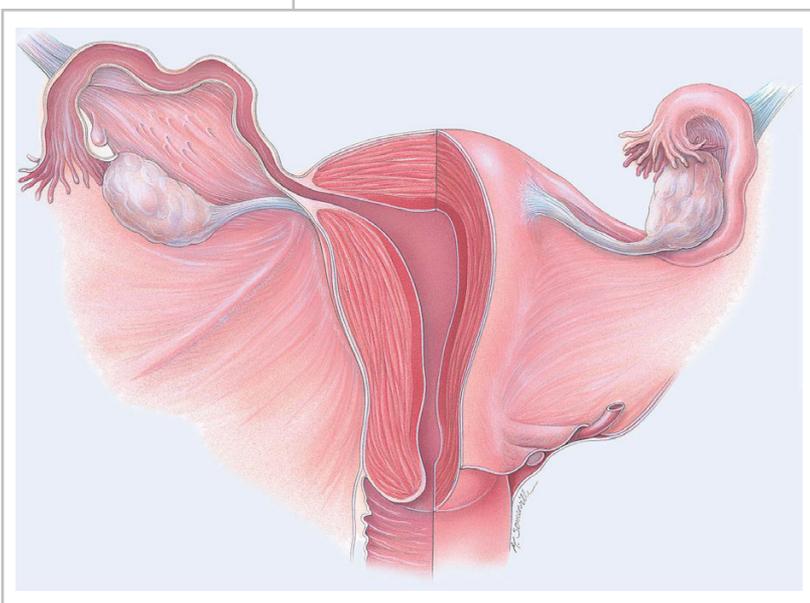


28

LOS APARATOS REPRODUCTORES

LOS APARATOS REPRODUCTORES Y LA HOMEOSTASIS *Los órganos reproductores masculinos y femeninos trabajan juntos para producir la descendencia. Además, los órganos reproductores femeninos ayudan a mantener el crecimiento del embrión y el feto.*



La reproducción sexual es el proceso por el cual los organismos producen descendencia, por medio de células germinales llamadas **gametos** (de *gametées*, esposa). Luego de que el gameto masculino (espermatozoide) se une al gameto femenino (ovocito secundario u ovocito II) (fenómeno llamado **fecundación**), la célula resultante contiene un juego de cromosomas de cada progenitor. Los hombres y las mujeres tienen órganos reproductores anatómicamente distintos que se encuentran adaptados para producir gametos, permitir la fecundación y, en las mujeres, mantener el crecimiento del embrión y el feto.

Los órganos reproductores masculinos y femeninos pueden agruparse según su función. Las **gónadas** (testículos en el hombre y ovarios en la mujer) producen gametos y secretan hormonas sexuales. Diferentes **conductos** se encargan del almacenamiento y transporte de gametos, y las **glándulas sexuales accesorias** producen sustancias que protegen los gametos y facilitan su movimiento. Finalmente, **las estructuras de sostén**, como el pene y el útero, ayudan en la liberación y el encuentro de los gametos.

La **ginecología** (*ginaikós-*, mujer; y *-logos*, estudio) es la especialidad que se ocupa del diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del aparato reproductor femenino. Como se menciona en el Capítulo 26, la **urología** es el estudio del aparato urinario. Los urólogos también diagnostican y tratan enfermedades y trastornos del aparato reproductor masculino. Y la rama de la medicina que se dedica específicamente al tratamiento de trastornos como esterilidad y disfunción sexual masculinas es la andrología (*andrós-*, varón).



¿Alguna vez quiso saber cómo se realizan las cirugías de aumento y reducción mamaria?

28.1 APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

OBJETIVOS

- Describir la localización, estructura y funciones de los órganos del aparato reproductor masculino.
- Analizar el proceso de espermatogénesis en los testículos.

Los órganos que componen el aparato reproductor masculino son los testículos, un sistema de conductos (que incluye el epidídimo, el conducto deferente, los conductos eyaculadores y la uretra), glándulas sexuales accesorias (las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales) y varias estructuras de sostén, como el escroto y el pene (Figura 28.1). Los testículos (gónadas masculinas) producen espermatozoides y secretan hormonas. El sistema de conductos transporta y almacena los espermatozoides, participa en su maduración y los conduce al exterior. El semen contiene espermatozoides y secreciones provistas por las glándulas sexuales accesorias. Las estructuras de sostén tienen varias funciones. El pene libera los espermatozoides dentro del aparato reproductor femenino, y el escroto sostiene los testículos.

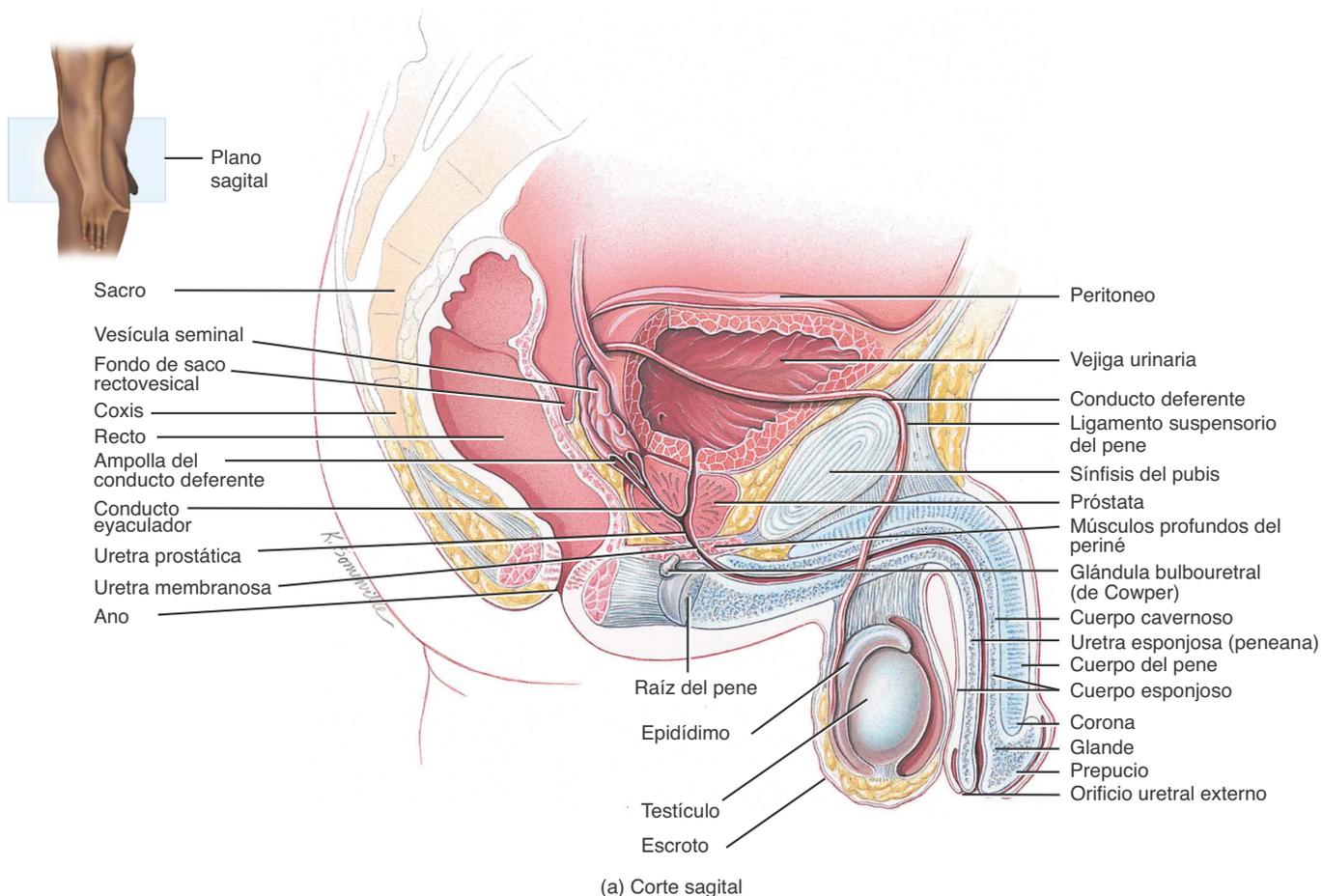
Escroto

El escroto (bolsa), la estructura de sostén para los testículos, está compuesta por piel laxa y la fascia superficial que cuelga de la raíz (porción fija) del pene (Figura 28.1a). Exteriormente, el escroto se ve como una única bolsa de piel separada en dos porciones laterales por un surco medio llamado **rafe**. En su interior, el **septo o tabique escrotal** divide al escroto en dos sacos, cada uno con un testículo (Figura 28.2). El tabique está formado por una fascia superficial y tejido muscular, el **músculo dartos** (de *dartós*, despellejado), que se compone de haces de fibras musculares lisas. El músculo dartos también se encuentra en el tejido subcutáneo del escroto. Asociado con cada testículo se encuentra el **músculo cremáster** (suspensor), una pequeña banda de músculo esquelético que es una continuación del músculo oblicuo interno del abdomen, que desciende a través del cordón espermático y rodea los testículos.

La localización del escroto y la contracción de sus fibras musculares regulan la temperatura de los testículos. La producción normal de espermatozoides requiere una temperatura alrededor de 2-3°C por debajo de la temperatura corporal central que dentro del escroto es más baja, ya que éste se encuentra fuera de la cavidad pelviana. En respuesta a las bajas temperaturas, los músculos cremáster y dartos se

Figura 28.1 Órganos reproductores masculinos y estructuras circundantes.

Los órganos reproductores están adaptados para producir nuevos individuos y transmitir el material genético de una generación a la siguiente.





contraen. La contracción del músculo cremáster acerca los testículos al cuerpo, donde pueden absorber el calor corporal. La contracción del músculo dartos produce tensión en el escroto (de apariencia arrugada), y esto reduce la pérdida de calor. La exposición al calor produce los fenómenos inversos.

Testículos

Los **testículos** son glándulas pares ovales ubicadas en el escroto, que miden 5 cm de largo y 2,5 cm de diámetro (Figura 28.3). Cada testículo tiene un peso de 10–15 gramos. Los testículos se desarrollan cerca de los riñones, en la porción posterior del abdomen y comienzan a descender hacia el escroto, a través de los conductos inguinales (pasajes en la pared abdominal inferior, véase la Figura 28.2) durante la segunda mitad del séptimo mes del desarrollo fetal.

Una serosa llamada túnica vaginal, que deriva del peritoneo y se forma durante el descenso de los testículos los cubre parcialmente. La acumulación de líquido seroso dentro de la túnica vaginal produce **hidrocele** (*hydrós-*, agua; y *-cele* de *kéele*, hernia), que puede ser causada por la lesión de los testículos o la inflamación del epidídimo. Habitualmente, no requiere ningún tratamiento. Por dentro de la túnica vaginal se encuentra una cápsula fibrosa blanca compuesta por tejido conectivo denso irregular; la túnica albugínea (*albus-*, blanco); se extiende hacia el interior, formando tabiques que dividen el testículo

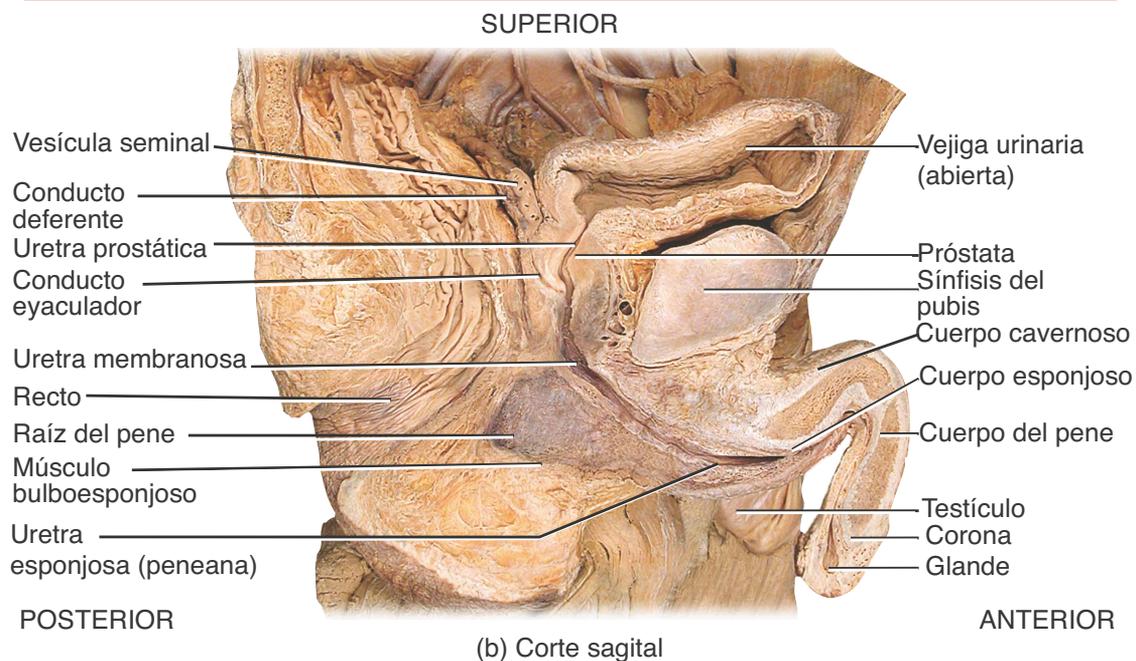
en una serie de compartimentos internos, los **lóbulos**. Cada uno de los 200-300 lóbulos contiene de uno a tres túbulos muy enrollados, los **túbulos seminíferos** (*semen-*, semilla; y *-fero* de *afferens*, que lleva), donde se producen los espermatozoides. El proceso por el cual los testículos producen espermatozoides se conoce como **espermatogénesis** (*génesis-*, generación, producción).

Los túbulos seminíferos contienen dos tipos de células: las **células espermatogénicas**, productoras de espermatozoides, y las **células de Sertoli**, que cumplen diversas funciones en el mantenimiento de la espermatogénesis (Figura 28.4). Células madre llamadas **espermatogonias** (*gonéia-*, generación) se desarrollan a partir de **células germinativas primordiales** que se originan en el saco vitelino e ingresan a los testículos durante la quinta semana de desarrollo. En el testículo embrionario, las células germinativas primordiales se diferencian en espermatogonias, permanecen en un estado de letargo durante la niñez e inician la producción activa de espermatozoides al alcanzar la pubertad. Hacia la luz del túbulo, las capas celulares son cada vez más maduras. Según el grado de madurez, éstas son los espermatoцитos primarios, los secundarios, las espermátides y los espermatozoides. Luego de formarse, el **espermatozoide** o **espermatozoo** (*zoón-*, animal), se libera hacia la luz del túbulo seminífero.

