a mover el líquido testicular y los espermatozoides a lo largo del túbulo seminífero.

7 Imagen; vesícula seminal

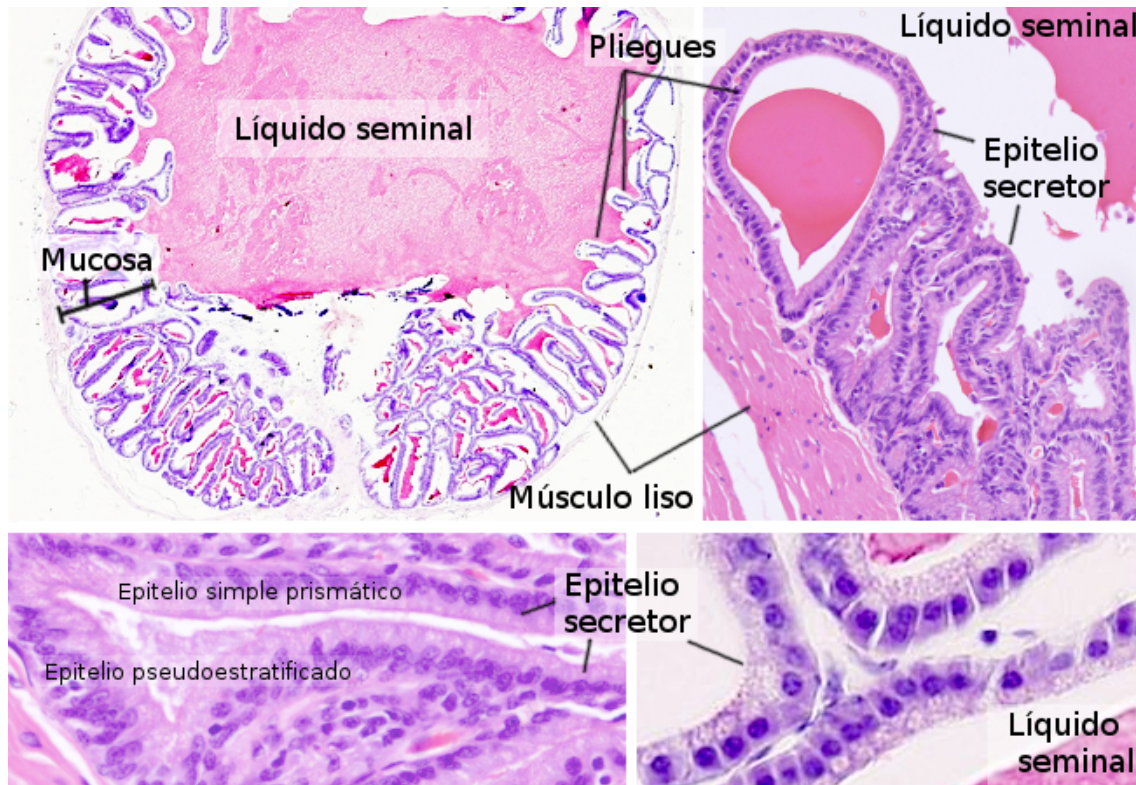


Figura 9: Órgano: reproductor masculino, vesícula seminal. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*; mamífero). Técnica: parafina, corte de 10 μm , hematoxilina-eosina.

Las vesículas seminales son dos glándulas tubulares con forma irregular que se encuentran encima de la próstata y detrás de la vejiga urinaria. De cada glándula parte un conducto excretor corto, los cuales se combinan con la ampolla del conducto deferente para formar el conducto eyaculador. Las paredes de las vesículas seminales están formadas por una mucosa que presenta los característicos pliegues anastomosados. Para aumentar la superficie de secreción hay pliegues primarios que a su vez generan secundarios y éstos pueden formar incluso terciarios. Además, los pliegues se fusionan formando tabiques que encierran cavidades irregulares, las cuales se comunican con la luz o interior de la glándula. En esta imagen se muestran lo que parecen ser varias cavidades interiores aisladas cuando en realidad la luz es sólo una.

La mucosa está formada por un epitelio que es en su totalidad secretor, debajo del cual está la lámina

propia de tejido conjuntivo poco desarrollada. El epitelio es variable, se observan zonas donde es simple prismático y otras donde aparece pseudoestratificado prismático biseriado. En cualquier caso, las células prismáticas presentan un núcleo alargado situado en posición basal estando la parte apical del citoplasma ocupado por las vesículas de secreción. Además, se ha descrito la presencia de granos de lipofucsina. El modo de secreción puede ser de dos tipos: merocrina, o por exocitosis, y de tipo apocrino, en la que parte apical de la célula se destruye durante la secreción. Las vesículas contienen fructosa que sirve de sustrato metabólico a los espermatozoides, junto a otros sacáridos, aminoácidos, ácido ascórbico y prostaglandinas (cuya función no se conoce). Es curioso también su contenido en flavinas con importancia en medicina forense ya que estas sustancias son pigmentos amarillos que dan fluorescencia con la luz ultravioleta. Car-

acterística que sirve para determinar la presencia de manchas de semen.