Distribuidas entre las células espermatogénicas, en los túbulos seminíferos, se encuentran grandes **células de Sertoli** o **células sustentaculares**, que se extienden desde la membrana basal hasta la luz

FUNCIONES DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

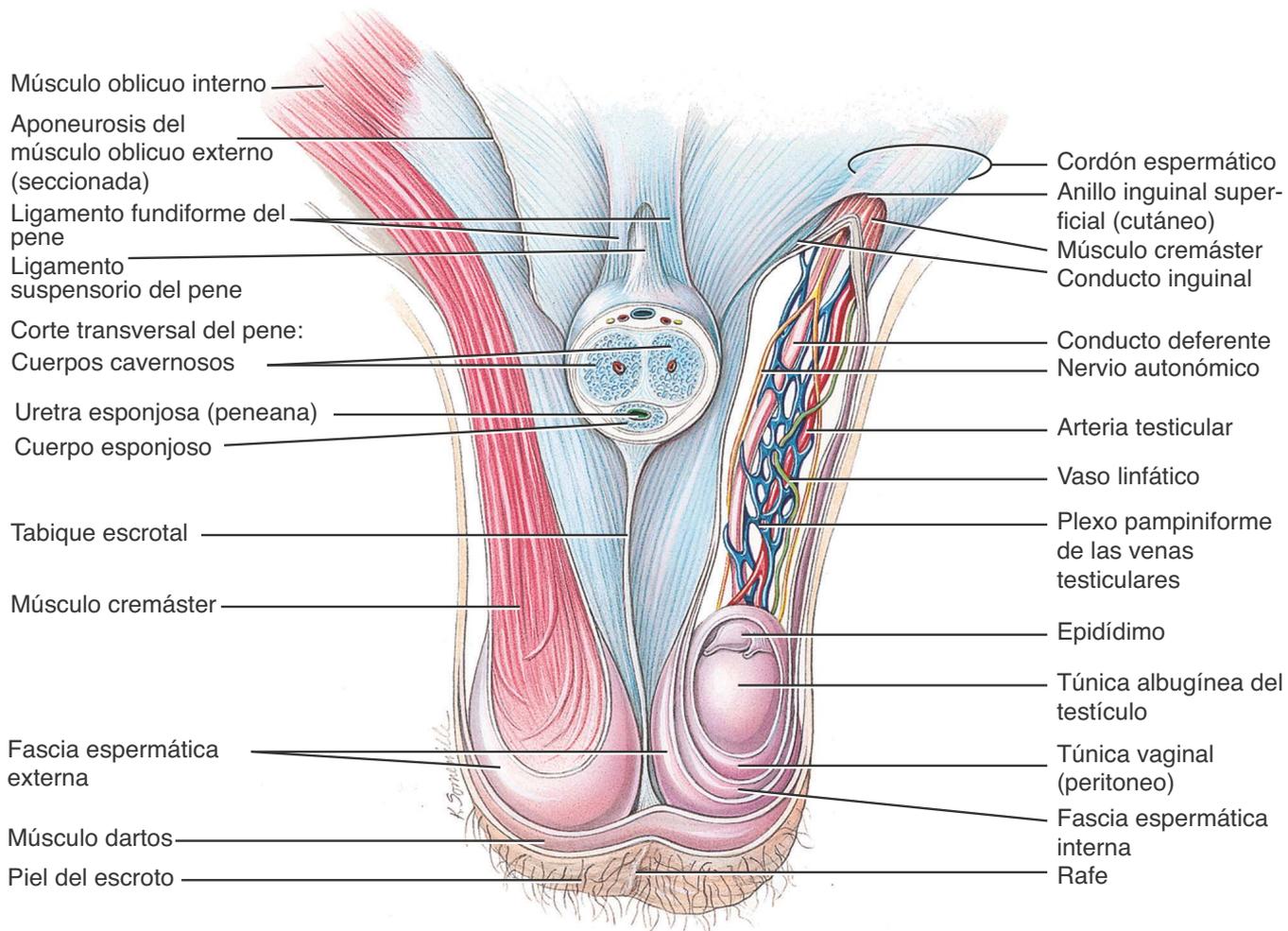
1. Los testículos producen espermatozoides y la hormona sexual masculina, testosterona.
2. Los conductos transportan, almacenan y contribuyen a la maduración de los espermatozoides.
3. Las glándulas sexuales accesorias secretan la mayor parte del líquido que forma el semen.
4. El pene contiene la uretra y es la vía de paso para la eyaculación del semen y la excreción de la orina.



¿Cómo se agrupan los órganos de la reproducción en el hombre y cuáles son las funciones de cada grupo?

Figura 28.2 El escroto, estructura de sostén de los testículos.

 El escroto está formado por piel laxa y una capa subcutánea subyacente y sostiene los testículos.



Vista anterior del escroto y los testículos y corte transversal del pene

 ¿Cuáles son los músculos que ayudan a regular la temperatura de los testículos?

del túbulo. Por dentro de la membrana basal y las espermatogonias, uniones estrechas conectan las células de Sertoli vecinas. Dichas uniones forman una valla conocida como la **barrera hematotesticular**, debido a que las sustancias deben primero atravesar las células de Sertoli para alcanzar los espermatozoides en desarrollo. Al aislar los gametos en desarrollo de la sangre, la barrera hematotesticular evita la respuesta inmunológica contra los antígenos de superficie de las células espermatogénicas, que son reconocidas como extrañas por el sistema inmunitario. La barrera hematotesticular no incluye las espermatogonias.

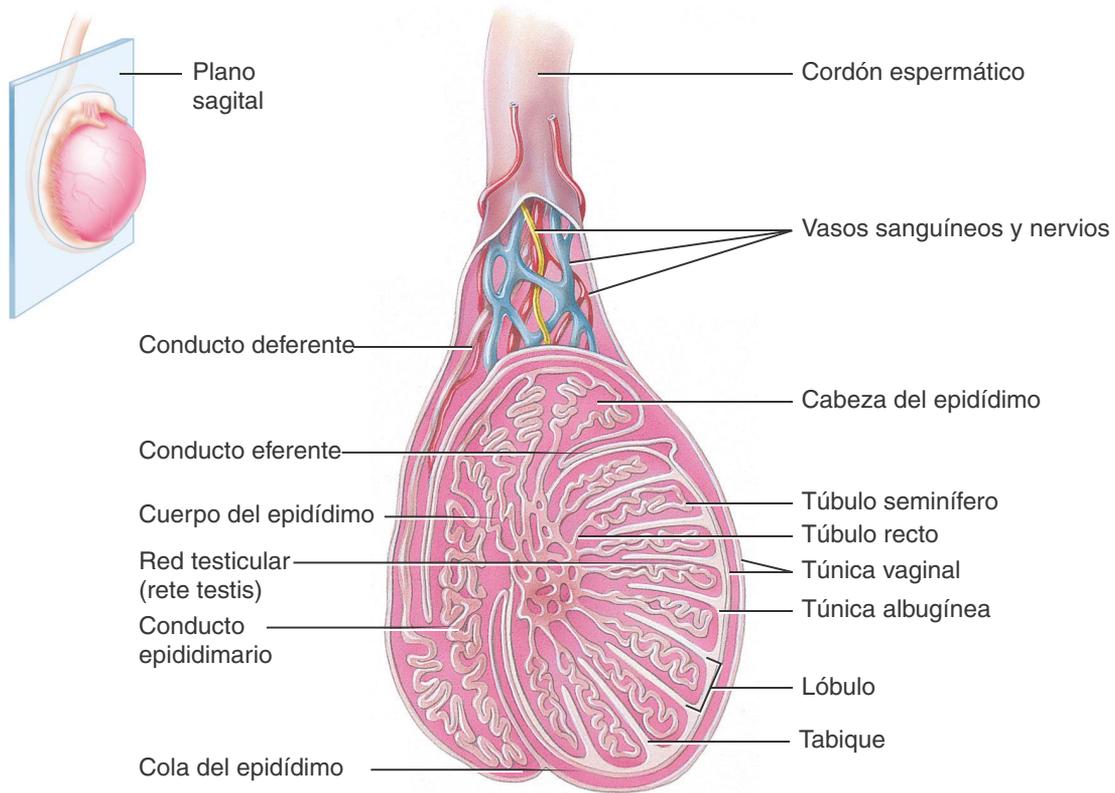
Las células de Sertoli sustentan y protegen las células espermáticas en desarrollo de diversas maneras. Nutren los espermatocitos, esper-

mátidos y espermatozoides; fagocitan el citoplasma sobrante que se genera durante el desarrollo y controlan los movimientos de las células espermatogénicas y la liberación de espermatozoides a la luz del túbulo seminífero. También producen líquido para el transporte de espermatozoides, secretan la hormona inhibina y median los efectos de la testosterona y FSH (hormona foliculoestimulante).

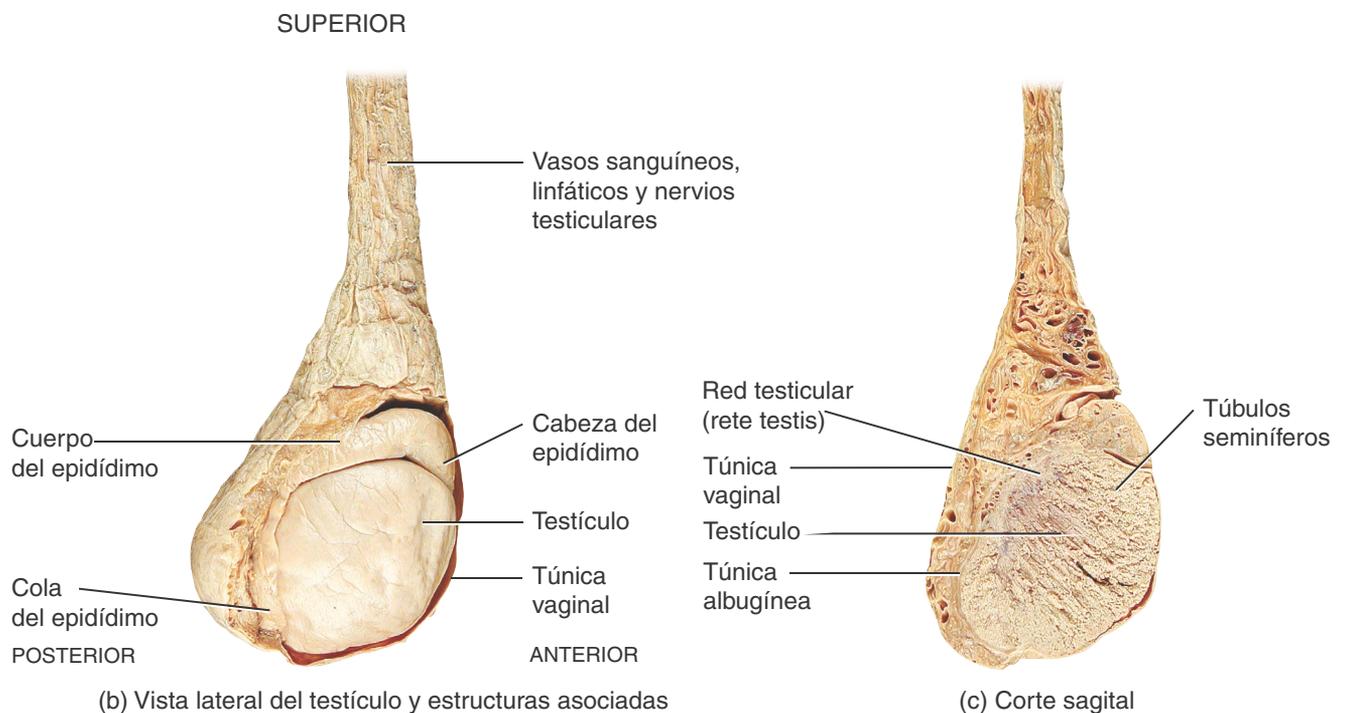
En el intersticio que separa dos túbulos seminíferos adyacentes hay grupos de células llamadas **células de Leydig** (células intersticiales) (Figura 28.4), que secretan testosterona, el andrógeno más importante. Un **andrógeno** es una hormona que promueve el desarrollo de los caracteres masculinos. La testosterona también estimula la libido (impulso sexual) en el hombre.

Figura 28.3 Anatomía interna y externa de los testículos.

Los testículos son las gónadas masculinas, que producen espermatozoides haploides.



(a) Corte sagital del testículo que muestra los túbulos seminíferos

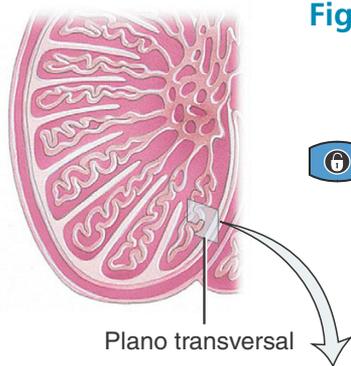


(b) Vista lateral del testículo y estructuras asociadas

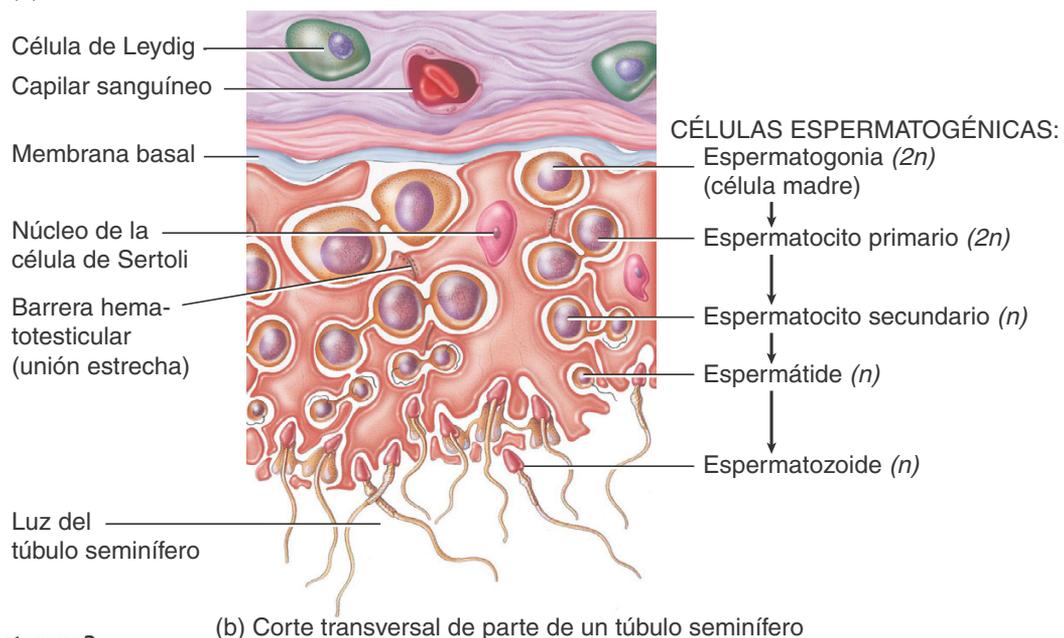
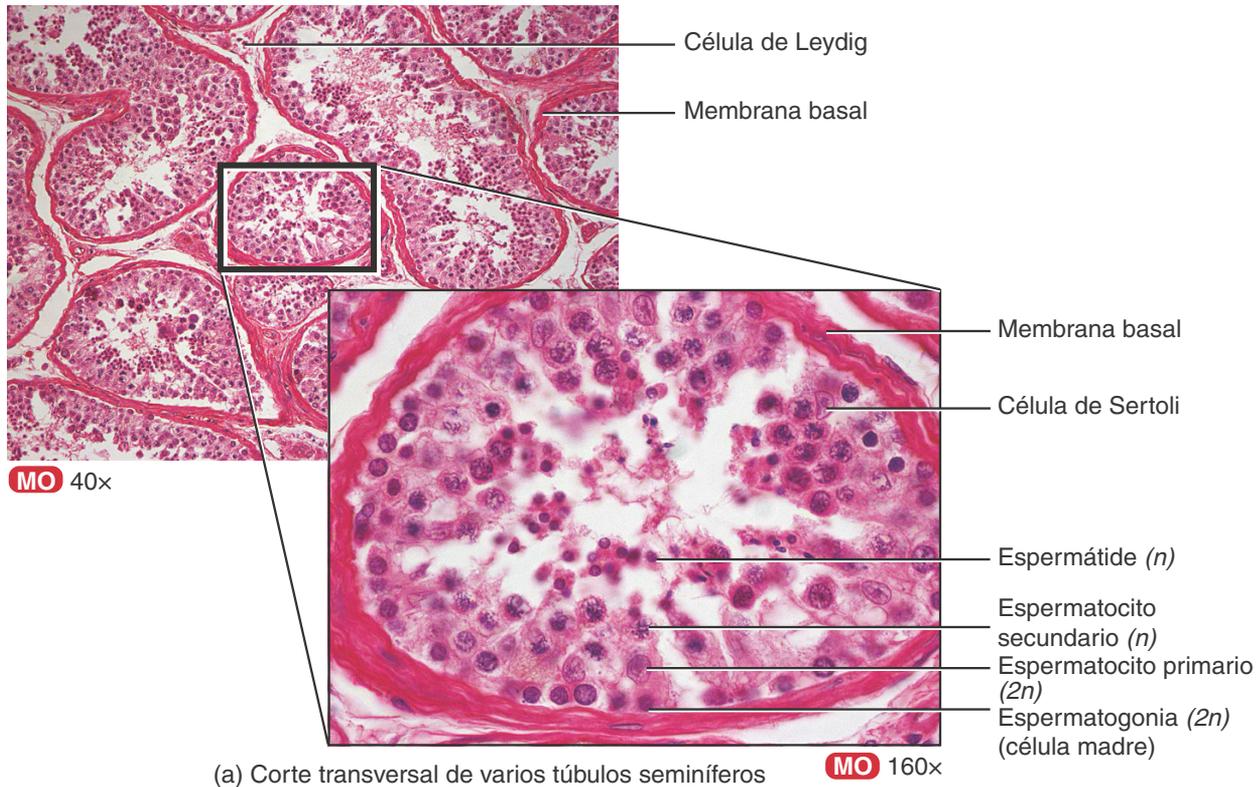
(c) Corte sagital

¿Cuáles son las capas de tejidos que cubren y protegen los testículos?

Figura 28.4 Anatomía microscópica de los túbulos seminíferos y etapas de la producción de espermatozoides (espermatogénesis). Las flechas en (b) indican la progresión de las células espermatogénicas, de menos maduras a más maduras. (n) y ($2n$) indican un número haploide y diploide de cromosomas, respectivamente.



La espermatogénesis se produce en los túbulos seminíferos de los testículos.



¿Qué células secretan testosterona?

CORRELACIÓN CLÍNICA | Criptorquidia

La afección por la cual los testículos no descienden al escroto se conoce como criptorquidia (*kriptós-*, oculto; y *-orkhis*, testículo); afecta a alrededor del 3% de los nacidos a término y casi al 30% de los prematuros. La criptorquidia bilateral no tratada produce esterilidad debido a que las células involucradas en fases iniciales de la espermatogénesis se destruyen por las altas temperaturas de la cavidad pelviana. La probabilidad de sufrir cáncer testicular es 30-50 veces mayor en los testículos criptorquídicos. Los testículos de alrededor del 80% de los niños con criptorquidia descienden espontáneamente durante el primer año de vida. Cuando esto no sucede, se recurre a la corrección quirúrgica, en lo posible, antes de los 18 meses de edad.

Espermatogénesis

Antes de leer esta sección, por favor revise el tema División de las células reproductivas, en el Capítulo 3. Preste particular atención a las Figuras 3.33 y 3.34.

En los seres humanos, la espermatogénesis dura entre 65 y 75 días. Comienza con la espermatogonia, que contiene un número diploide ($2n$) de cromosomas (Figura 28.5). Las espermatogonias son un tipo de *células madre*; cuando realizan mitosis, algunas espermatogonias permanecen cerca de la membrana basal del túbulo seminífero en un estado indiferenciado para servir como reservorio de células en futuras mitosis y subsiguiente producción de espermatozoides. Las restantes pierden contacto con la membrana basal, se introducen entre las uniones estrechas de la barrera hematotesticular, sufren cambios en su desarrollo y así se diferencian en **espermatoцитos primarios**. Éstos, como las espermatogonias, son diploides ($2n$); es decir, tienen 46 cromosomas.

Poco después de su formación, cada espermatoцитo primario replica su ADN y luego inicia la meiosis (Figura 28.5). Durante la meiosis I (primera división meiótica), los pares homólogos de cromosomas se alinean sobre el eje ecuatorial de la célula, y tiene lugar el entrecruzamiento de genes (*crossing-over*). Luego, el huso meiótico tracciona un cromosoma (duplicado) de cada par hacia el polo opuesto de la célula en división. Las dos células formadas en la meiosis I se denominan **espermatoцитos secundarios**. Cada uno de ellos contiene 23 cromosomas, el número haploide. Cada cromosoma dentro del espermatoцитo secundario, sin embargo, está formado por dos cromátides (dos copias de ADN) aún unidas por el centrómero. No se producen posteriores repeticiones de ADN en los espermatoцитos secundarios.

Durante la meiosis II (segunda división meiótica) los cromosomas se alinean en una única fila sobre el eje ecuatorial de la célula, y las dos cromátides de cada cromosoma se separan. Las cuatro células haploides que se forman luego de la meiosis II se llaman **espermátides**. Cada espermatoцитo, entonces, produce cuatro espermátides por medio de dos divisiones consecutivas (meiosis I y meiosis II).

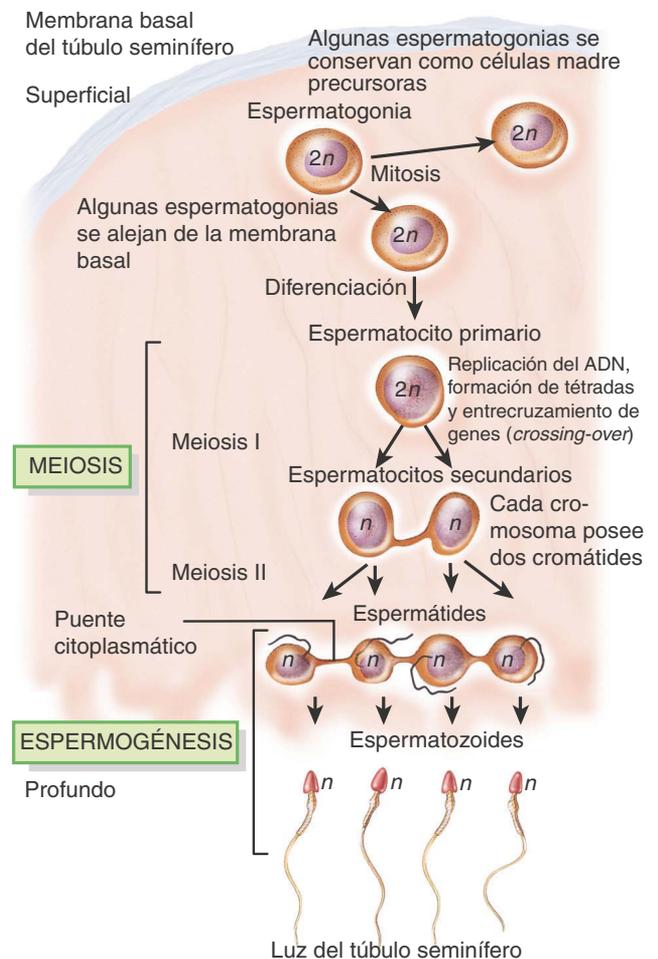
Durante la espermatogénesis, tiene lugar un proceso único. A medida que las células espermatogénicas proliferan, no logran completar la separación citoplasmática (citocinesis). Las células permanecen en contacto por medio de puentes citoplasmáticos durante todo su desarrollo (véanse las Figuras 28.4 y 28.5). Este patrón de desarrollo probablemente sea la causa de la producción sincrónica de espermatozoides en cualquier área del túbulo seminífero. También podría tener importancia para la supervivencia de las células, ya que la mitad de los espermatozoides contiene un cromosoma X y la otra mitad, un cromosoma Y. El cromosoma X, de mayor tamaño, podría tener genes necesarios para la espermatogénesis que no tiene el cromosoma Y, de menor tamaño.

La fase final de la espermatogénesis, la **espermogénesis**, es el proceso de conversión de espermátides haploides a espermatozoi-

des. No hay división celular durante la espermatogénesis; cada espermátide se convierte en un único espermatozoides. Durante este proceso, las espermátides esféricas se transforman en espermatozoides alargados y delgados. Un acrosoma (se describe a continuación) se forma por encima del núcleo, que se condensa y elonga, se desarrolla un flagelo y se multiplican las mitocondrias. Las células de Sertoli se encargan de degradar el citoplasma excedente, que se desprende de las células. Finalmente, los espermatozoides son liberados de sus conexiones con las células de Sertoli, fenómeno conocido como **espermación**. Los espermatozoides pasan luego a la luz del túbulo seminífero. El líquido secretado por las células de Sertoli propulsa los espermatozoides a lo largo de su camino, hacia los conductos de los testículos. En este estadio, los espermatozoides aún no tienen capacidad para desplazarse.

Figura 28.5 Etapas de la espermatogénesis. Las células diploides ($2n$) poseen 46 cromosomas; las células haploides (n) poseen 23 cromosomas.

La espermatogénesis implica la maduración de las espermátides a espermatozoides.

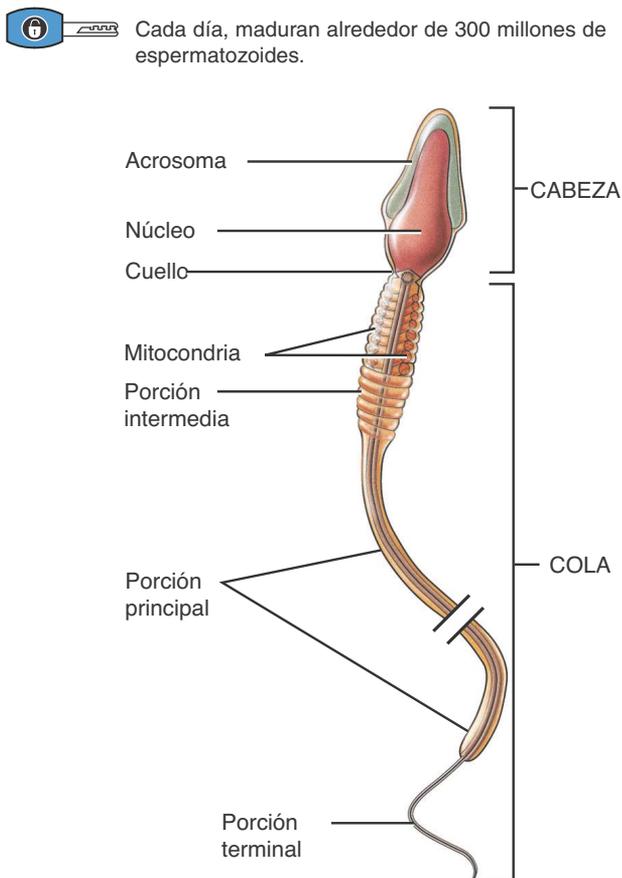


¿Cuál es el resultado de la meiosis I?

Espermatozoides

Cada día, alrededor de 300 millones de espermatozoides completan el proceso de espermatogénesis. Un espermatozoide mide alrededor de 60 μm de largo y contiene distintas estructuras específicamente adaptadas para poder alcanzar y penetrar a un ovocito secundario (Figura 28.6). Las partes principales de un espermatozoide son la cabeza y la cola. La **cabeza**, aplanada y piriforme, mide 4-5 μm de largo. Contiene un núcleo con 23 cromosomas muy condensados. Cubriendo los dos tercios anteriores del núcleo se encuentra el **acrosona** (*ákrons-*, extremo; y *-sóma*, cuerpo), una vesícula con forma de capuchón llena de enzimas que ayudan al espermatozoide a penetrar el ovocito secundario y así lograr la fecundación. Entre las enzimas, encontramos hialuronidasas y proteasas. La **cola** del espermatozoide se divide en cuatro partes: cuello, pieza intermedia, pieza principal y pieza terminal. El **cuello** es la región estrecha inmediatamente posterior a la cabeza que contiene los centriolos; éstos forman los microtúbulos, que van a conformar las porciones restantes de la cola. La **porción media** contiene mitocondrias dispuestas en espiral, encargadas de proveer la energía (ATP) que permite la locomoción del espermatozoide hacia el sitio de fecundación y el metabolismo celular. La **pieza principal** es la porción más larga de la cola y la **pieza terminal** es la porción final, donde se estrecha. Una vez producida la eyaculación, la mayor parte de los espermatozoides no sobreviven más de 48 horas dentro del tracto reproductor femenino.

Figura 28.6 Partes del espermatozoide.



¿Cuáles son las funciones de cada parte del espermatozoide?

Control hormonal de los testículos

Los factores iniciadores se desconocen, pero al llegar a la pubertad, ciertas células neurosecretoras hipotalámicas incrementan la secreción de **hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)**. Esta hormona, a su vez, estimula las células gonadotróficas en el lóbulo anterior de la hipófisis a aumentar la secreción de dos gonadotropinas: la **hormona luteinizante (LH)** y la **hormona foliculoestimulante (FSH)**. En la Figura 28.7 se muestra la relación entre las hormonas y los ciclos de retroalimentación negativa (*feedback*) que controlan la secreción de testosterona y la espermatogénesis.

La LH estimula las células de Leydig, localizadas entre los túbulos seminíferos, a secretar la hormona **testosterona**. Esta hormona esteroidea se sintetiza en los testículos a partir del colesterol y es el principal andrógeno. Al ser liposoluble, difunde fácilmente fuera de las células de Leydig hacia el líquido intersticial y luego a la sangre. Por un mecanismo de retroalimentación negativa, la testosterona inhibe la secreción de LH por parte de las células gonadotróficas del lóbulo anterior de la hipófisis y la secreción de GnRH, por parte de las células neurosecretoras hipotalámicas. En algunas células diana, como las de los genitales externos y la próstata, la enzima 5 α -reductasa convierte la testosterona en otro andrógeno llamado **dihidrotestosterona (DHT)**.

La FSH, actuando indirectamente, estimula la espermatogénesis (Figura 28.7). La FSH y la testosterona intervienen en forma sinérgica sobre las células de Sertoli, al estimular la secreción de la **proteína ligadora de andrógenos (ABP)** hacia la luz de los túbulos seminíferos y hacia el líquido intersticial, alrededor de las células espermatogénicas. La ABP se une a la testosterona y mantiene su concentración elevada. La testosterona estimula los pasos finales de la espermatogénesis, dentro de los túbulos seminíferos. Una vez que se alcanza el grado de espermatogénesis requerido para cumplir las funciones reproductivas del hombre, las células de Sertoli liberan **inhibina**, una hormona proteica llamada así por su función inhibitoria sobre la secreción de FSH, por parte de la adenohipófisis (Figura 28.7). Si la espermatogénesis se produce muy lentamente, se libera menos inhibina, lo que permite la secreción de más cantidad de FSH y el consecuente incremento en la tasa de espermatogénesis.