La mucosa se apoya en una capa de músculo liso muy desarrollada, que se compone de fibras oblicuas y longitudinales, sin una separación clara. La contracción de esta musculatura ocurre durante la eyaculación. En este momento la vesícula seminal expulsa el líquido seminal hacia los conductos eyaculadores contribuyendo de esta manera al movimiento de los espermatozoides a lo largo de la uretra. Antes se consideraba a las vesículas seminales los lugares de almacenamiento de espermatozoides, sin embargo, nunca contienen espermatozoides. Son glándulas que sólo

secretan el líquido seminal, que constituye la mayor parte del semen. La función secretora de la vesícula está bajo el influjo de la testosterona.

Estas glándulas se desarrollan del conducto deferente durante el desarrollo embrionario por lo que su estructura histológica es muy similar. Para reconocerlas en preparados histológicos hay que recordar que las vesículas seminales presentan una luz muy amplia, una mucosa con pliegues marcados y una capa muscular más fina que el conducto deferente. Durante el envejecimiento las vesículas seminales reducen su tamaño y el epitelio se aplana.

8 Imagen; próstata

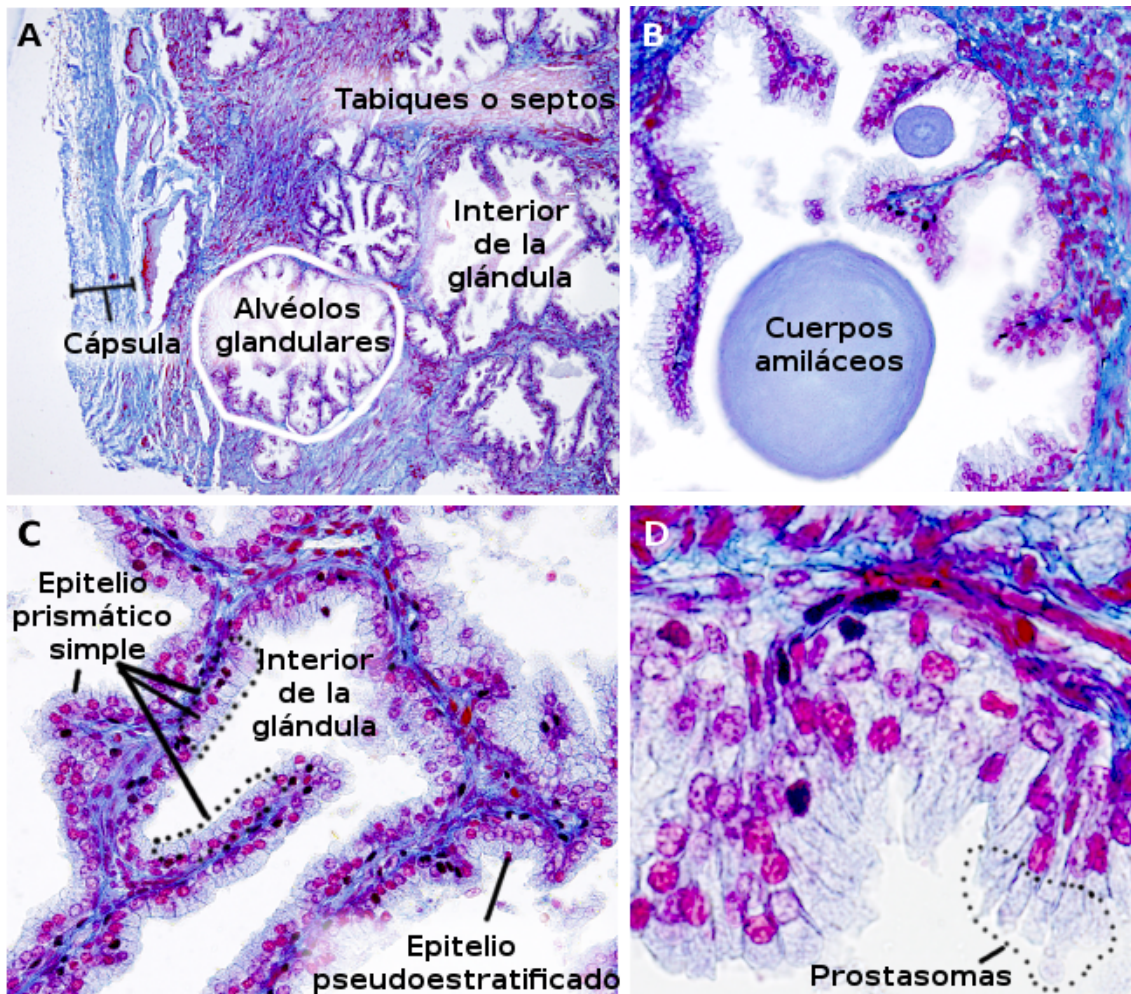


Figura 10: Órgano: reproductor masculino, vesícula seminal. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*; mamífero). Técnica: parafina, corte de 10 μ m, Tricrómico.