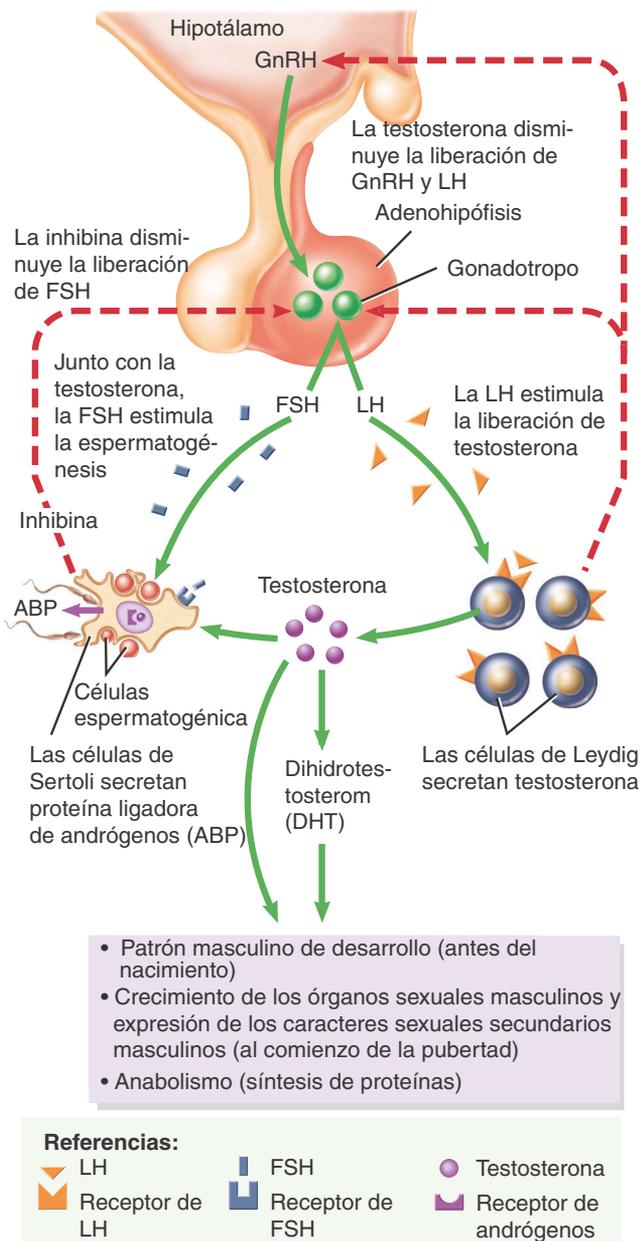
La testosterona y la dihidrotestosterona se unen al mismo receptor androgénico, que se encuentra en el núcleo de las células diana. El complejo hormona-receptor regula la expresión génica, lo que permite la expresión de algunos genes e impide la de otros. Debido a estos cambios, los andrógenos producen distintos efectos:

- **Desarrollo prenatal.** Antes del nacimiento, la testosterona estimula el patrón de desarrollo masculino de los conductos del aparato reproductor y el descenso de los testículos. La dihidrotestosterona estimula el desarrollo de los genitales externos (se describe en la Sección 28.5) y también se convierte en estrógenos (hormonas feminizantes) en el cerebro, que podrían desempeñar una función en el desarrollo de ciertas regiones del cerebro de los hombres.
- **Desarrollo de los caracteres sexuales masculinos.** En la pubertad, la testosterona y la dihidrotestosterona son responsables del desarrollo y del crecimiento de los órganos sexuales masculinos y del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos. Los **caracteres sexuales secundarios** son los que diferencian a los hombres de las mujeres, pero no cumplen una función directa en la reproducción. Éstos incluyen: el crecimiento muscular y esquelético que dan como resultado una espalda ancha y una cintura angosta; crecimiento de vello púbico, facial y pectoral (dentro de los límites aportados por la herencia) y mayor cantidad de vello en otras partes del cuerpo; engrosamiento de la piel; aumento de la secreción de las glándulas sebáceas y crecimiento de la laringe, lo que produce el tono grave de la voz.

- **Desarrollo de la función sexual.** Los andrógenos contribuyen al comportamiento sexual masculino y la espermatogénesis, como así también a la libido (impulso sexual), tanto en hombres como en mujeres. Recuerde que la corteza suprarrenal es la principal fuente de andrógenos en la mujer.

Figura 28.7 Control hormonal de la espermatogénesis y acciones de la testosterona y la dihidrotestosterona (DHT). En respuesta a la estimulación por la FSH y la testosterona, las células de Sertoli secretan proteína ligadora de andrógenos (ABP). Las líneas de puntos rojas indican la inhibición por retroalimentación negativa.

La liberación de FSH es estimulada por la GnRH e inhibida por la inhibina; la liberación de LH es estimulada por la GnRH e inhibida por la testosterona.



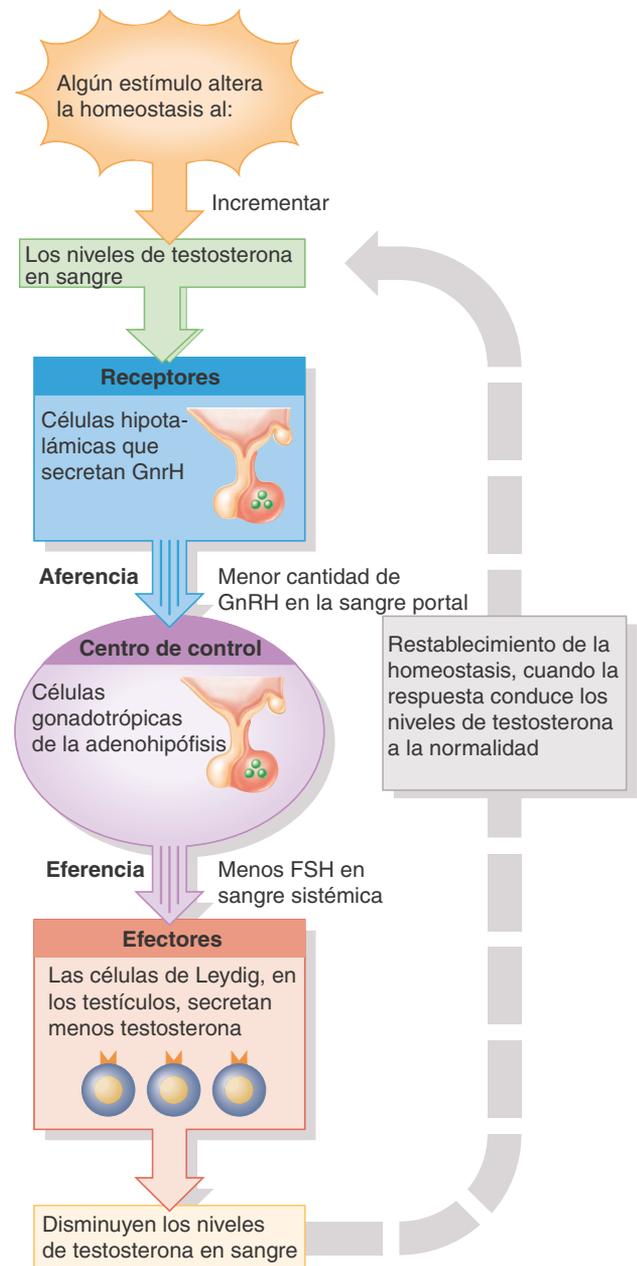
¿Qué células secretan inhibina?

- **Estimulación del anabolismo.** Los andrógenos son hormonas anabólicas; es decir, estimulan la síntesis de proteínas. Esto se evidencia en la mayor masa muscular y ósea que se observa en los hombres, con respecto a las mujeres.

Un sistema de retroalimentación negativa regula la producción de testosterona (Figura 28.8). Cuando la concentración de testosterona en sangre se eleva hasta cierto nivel, inhibe la liberación de GnRH por

Figura 28.8 Control por retroalimentación negativa del nivel de testosterona en sangre.

Las células gonadotropas en la adenohipófisis producen la hormona luteinizante (LH).



¿Qué hormonas inhiben la secreción de FSH y LH por parte de la adenohipófisis?

parte de las células del hipotálamo. Como resultado, hay menos GnRH en la sangre portal que fluye del hipotálamo a la adenohipófisis. Así, las células gonadotrópicas liberan menos LH, por lo que su concentración en la sangre sistémica disminuye. Con menor estímulo de la LH, las células de Leydig en los testículos secretan menos testosterona, y se restablece la homeostasis. Si la concentración de testosterona en sangre desciende demasiado, más GnRH volverá a liberarse en el hipotálamo y estimulará la secreción de LH por parte de la adenohipófisis. La LH, a su vez, estimulará la producción de testosterona, a través de los testículos.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Describa las funciones que cumple el escroto en la protección de los testículos de las fluctuaciones de la temperatura.
2. Describa la estructura interna de los testículos. ¿Dónde se producen los espermatozoides? ¿Cuáles son las funciones de las células de Sertoli y de las células de Leydig?
3. Describa los principales pasos de la espermatogénesis.
4. ¿Qué parte del espermatozoide contiene las enzimas que colaboran para que se produzca la fecundación del ovocito secundario?
5. ¿Cuáles son las funciones que cumplen la FSH, la LH y la inhibina en el aparato reproductor masculino? ¿Cómo se controla la secreción de estas hormonas?

Conductos del aparato reproductor masculino

Conductos del testículo

La presión generada por el líquido secretado por las células de Sertoli impulsa los espermatozoides y el líquido por la luz de los túbulos seminíferos y luego, dentro de una serie de conductos muy cortos llamados **túbulos rectos** (véase la [Figura 28.3a](#)). Los túbulos rectos conducen a una red de conductos en el testículo, la **red testicular (rete testis)**. Desde la rete testis, los espermatozoides se desplazan por una serie de **conductos eferentes**, enrollados dentro del epidídimo, que se vacían dentro de un único conducto, el **conducto epididimario**.

Epidídimo

El epidídimo (*epí-*, sobre; y *-didymos*, gemelo) es un órgano con forma de coma, de unos 4 cm de largo que yace sobre el borde posterior de cada uno de los testículos (véase la [Figura 28.3a](#)). Cada epidídimo consta de un **conducto epididimario** muy enrollado. Los conductos eferentes del testículo se unen al conducto epididimario en la porción más grande y superior del epidídimo llamada **cabeza**. El **cuerpo** es la porción intermedia más angosta del epidídimo, y la **cola** es la porción más pequeña e inferior. En su extremo distal, la cola del epidídimo se continúa como el conducto deferente (véase luego).

El conducto epididimario medirá, desenrollado, alrededor de 6 m de longitud. Se encuentra recubierto por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado y rodeado por capas de músculo liso. La superficie libre de las células cilíndricas tiene **estereocilios**, que a pesar de su nombre son largas microvellosidades ramificadas (no cilios) que incrementan el área de superficie para la reabsorción de espermatozoides degenerados. El tejido conectivo que rodea la capa muscular fija los bucles del conducto epididimario y transporta vasos sanguíneos y nervios.

Funcionalmente, el epidídimo es el sitio donde se produce la **maduración de los espermatozoides**, proceso por el cual obtienen motilidad y la capacidad para fecundar un óvulo. Esto ocurre a lo largo de un período de 14 días. El epidídimo también ayuda a impul-

sar los espermatozoides hacia el conducto deferente durante la excitación sexual, por medio de contracciones peristálticas del músculo liso. A su vez, el epidídimo almacena espermatozoides, que permanecen viables por varios meses en ese sitio. Los espermatozoides almacenados que no se eyaculan luego de ese tiempo son finalmente reabsorbidos.

Conducto deferente

Cerca de la cola del epidídimo, el conducto epididimario se vuelve menos tortuoso y aumenta su diámetro. A partir de este punto, se llama **conducto deferente** o **vas deferens** (véase la [Figura 28.3a](#)). El conducto deferente, que mide alrededor de 45 cm de largo, asciende por el borde posterior del epidídimo, pasa a través del conducto inguinal e ingresa en la cavidad pelviana. Allí, gira por encima del uréter y pasa por el costado y por debajo de la cara inferior de la vejiga urinaria (véase la [Figura 28.1a](#)). La porción final dilatada del conducto deferente es la **ampolla** ([Figura 28.9](#)). Su mucosa consiste en un epitelio cilíndrico pseudoestratificado y una lámina propia (tejido conectivo rico en fibras elásticas). La muscular está compuesta por tres capas de músculo liso; en la capa interna y en la externa las fibras son longitudinales y en la capa media, son circulares.

La función del conducto deferente es transportar los espermatozoides durante la excitación sexual, desde el epidídimo hacia la uretra, por medio de contracciones peristálticas de su cubierta muscular. Al igual que el epidídimo, el conducto puede almacenar espermatozoides por muchos meses. Los espermatozoides almacenados que no se eyaculan en ese tiempo son finalmente reabsorbidos.

Cordón espermático

El **cordón espermático** es una estructura de sostén del aparato reproductor masculino, que asciende desde el escroto (véase la [Figura 28.2](#)). Está conformado por el conducto deferente, la arteria testicular, venas que drenan los testículos y transportan la testosterona hacia la circulación (el plexo pampiniforme), nervios autónomos, vasos linfáticos y el músculo cremáster. El cordón espermático y el nervio ilioinguinal pasan a través del **conducto inguinal**, un pasaje oblicuo en la pared abdominal anterior, por encima y en sentido paralelo a la mitad medial del ligamento inguinal. El conducto, que mide unos 4–5 cm de largo, se origina del **anillo inguinal profundo (abdominal o interno)**, una abertura en forma de ranura en la aponeurosis del músculo transversal del abdomen; y termina en el **anillo inguinal superficial (subcutáneo o externo)** (véase la [Figura 28.2](#)), en una apertura un tanto triangular en la aponeurosis del músculo oblicuo externo del abdomen. En la mujer, sólo lo atraviesan el ligamento redondo del útero y el nervio ilioinguinal.

El término **varicocele** (*varix-*, várice; *-kéele*, hernia) se refiere a la tumefacción del escroto debida a la dilatación de las venas que drenan los testículos. Suele ser más evidente cuando la persona se encuentra de pie y, en general, no requiere tratamiento.

Conductos eyaculadores

Cada **conducto eyaculador** (eyacular = expulsar súbitamente) mide unos 2 cm de largo y está formado por la unión del conducto de la vesícula seminal y la ampolla del conducto deferente (véase la [Figura 28.9](#)). Los conductos eyaculadores cortos se forman por encima de la base (porción superior) de la próstata y la atraviesan en sentido anterior e inferior. Terminan en la uretra prostática, donde eyectan espermatozoides y las secreciones de la vesícula seminal, inmediatamente antes de que el semen se libere desde la uretra hacia el exterior.

Uretra

En los hombres, la **uretra** es el conducto terminal, tanto para el aparato reproductor como para el aparato urinario; sirve como vía de salida para el semen y la orina. Con alrededor de 20 cm de largo, pasa a través de la próstata, los músculos profundos del periné y del pene, y se subdivide en tres partes (véanse las Figuras 28.1 y 26.22). La **uretra prostática** mide 2-3 cm de largo y pasa a través de la próstata. A

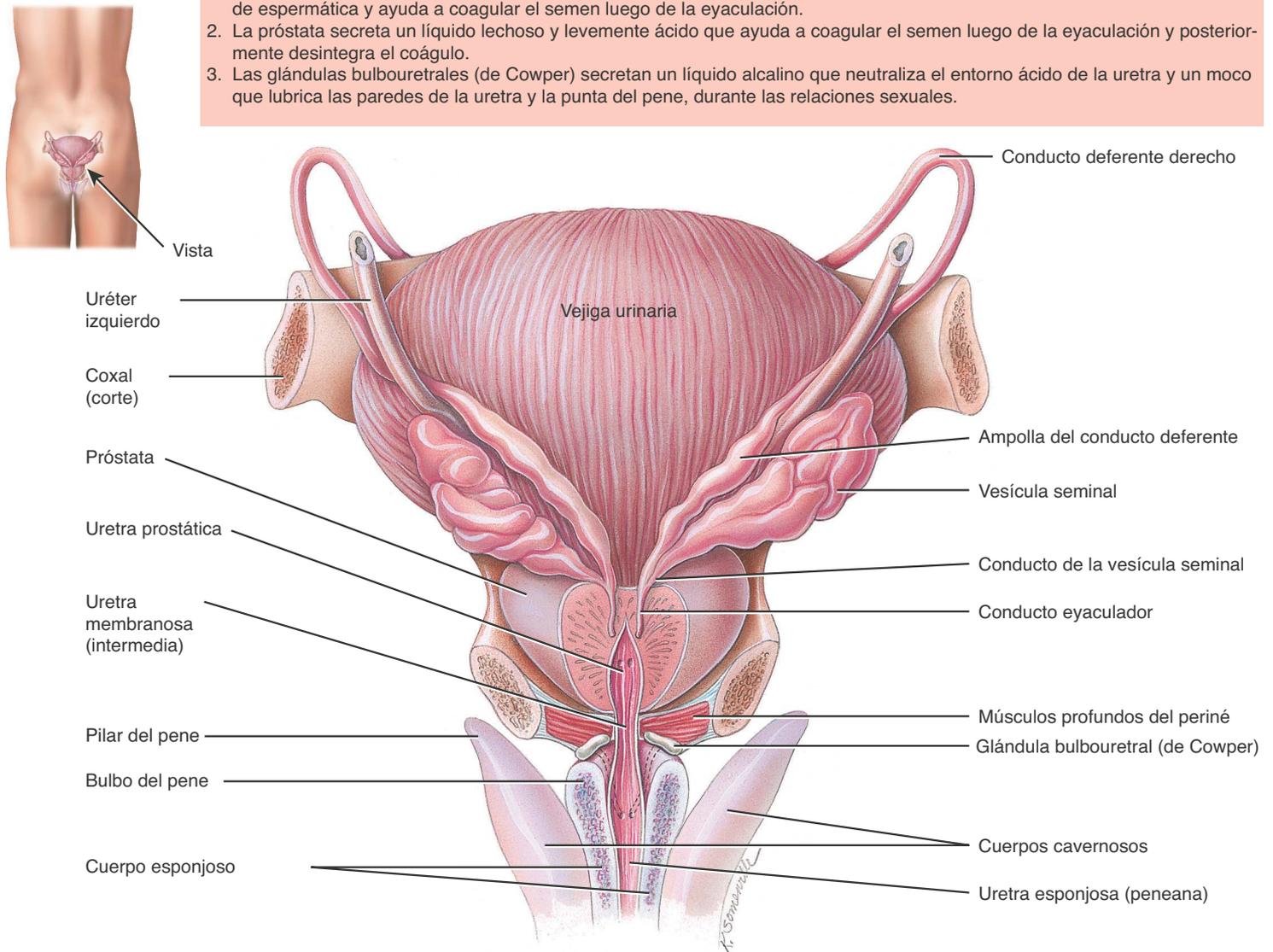
medida que el conducto continúa en sentido inferior, atraviesa los músculos profundos del periné, donde toma el nombre de **uretra membranosa**, que mide 1 cm de largo. Cuando el conducto transcorre por el cuerpo esponjoso del pene, se denomina **uretra esponjosa (peneana)**, que mide alrededor de 15-20 cm de largo. La uretra esponjosa termina en el **orificio uretral externo**. La histología de la uretra masculina fue descrita en la Sección 26.8.

Figura 28.9 Ubicación de las glándulas accesorias en el hombre. La próstata, la uretra y el pene se encuentran seccionados para mostrar los detalles internos.

 La uretra masculina puede dividirse en uretra postática, membranosa y esponjosa.

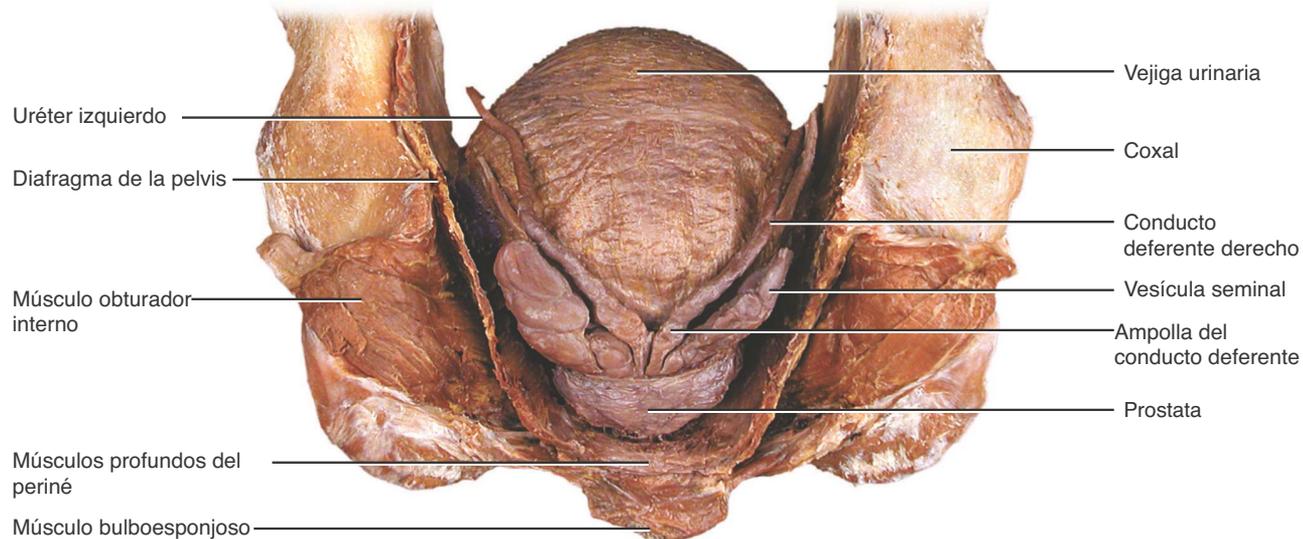
FUNCIONES DE LAS SECRECIONES DE LAS GLÁNDULAS SEXUALES ACCESORIAS

1. Las vesículas seminales secretan un líquido alcalino y viscoso que ayuda a neutralizar la acidez en el aparato reproductor femenino; provee fructosa para la producción de ATP por parte de los espermatozoides, contribuye a la movilidad y viabilidad de espermática y ayuda a coagular el semen luego de la eyacuación.
2. La próstata secreta un líquido lechoso y levemente ácido que ayuda a coagular el semen luego de la eyacuación y posteriormente desintegra el coágulo.
3. Las glándulas bulbouretrales (de Cowper) secretan un líquido alcalino que neutraliza el entorno ácido de la uretra y un moco que lubrica las paredes de la uretra y la punta del pene, durante las relaciones sexuales.



(a) Vista posterior de los órganos accesorios masculinos de la reproducción

FIGURA 28.9 CONTINUACIÓN ▶



(b) Vista posterior de los órganos accesorios masculinos de la reproducción

¿Cuál de las glándulas accesorias produce la mayor parte del líquido seminal?

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Qué conductos transportan los espermatozoides dentro de los testículos?
- Describe la localización, estructura y funciones del epididimo, conducto deferente y conducto eyaculador.
- Mencione la localización de las tres subdivisiones de la uretra masculina.
- Describe el trayecto que realizan los espermatozoides en el sistema de conductos, desde los túbulos seminíferos hasta la uretra.
- Mencione las estructuras que forman el cordón espermático.

Glándulas sexuales accesorias

Los conductos del aparato reproductor masculino almacenan y transportan los espermatozoides, pero son las glándulas sexuales accesorias las que secretan la mayor parte del líquido que forma el semen. Las **glándulas sexuales accesorias** son las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales.

Vesículas seminales

Las **vesículas seminales** o **glándulas seminales** son un par de estructuras complejas en forma de bolsa, de unos 5 cm de largo, ubicadas en sentido posterior a la base de la vejiga urinaria y anterior al recto (Figura 28.9). Secretan un líquido alcalino y viscoso que contiene fructosa (un azúcar monosacárido), prostaglandinas y proteínas de la coagulación diferentes de las sanguíneas. La naturaleza alcalina de los líquidos seminales ayuda a neutralizar la acidez de la uretra masculina y el aparato reproductor femenino, que de otra manera, inactivaría y mataría los espermatozoides. Los espermatozoides utili-

zan fructosa para la producción de ATP. Las prostaglandinas contribuyen a la motilidad y viabilidad espermática y también podrían estimular las contracciones del músculo liso, en el aparato reproductor femenino. Las proteínas de la coagulación ayudan a que el semen se coagule luego de ser eyaculado. El líquido secretado por las vesículas seminales normalmente constituye alrededor del 60% del volumen total del semen.

Próstata

La **próstata** es una glándula única, con forma de rosquilla, de un tamaño similar al de una pelota de golf. Mide unos 4 cm de lado a lado, alrededor de 3 cm de arriba abajo y alrededor de 2 cm de adelante hacia atrás. Se encuentra debajo de la vejiga urinaria y rodea la uretra prostática (Figura 28.9). La próstata crece lentamente, desde el nacimiento hasta la pubertad. Luego, se expande rápidamente hasta los 30 años; a partir de esa edad, permanece estable hasta los 45 años y luego, puede agrandarse más.

La próstata segrega un líquido lechoso y levemente ácido (pH alrededor de 6,5) que contiene distintas sustancias: 1) el **ácido cítrico** en el líquido prostático, utilizado por los espermatozoides para producir ATP, a través del ciclo de Krebs; 2) diferentes **enzimas proteolíticas**, como el antígeno prostático-específico (PSA, en inglés), pepsinógeno, lisozima, amilasa e hialuronidasa, encargadas de descomponer las proteínas de la coagulación secretadas por las vesículas seminales; 3) la función de la **fosfatasa ácida** secretada por la próstata se desconoce; 4) la **seminoplasmina** del líquido prostático es un antibiótico capaz de destruir bacterias y podría actuar disminuyendo el crecimiento bacteriano que se produce naturalmente en el semen y en el aparato reproductor femenino. Las secreciones prostáticas ingresan en la uretra prostática mediante los conductos prostáticos. Estas secreciones constituyen alrededor del 25% del volumen total del semen y contribuyen a la motilidad y viabilidad de los espermatozoides.



Glándulas bulbouretrales

Las **glándulas bulbouretrales** o **glándulas de Cowper** son un par de glándulas del tamaño de un guisante. Se localizan por debajo de la próstata, a cada lado de la uretra membranosa, entre los músculos profundos del periné, y sus conductos se abren en el interior de la uretra esponjosa (Figura 28.9). Durante la excitación sexual, las glándulas bulbouretrales segregan un líquido alcalino hacia el interior de la uretra, que protege los espermatozoides neutralizando la acidez de la orina y la uretra. A su vez, secretan moco que lubrica el extremo del pene y las paredes de la uretra; así disminuye el número de espermatozoides dañados durante la eyaculación. Algunos hombres expulsan una o dos gotas de este moco durante la excitación sexual y la erección. Este líquido no contiene espermatozoides.

Semen

El **semen** es una mezcla de espermatozoides y **líquido seminal**, un líquido formado a partir de las secreciones de los túbulos seminíferos, las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. El volumen del semen en una eyaculación normal es de 2,5-5 mL, con 50-150 millones de espermatozoides/mL. Cuando este valor cae por debajo de 20 millones/mL, se considera que el varón es infértil. Es necesario que haya un número muy grande de espermatozoides para que la fecundación sea exitosa, ya que sólo una pequeña fracción logra alcanzar el ovocito secundario.

A pesar de la leve acidez del líquido prostático, el semen tiene un pH ligeramente alcalino de 7,2-7,7 debido al pH elevado y el gran volumen de líquido aportado por las vesículas seminales. Las secreciones prostáticas le dan al semen una apariencia lechosa, y las glándulas bulbouretrales le dan su consistencia pegajosa. El líquido seminal provee a los espermatozoides de un medio de transporte, nutrientes y protección del medio ácido hostil que representan la uretra masculina y la vagina femenina.

Una vez eyaculado, el semen líquido se coagula en los siguientes 5 minutos debido a la presencia de proteínas de la coagulación aportadas por la secreción de las vesículas seminales. La función de la coagulación del semen no se conoce, pero se sabe que las proteínas involucradas son distintas de las que producen la coagulación de la sangre. Luego de 10 o 20 minutos, el semen se vuelve nuevamente líquido, por la acción de proteínas como el antígeno prostático-específico (PS), y otras enzimas proteolíticas producidas por la próstata destruyen la estructura del coágulo. El retraso en la licuefacción del coágulo o una licuefacción retardada puede causar una inmovilización incompleta o parcial de los espermatozoides, lo que impide su desplazamiento a través del cuello uterino. Después de pasar por el útero y la cavidad uterina, los espermatozoides son afectados por las secreciones de la cavidad uterina en un proceso denominado capacitación (ver la Sección 28.2). La presencia de sangre en el semen se llama **hemospermia** (*háima-*, sangre; y *-sperma*, semilla). En la mayoría de los casos, se debe a una inflamación de los vasos sanguíneos que rodean las vesículas seminales y, habitualmente, se trata con antibióticos.

Pene

El **pene** contiene a la uretra y es la vía de paso para la eyaculación del semen y la excreción de la orina (Figura 28.10). Tiene forma cilíndrica y se divide en un cuerpo, el glande y una raíz. El **cuerpo del pene** se compone de tres masas cilíndricas de tejido, cada una rodeada por un tejido fibroso, la **túnica albugínea** (Figura 28.10). Las dos masas dorsolaterales son los **cuerpos cavernosos**. La masa ventromedial, más pequeña, es el **cuerpo esponjoso**, que contiene a la uretra esponjosa y la mantiene abierta durante la eyaculación. Fascia y piel

encierran las tres masas, constituidas por tejido eréctil. El **tejido eréctil** se compone de numerosos sinusoides sanguíneos (espacios vasculares) revestidos por células endoteliales y rodeados por músculo liso y tejido conectivo elástico.

El extremo distal del cuerpo esponjoso forma una porción levemente agrandada, con forma de bellota llamada **glande**; su límite es la **corona (surco balanoprepucial)**. La porción distal de la uretra se extiende por dentro del glande hasta una abertura en forma de ranura, el **orificio uretral externo**. Cubriendo el glande laxamente, en los penes no circuncisos, se encuentra el **prepucio**.