Es la glándula más grande de las asociadas al sistema reproductor masculino. En humanos tiene el tamaño y la forma de una nuez que se sitúa en la pelvis, delante del recto e inmediatamente debajo de la vejiga urinaria. De esta forma la próstata está atravesada por la porción inicial de la uretra (uretra prostática) que procede de la vejiga urinaria y por los dos conductos eyaculadores que proceden de unión de los conductos deferentes con los de las vesículas seminales. El tejido es mayormente glandular y está formada por glándulas túbulo-alveolares independientes que secretan su producto en la uretra a través de con-

ductos excretores. Las porciones secretoras (adenómeros) y los conductos excretores tienen una estructura similar en toda la próstata, estando ambos inmersos en un estroma de tejido conectivo y fibras musculares que forman tabiques o septos entre las glándulas. Además, toda la glándula está rodeada por una capa de tejido conjuntivo que forma la cápsula, debajo de la cual se encuentra una capa densa de músculo liso. En esta fotografía ambos tejidos se pueden distinguir con claridad debido a la tinción tricrómica utilizada en esta sección. Tiñéndose en rojo el tejido muscular liso y en azul las fibras

colágenas del tejido conjuntivo (figura A).

Las glándulas prostáticas se distribuyen principalmente en tres regiones de la próstata situadas más o menos alejadas de la uretra. En la zona central, la más cercana a la uretra, las glándulas reciben el nombre de mucosas periuretrales. La siguiente zona es la de transición donde las glándulas se denominan submucosas periuretrales y se conectan a la uretra a través de conductos cortos. Por último la zona periférica está formada por las glándulas prostáticas principales. Entre 30-50 glándulas túbulo-alveolares desembocan en la uretra prostática a través de 15-30 conductos excretores largos que terminan a ambos lados de la cresta uretral.

La división del parénquima prostático en zonas tiene importancia principalmente clínica. Sin embargo, el número de zonas y la descripción de cada una de ellas es y fue objeto de polémica y desacuerdos desde la clasificación de Gil Vernet en 1953 en tres zonas y la de McNeal en 1968 en cuatro. En clínica se tienen en cuenta, en general, la zona periférica donde se concentra el 70% del tejido glandular, siendo la zona más propensa a la inflamación y donde se concentran la mayor parte de los carcinomas. Histológicamente se describen adenómeros más anchos y contorno epitelial liso. En la zona central y transicional se localiza el 25% del tejido glandular y no son frecuentes los carcinomas pero sí las hiperplasias benignas. Se describen adenómeros estrechos y epitelio con pliegues.

Las glándulas túbulo-alveolares individuales tienen un trayecto contorneado por lo que los alvéolos glandulares tienen una forma irregular y un tamaño muy variable. El epitelio glandular está plegado y es, en su mayor parte, pseudoestratificado cilíndrico biseriado y simple cilíndrico (figura B). La altura de las células depende del grado de actividad, más altas cuando son más activas, y cúbicas o casi planas cuando están en reposo. Como en el caso de la vesícula seminal, en la próstata se han descrito dos modos de secreción, la

merocrina y la apocrina. En este último caso las prolongaciones apicales del citoplasma que se desprenden reciben el nombre de prostasomas (figura D).

El producto de secreción de la próstata constituye el 15-20% del líquido eyaculado. Es un líquido lechoso muy fluido que contiene cantidades importantes de ácido cítrico, por lo que tiene pH ácido. Contiene además prostaglandinas, fosfatasa ácida y enzimas proteolíticas que sirven para licuar la secreción prostática. Entre las proteasas es importante señalar la serina proteasa conocida como antígeno prostático específico (PSA: "prostate-specific antigen") que presenta un alto valor diagnóstico en las enfermedades prostáticas. Una elevada concentración de zinc también es característica, la cual parece contribuir a la estabilidad de la cromatina muy condensada en las cabezas de los espermatozoides. La secreción prostática también contiene inmunoglobulinas de tipo A y poliaminas (como la espermina) con efecto bacteriostático. Los cristales de espermina (descritos por primera vez por Leeuwenhoek en semen humano) tienen gran importancia en medicina legal para resolver crímenes sexuales. En el interior de las glándulas prostáticas hay ocasionalmente unas estructuras denominadas cuerpos amiláceos, con estructura laminar concéntrica (figura C). Se cree que éstos se forman por precipitación del producto de secreción alrededor de fragmentos celulares. Su número aumenta con la edad pudiendo incluso calcificarse, y se denominan entonces concreciones o cálculos. Pueden aparecer en el semen.

En esta imagen se muestra una parte de la próstata de mono donde no es posible distinguir todas las zonas descritas previamente. Estudios en primates no humanos, como el macaco o el babuino, muestran dos zonas histológicamente distintas que se denominaron zona craneal y caudal. Se ha demostrado que estas zonas son anatómica e histológicamente similares a las zonas central y periférica humanas.