La **raíz del pene** es la porción fija (**porción proximal**) de éste. Se divide en el **bulbo del pene**, la porción ensanchada en la base del cuerpo esponjoso, y los **pilares del pene**, dos porciones separadas y más estrechas de los cuerpos cavernosos. El bulbo está unido a la superficie inferior de los músculos profundos del periné, con el músculo bulboesponjoso por debajo, un músculo que ayuda a la eyaculación. Cada pilar del pene se aleja lateralmente del bulbo para unirse a las ramas inferiores del isquion y el pubis, y está rodeado por el músculo isquiocavernoso (véase la Figura 11.13). El peso del órgano es sostenido por dos ligamentos que se continúan en la fascia del pene: 1) el **ligamento infundibuliforme**, originado en la zona inferior de la línea alba y 2) el **ligamento suspensorio** del pene, originado en la sínfisis del pubis.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Circuncisión

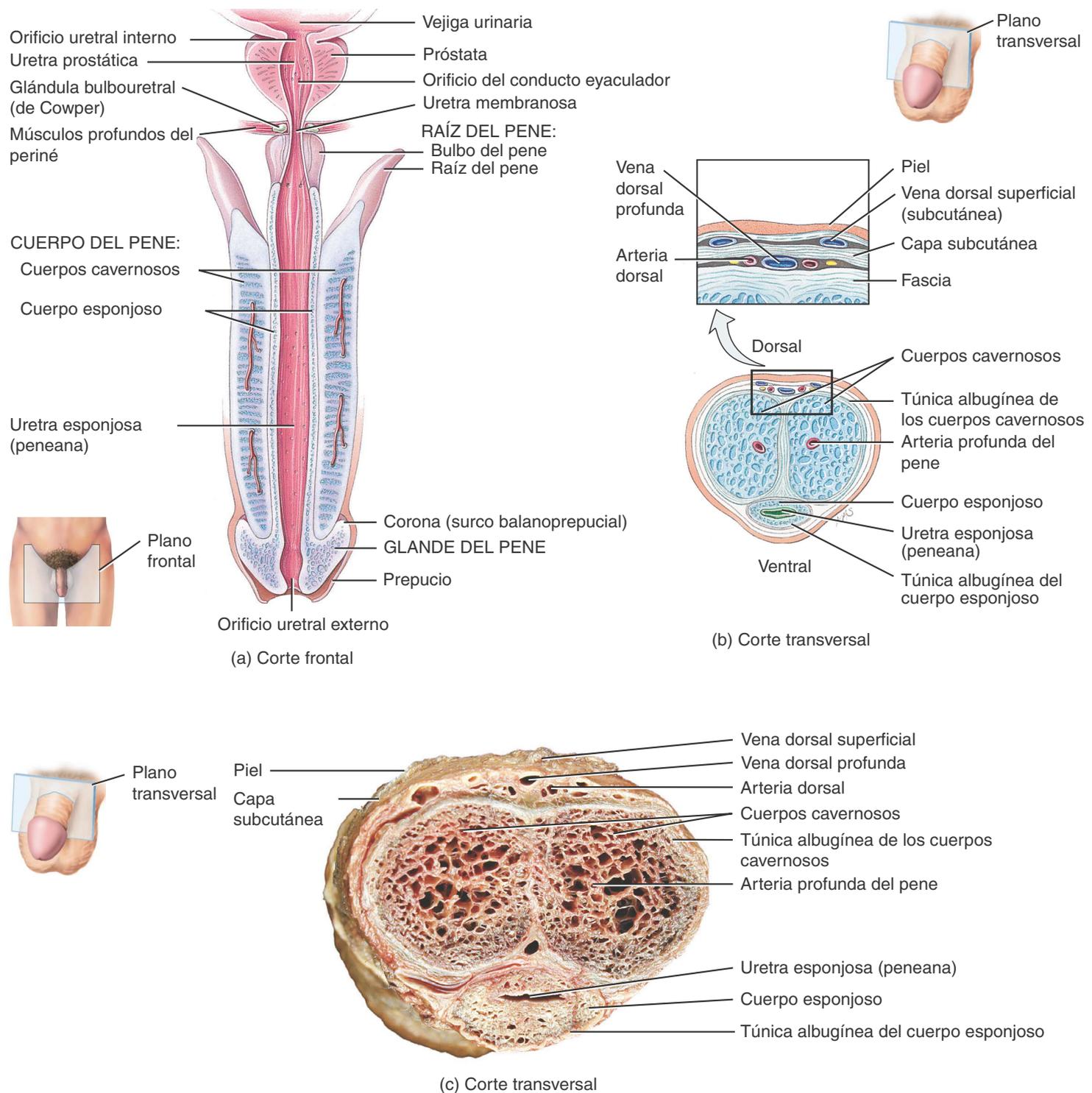
La **circuncisión** (cortar alrededor) es el procedimiento quirúrgico por el cual se extirpa una parte o todo el prepucio. Habitualmente, se efectúa algunos días después del nacimiento, y se realiza por razones sociales, culturales, religiosas y (raramente) clínicas. A pesar de que la mayoría de los profesionales de la salud no encuentra justificación médica para la circuncisión, algunos creen que aporta ciertos beneficios, como menor riesgo de infecciones urinarias, protección contra el cáncer de pene y, posiblemente, menor riesgo de contraer enfermedades de transmisión sexual. De hecho, en estudios realizados en diversos pueblos de África, se demostraron menores tasas de infección con HIV en los hombres circuncidados.

Al producirse la estimulación sexual, (visual, táctil, auditiva, olfativa o imaginada), fibras simpáticas provenientes de la porción sacra de la médula espinal inician y mantienen la **erección**, es decir, el aumento de tamaño y endurecimiento del pene. Las fibras parasimpáticas liberan y estimulan la producción local de óxido nítrico (NO). El NO produce la relajación de las fibras musculares lisas en las paredes de las arteriolas que nutren los tejidos eréctiles, lo que permite la dilatación de los vasos sanguíneos. De esta forma, grandes cantidades de sangre ingresan en los tejidos eréctiles del pene. El NO también produce la relajación del músculo liso en los tejidos eréctiles, y aumenta así el tamaño de los sinusoides sanguíneos. La combinación de flujo sanguíneo aumentado y la dilatación de los sinusoides sanguíneos da como resultado la erección. La expansión de los sinusoides sanguíneos produce también la compresión de las venas que drenan el pene; el enlentecimiento del flujo sanguíneo contribuye a mantener la erección.

El término **priapismo** se refiere a la erección persistente y habitualmente dolorosa de los cuerpos cavernosos del pene sin relación con el deseo sexual o la excitación. Este cuadro puede durar varias horas y se produce como resultado de anomalías en los vasos sanguíneos y los nervios, en general en respuesta a medicación utilizada para producir la erección en hombres con trastornos eréctiles. Otras causas son lesión de la médula espinal, leucemia, anemia de células falciformes y tumor pelviano.

Figura 28.10 Estructura interna del pene. El recuadro en (b) muestra detalles de la piel y las fascias.

 Dentro del pene se encuentra la uretra, un conducto que transporta el semen y la orina.



 ¿Cuáles son las masas tisulares que forman el tejido eréctil del pene y por qué se vuelven rígidas durante la excitación sexual?



La **eyaculación**, la liberación brusca de semen desde la uretra hacia el exterior, es un reflejo simpático coordinado por la región lumbar de la médula espinal. Como parte de este reflejo, el esfínter de músculo liso en la base de la vejiga urinaria se cierra y, así, evita que la orina sea expulsada durante la eyaculación y que el semen ingrese en la vejiga urinaria. Incluso, antes de que la eyaculación se produzca, las contracciones peristálticas del epidídimo, del conducto deferente, de las vesículas seminales, de los conductos eyaculatorios y de la próstata impulsan el semen a la porción peneana de la uretra (uretra esponjosa). Esto conduce a la **emisión**, que es la secreción de un pequeño volumen de semen antes de la eyaculación. La emisión también puede producirse durante el sueño (emisión o polución nocturna). La musculatura del pene (porciones bulboesponjosa e isquiocavernosa y los músculos transversos superficiales del periné), inervada por el nervio pudendo, también se contrae durante la eyaculación (véase la **Figura 11.13**).

Una vez que la estimulación sexual del pene termina, las arteriolas que proveen la sangre a los tejidos eréctiles y al músculo liso del tejido eréctil se contraen, y disminuye el tamaño de los sinusoides. Esto alivia la presión en las venas tributarias del pene y permite que la sangre drene a través de ellas. En consecuencia, el pene vuelve a su estado flácido (relajado).



CORRELACIÓN CLÍNICA | Eyaculación precoz

La **eyaculación precoz** es la que se produce en forma muy anticipada, por ejemplo, durante la excitación previa a la penetración, durante o poco después de ésta. Es producida, en general, por ansiedad, otras causas psicológicas o un prepucio o glande del pene extraordinariamente sensible. En la mayoría de los hombres, la eyaculación precoz puede solucionarse utilizando distintas técnicas (como apretar el pene entre el glande y cuerpo de éste cuando se acerca la eyaculación), psicoterapia o medicación.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

11. Explique brevemente la localización y las funciones de las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales (glándulas de Cowper).
12. ¿Qué es el semen? ¿Cuál es su función?
13. Explique los procesos fisiológicos involucrados en la erección y la eyaculación.

28.2 APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

● OBJETIVOS

- Describir la localización, estructura y funciones de los órganos del aparato reproductor femenino.
- Analizar el proceso de ovogénesis en los ovarios.

Los órganos del aparato reproductor femenino (**Figura 28.11**) incluye los ovarios (gónadas femeninas), las trompas uterinas (de Falopio) u oviductos, el útero, la vagina y los genitales externos, llamados en conjunto vulva. Las glándulas mamarias se consideran tanto parte del sistema tegumentario como del aparato reproductor femenino.

Ovarios

Los ovarios, las gónadas femeninas, son glándulas pares de forma y tamaño similares a los de una almendra sin cáscara; son homólogos de los testículos. (Aquí el término “homólogo” se utiliza para indicar que los dos órganos tienen el mismo origen embriológico.) Los ovarios producen: 1) gametos, ovocitos secundarios que se desarrollan hasta formar el óvulo luego de la fecundación, y 2) hormonas, incluyendo la progesterona y estrógenos (la hormona sexual femenina), inhibina y relaxina.

Los ovarios, uno a cada lado del útero, descienden hacia el borde de la porción superior de la cavidad pelviana durante el tercer mes del desarrollo. Varios ligamentos los fijan en su posición (**Figura 28.12**). El **ligamento ancho** del útero es un pliegue del peritoneo parietal, se une a los ovarios por un pliegue de una capa doble de peritoneo denominado **mesoovario**. El **ligamento propio del ovario** fija los ovarios al útero, y el **ligamento suspensorio** los fija a la pared pelviana. Cada ovario tiene un **hilio**, el punto de entrada y salida para los vasos sanguíneos y los nervios, que se encuentran unidos al mesoovario.

Histología del ovario

Cada ovario está formado por las siguientes partes (**Figura 28.13**):

- El **epitelio germinal**, una capa de epitelio simple (cúbico bajo o plano) que cubre la superficie del ovario. Ahora, sabemos que el término epitelio germinal no es correcto en los humanos, puesto que éste no da origen a los óvulos; se utilizaba porque al momento de denominarlo, se creía que sí lo hacía. Actualmente se sabe que las células progenitoras de los óvulos provienen del saco vitelino y migran a los ovarios durante el desarrollo embrionario.
- La **túnica albugínea**, una capa blanquecina de tejido conectivo denso e irregular, localizada inmediatamente por debajo del epitelio germinal.
- La **corteza ovárica**, la región por debajo de la túnica albugínea. Está compuesta por folículos ováricos (se describe más adelante) rodeados de tejido conectivo denso irregular, que contiene fibras colágenas y células similares a fibroblastos llamadas *células estromales*.
- La **médula ovárica** se encuentra por debajo de la corteza ovárica. El borde entre la corteza y la médula es impreciso; sin embargo, la médula se distingue porque presenta un tejido conectivo más laxo con vasos sanguíneos, linfáticos y nervios.
- Los **folículos ováricos** (folículo = saco pequeño) se encuentran en la corteza y están compuestos por los **ovocitos** en sus distintos estadios de desarrollo, junto con las células que los rodean. Cuando las células que los rodean forman una sola capa, se llaman **células foliculares**. Más tarde, durante el desarrollo, cuando éstas forman varias capas, se las denomina **células de la granulosa**. Dichas células nutren el ovocito en desarrollo y comienzan a secretar estrógenos a medida que éste aumenta de tamaño.
- Un **folículo maduro (o de de Graaf)** es un folículo grande, lleno de líquido, que está listo para romperse y liberar el ovocito secundario, proceso conocido como **ovulación**.
- El **cuerpo lúteo** (cuerpo amarillo) contiene los restos del folículo maduro, luego de la ovulación. El cuerpo lúteo produce progesterona, estrógenos, relaxina e inhibina hasta que se degenera en un tejido cicatrizal fibroso, el **cuerpo albicans** (cuerpo blanco).

Ovogénesis y desarrollo folicular

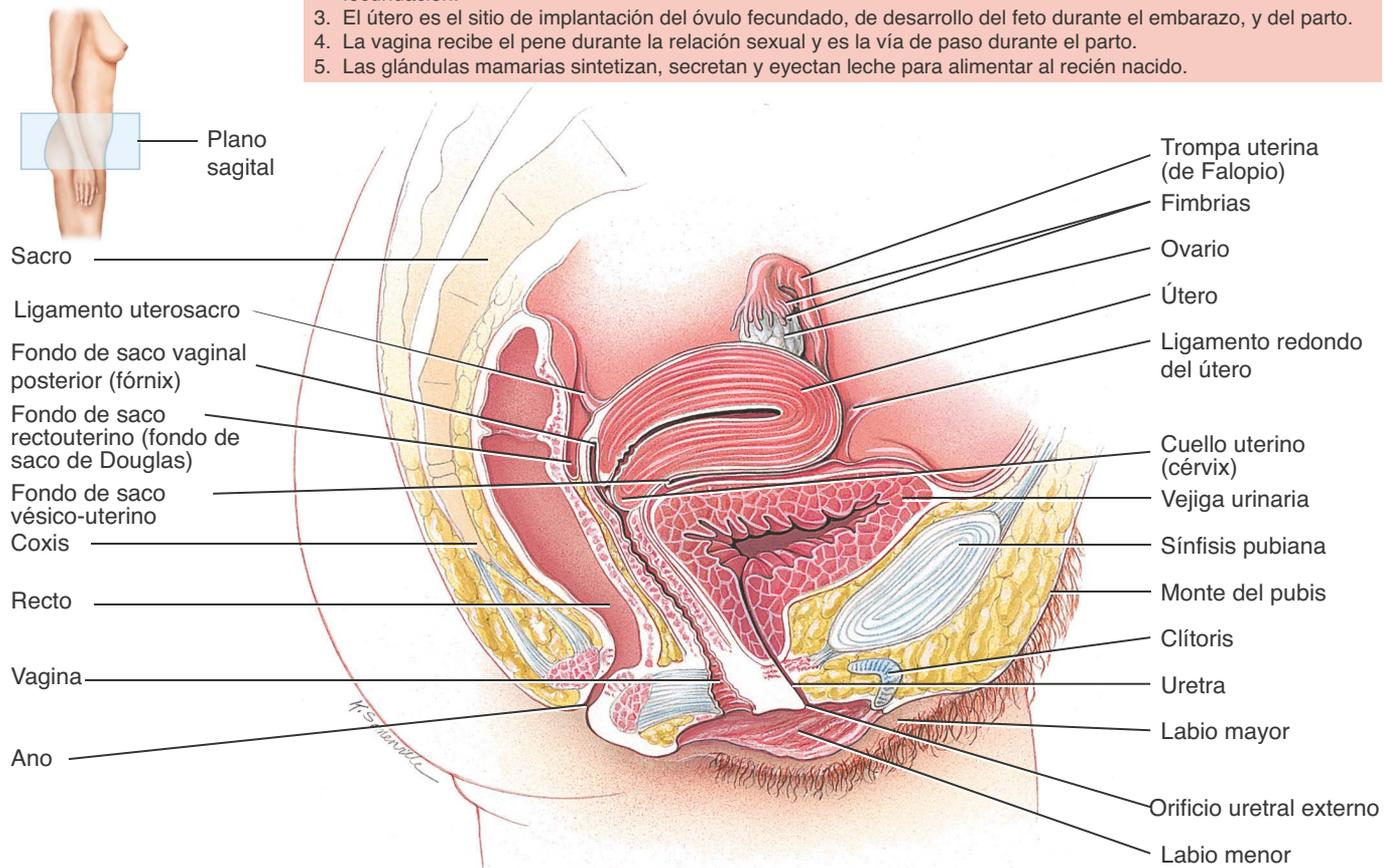
La formación de los gametos en el ovario se denomina **ovogénesis**. A diferencia de la espermatogénesis, que se inicia en la pubertad en

Figura 28.11 Órganos femeninos de la reproducción y estructuras circundantes.

Los órganos de la reproducción femeninos son los ovarios, las trompas uterinas (de Falopio), el útero, la vagina y las glándulas mamarias.

FUNCIONES DEL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

1. Los ovarios producen ovocitos secundarios y hormonas; progesterona y estrógenos (hormonas sexuales femeninas), inhibina y relaxina.
2. Las trompas uterinas transportan el ovocito secundario al útero y son el sitio donde, normalmente, se produce la fecundación.
3. El útero es el sitio de implantación del óvulo fecundado, de desarrollo del feto durante el embarazo, y del parto.
4. La vagina recibe el pene durante la relación sexual y es la vía de paso durante el parto.
5. Las glándulas mamarias sintetizan, secretan y eyectan leche para alimentar al recién nacido.



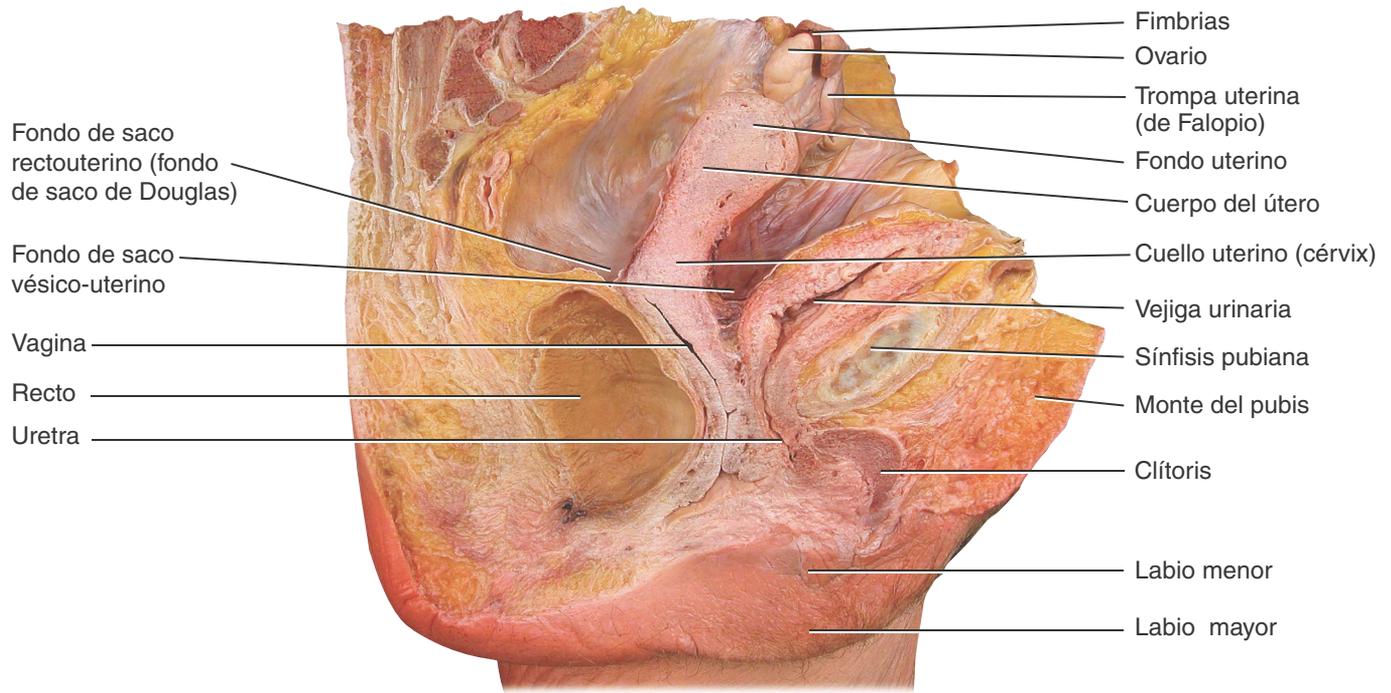
(a) Corte sagital

los varones, la ovogénesis comienza, en las mujeres, mucho antes del nacimiento y ocurre, en esencia, de la misma manera que la espermatogénesis; se produce la meiosis (véase el Capítulo 3) y las células germinativas resultantes atraviesan un proceso de maduración.

Durante el desarrollo fetal temprano, células germinativas primordiales (primitivas) migran desde el saco vitelino hacia los ovarios. Una vez allí, se diferencian en **ovogonios**. Los ovogonios son células madre diploides ($2n$), que se dividen por mitosis para producir millones de células germinativas. Incluso antes del nacimiento, la mayor parte de estas células se degeneran por medio de un proceso conocido como **atresia**. Algunas, no obstante, se desarrollan hasta formar células de mayor tamaño, los **ovocitos primarios**, que entran en la profase de la meiosis I durante el desarrollo fetal, pero no completan esta fase hasta después de la pubertad. Durante esta etapa detenida del desarrollo, cada ovocito primario es rodeado por una capa de células foliculares, y la estructura entera es el **folículo primordial** (Figura 28.14a). La corteza ovárica que rodea los folículos primordiales está compuesta de fibras colágenas y **células estromales** similares a fibroblastos. Al momento

del nacimiento, en cada ovario se encuentran aproximadamente 200 000 a 2 000 000 de ovocitos primarios. De éstos, aproximadamente 40 000 siguen presentes al alcanzar la pubertad y alrededor de 400 podrán madurar y ser ovulados durante la vida fértil de la mujer. Los ovocitos primarios restantes sufrirán el proceso de atresia.

Cada mes, desde la pubertad hasta la menopausia, las gonadotropinas (FSH y LH), secretadas por el lóbulo anterior de la hipófisis, estimulan varios folículos primordiales a continuar su desarrollo; sin embargo, sólo uno suele alcanzar el grado de madurez necesario para ser ovulado. Unos pocos folículos primordiales comienzan a crecer y se convierten en **folículos primarios** (Figura 28.14b). Cada folículo primario consiste en un ovocito primario que en una etapa posterior de su desarrollo es rodeado por varias capas de células cuboides y cilíndricas bajas llamadas **células de la granulosa**. A medida que el folículo primario crece, forma una capa glucoproteica definida, la **zona pelúcida**, entre el ovocito primario y las células de la granulosa. A su vez, las células estromales alrededor de la membrana basal comienzan a organizarse formando una capa denominada **teca folicular**.

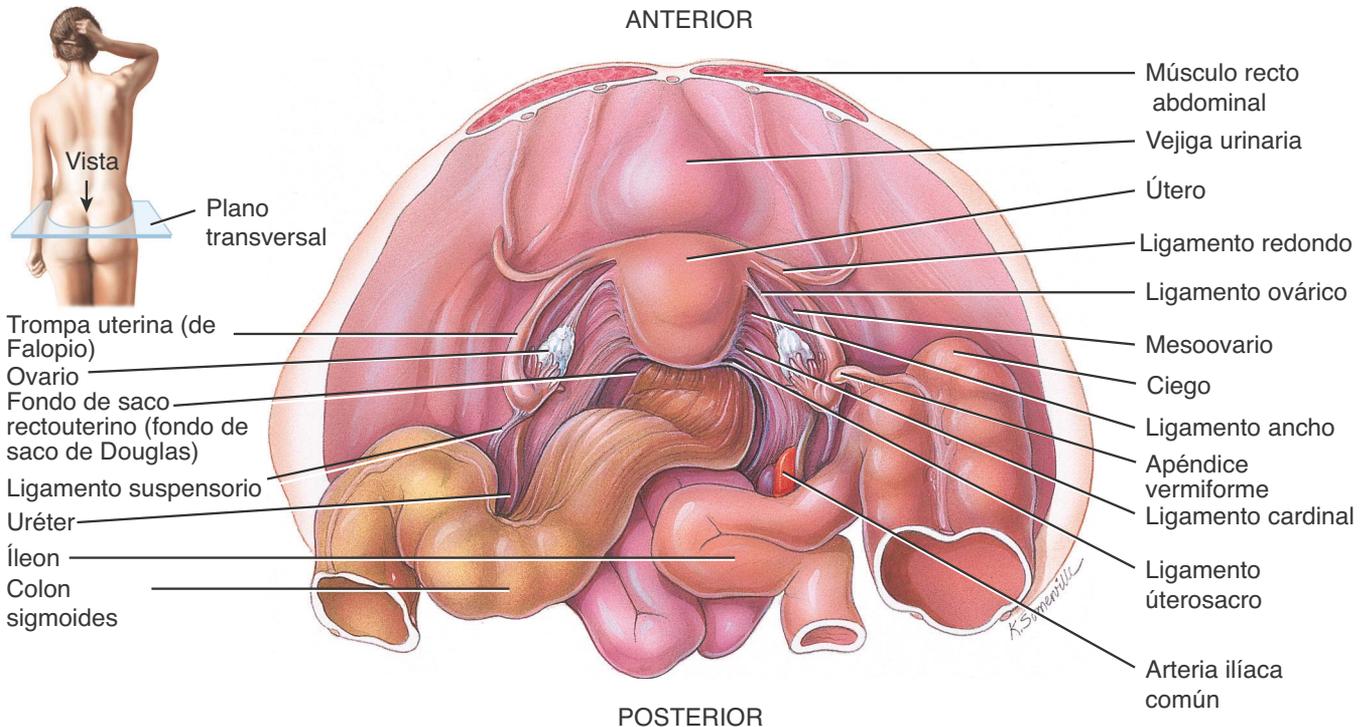


(b) Corte sagital

¿Cuáles son las estructuras masculinas homólogas a los ovarios, el clítoris, las glándulas parauretrales y las glándulas vestibulares mayores?

Figura 28.12 Posiciones relativas de los ovarios, el útero y los ligamentos que los sostienen.

Los ligamentos que mantienen los ovarios en posición son el mesoovario, el ligamento ovárico y el ligamento suspensorio.

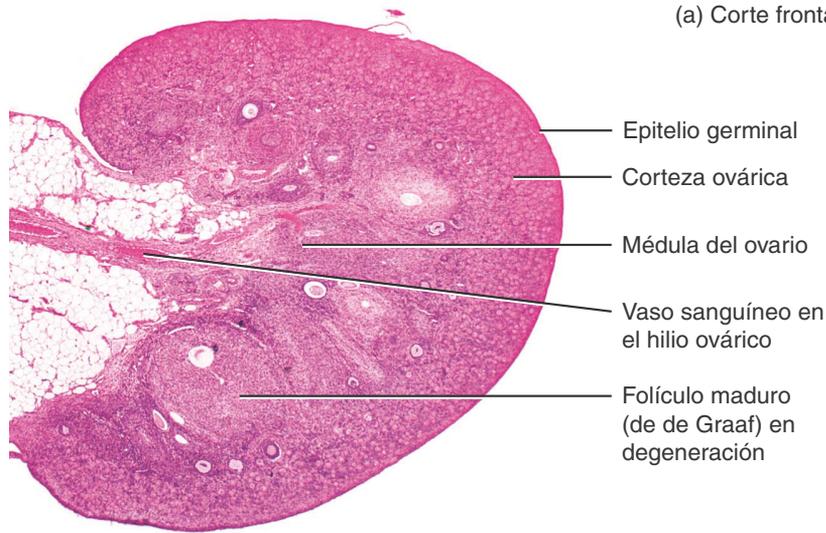
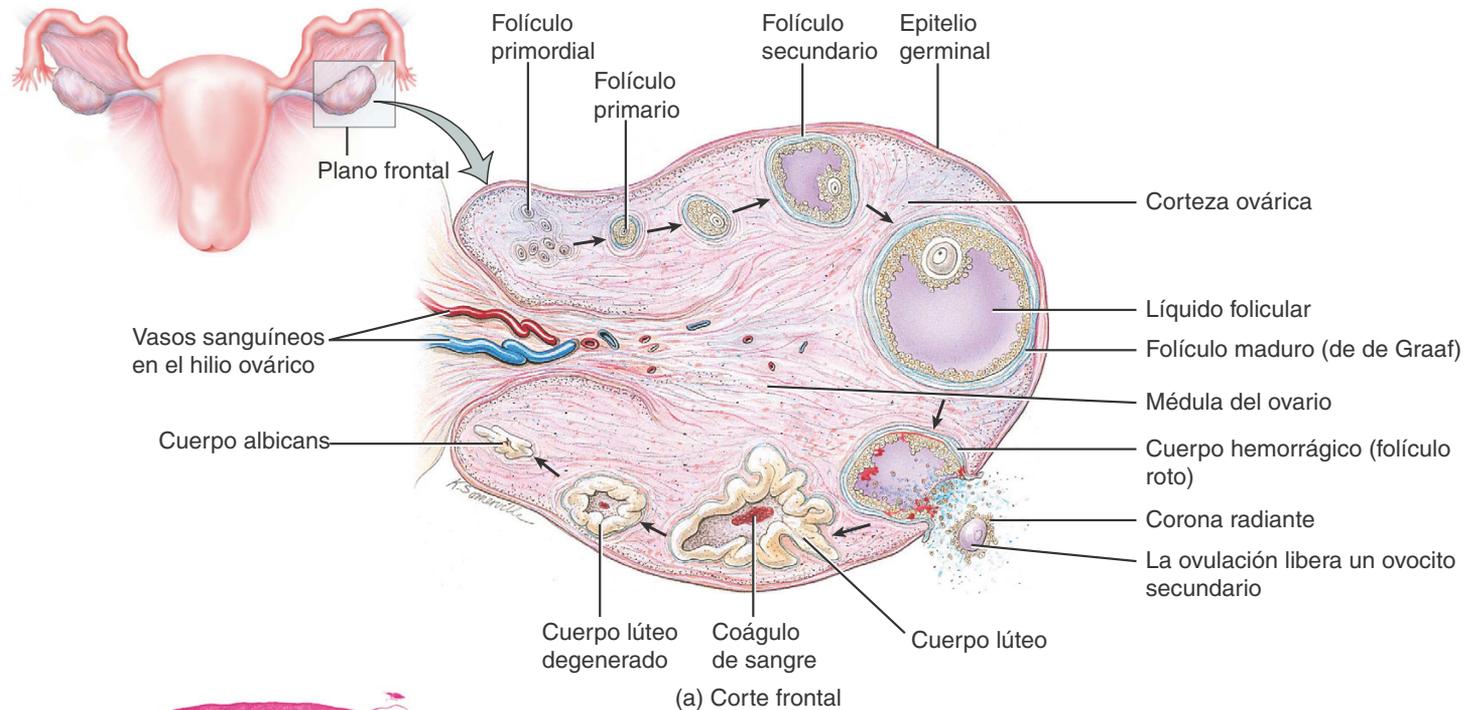


Vista superior del corte transversal

¿A qué estructuras está fijado el ovario por el mesoovario, el ligamento propio del ovario y el ligamento suspensorio?

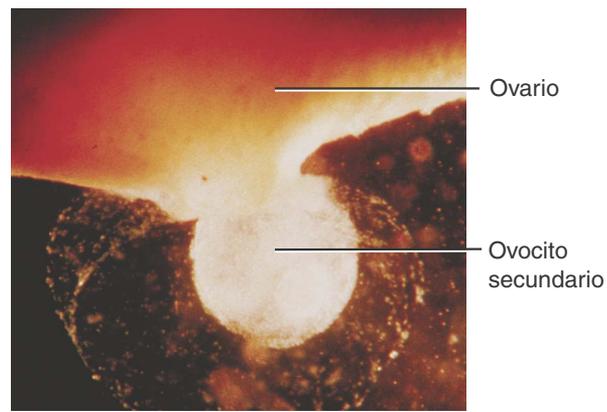
Figura 28.13 **Histología del ovario.** Las flechas en (a) indican la secuencia de etapas del desarrollo que se producen como parte de la maduración de un óvulo durante el ciclo ovárico.

 Los ovarios son las gónadas femeninas; producen ovocitos haploides.



MO 20x

(b) Hemisección



MO 30x

(c) Ovulación de un ovocito secundario

 ¿Qué estructuras del ovario contienen tejido endocrino y qué hormonas secretan?

Con la continuación del proceso de maduración, un folículo primario se transforma en folículo secundario (Figura 28.14c). En un **folículo secundario**, la teca se diferencia en dos capas celulares; 1) la **teca interna**, una capa interna muy vascularizada de células cuboideas secretoras que producen estrógenos, y 2) la **teca externa**, una capa externa de células estromales y fibras colágenas. A su vez, las células de la granulosa comienzan a secretar líquido folicular, que se acumu-

la en una cavidad llamada **antro**, en el centro del folículo secundario. Además, la capa más interna de las células granulosas se une firmemente a la zona pelúcida y pasa a formar la **corona radiada** (Figura 28.14c).

El folículo secundario, finalmente, se agranda y se convierte en un **folículo maduro (de de Graaf)** (Figura 28.14d). En el interior de este folículo, el ovocito primario diploide completa la meiosis I, produciendo

dos células haploides de distinto tamaño, cada una con 23 cromosomas (Figura 28.15). La célula más pequeña producida por meiosis I, llamada **primer cuerpo polar**, es esencialmente un paquete de material nuclear descartado. La célula de mayor tamaño, conocida como **ovocito secundario**, recibe la mayor parte del citoplasma. Una vez que se forma el ovocito secundario, inicia la meiosis II,

pero se detiene en la metafase. El folículo maduro (de de Graaf) pronto se rompe y libera su ovocito secundario, proceso conocido como **ovulación**.

Durante la ovulación, el ovocito secundario es expulsado hacia la cavidad pelviana junto con el primer cuerpo polar y la corona radiada. Normalmente, estas células son arrastradas hacia el interior de la

Figura 28.14 Folículos ováricos

 A medida que el folículo ovárico crece, el líquido folicular se acumula en una cavidad llamada antro.

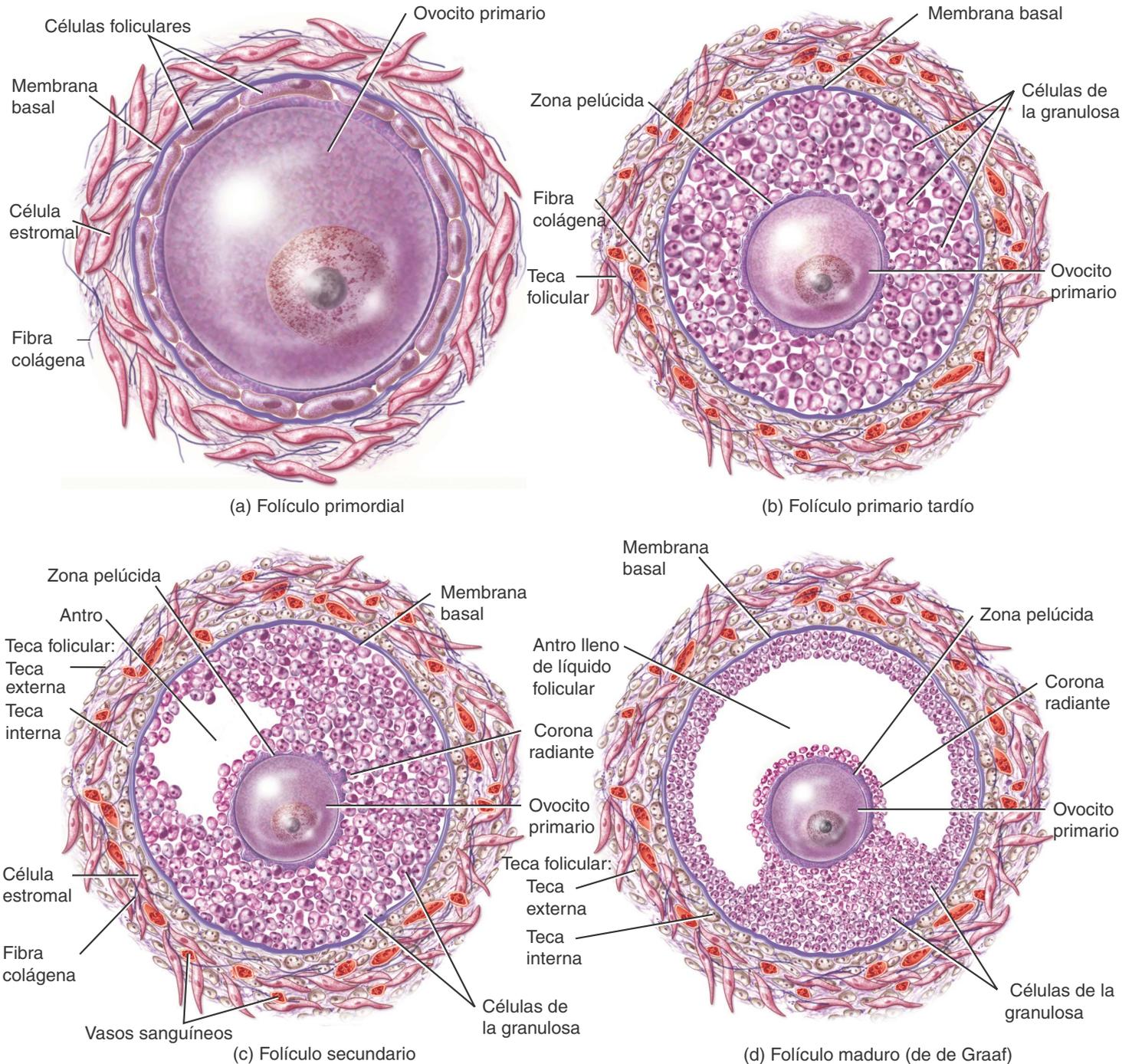
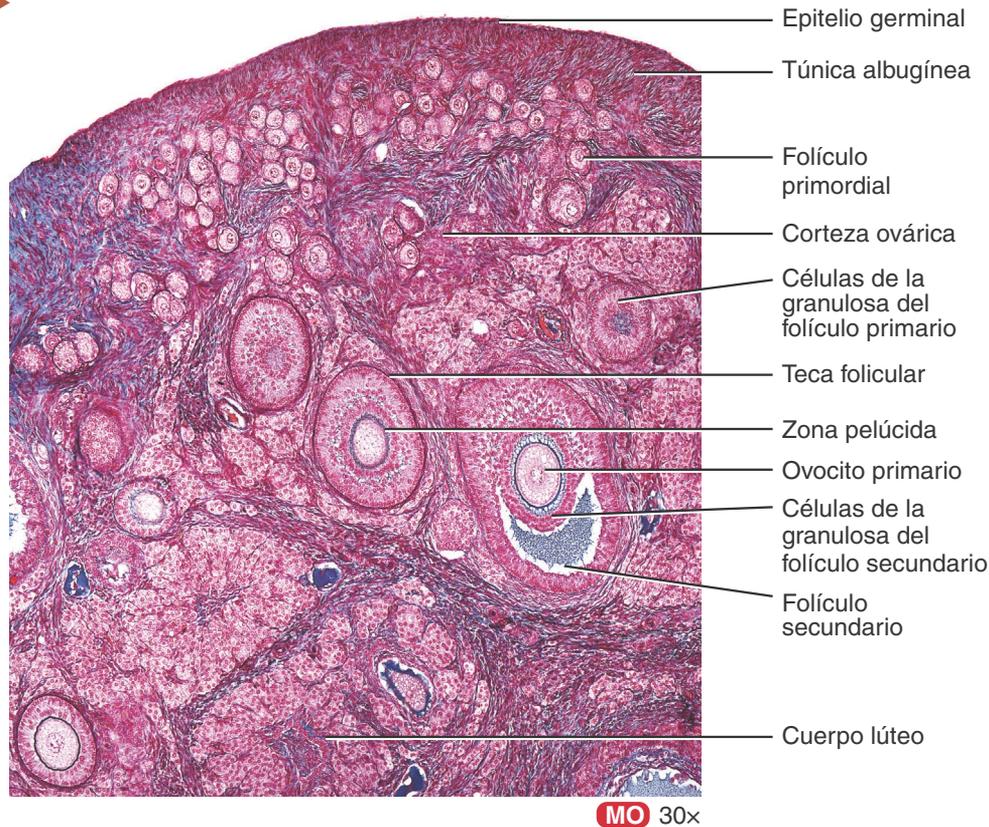
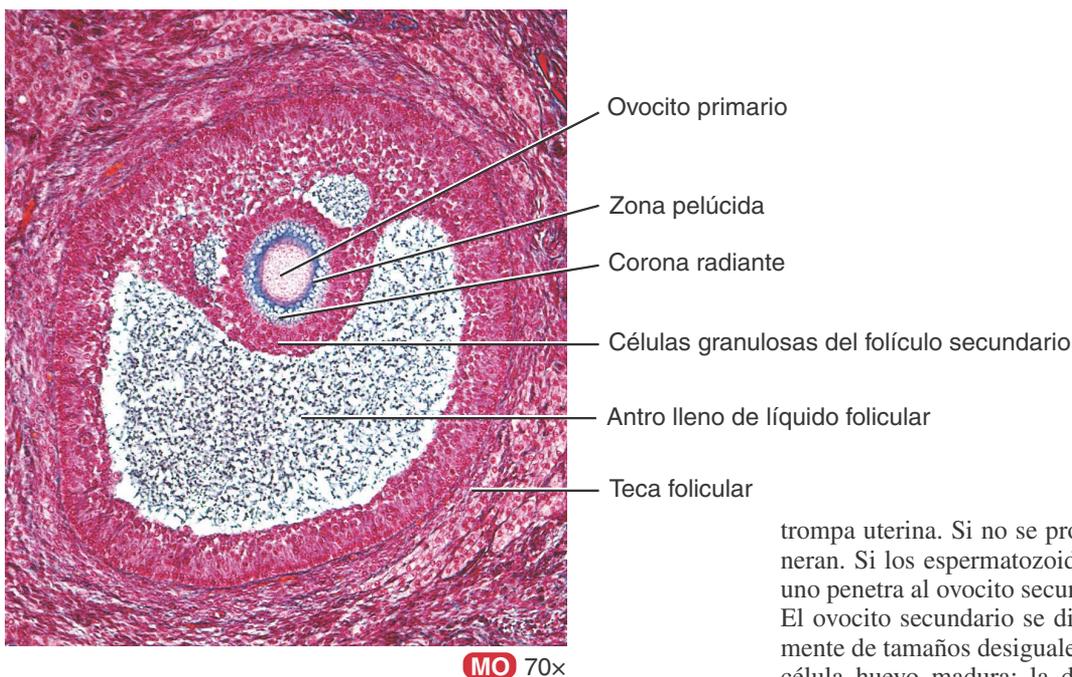


FIGURA 28.14 CONTINUÍA 

FIGURA 28.14 CONTINUACIÓN



(e) Corteza ovárica



(f) Folículo secundario

¿Qué le ocurre a la mayor parte de los folículos ováricos?

trompa uterina. Si no se produce la fecundación, las células se degeneran. Si los espermatozoides están presentes en la trompa uterina y uno penetra al ovocito secundario, entonces se completa la meiosis II. El ovocito secundario se divide en dos células haploides (n), nuevamente de tamaños desiguales. La célula de mayor tamaño es el **óvulo**, célula huevo madura; la de menor tamaño es el **segundo cuerpo polar**. El núcleo del espermatozoide se une entonces al núcleo del óvulo, formando el **cigoto** diploide ($2n$). Si el primer cuerpo polar realiza una división más, produce dos cuerpos polares, entonces, el ovocito primario finalmente daría origen a tres cuerpos polares haploides (n) y un único óvulo haploide (n). Así, un ovocito primario origina un solo gameto (un óvulo). En contraste, recordemos que en los hombres un espermatozoides produce cuatro gametos (espermatozoides).

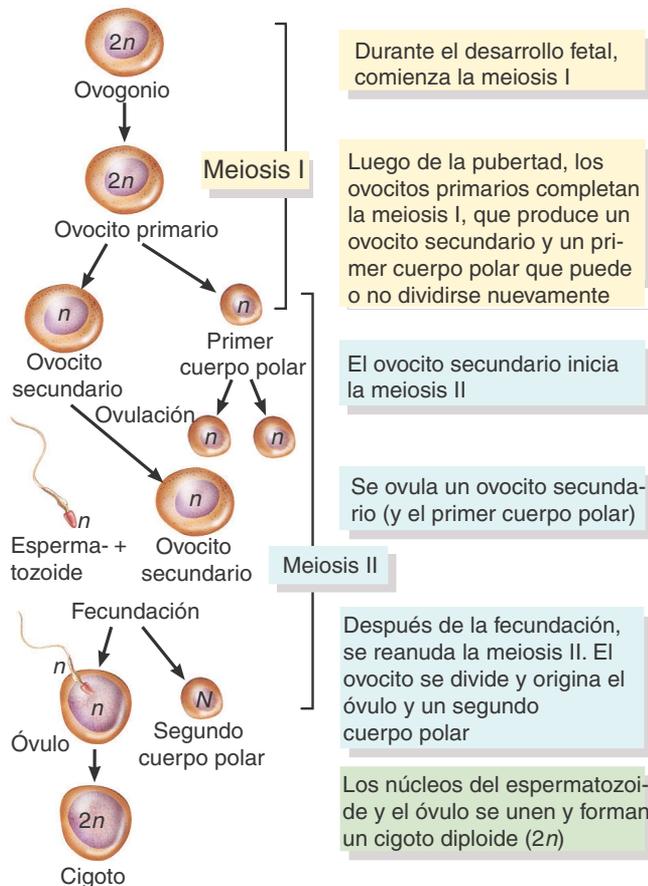
En el Cuadro 28.1 se resumen los fenómenos de la ovogénesis y el desarrollo folicular.

CORRELACIÓN CLÍNICA | Quistes de ovario

Un quiste de ovario es un saco lleno de líquido, en el interior del ovario o sobre su superficie. Los quistes son relativamente comunes; por lo general, no son cancerosos y suelen desaparecer espontáneamente. Los quistes cancerosos son más comunes en mujeres mayores de 40 años. Los quistes ováricos pueden causar dolor sordo; presión o sensación de plenitud en el abdomen; dolor durante el acto sexual; períodos menstruales dolorosos, atrasados o irregulares; dolor agudo de aparición súbita en el abdomen inferior y sangrado vaginal. La mayoría de los quistes ováricos no requieren tratamiento, pero los que miden más de 5 cm deben ser extirpados quirúrgicamente.

Figura 28.15 **Ovogénesis.** Las células diploides ($2n$) tienen 46 cromosomas; las células haploides (n) tienen 23 cromosomas.

En un ovocito secundario, la meiosis II se completa solamente si tiene lugar la fertilización.



¿Cómo se compara la edad de un ovocito primario en la mujer con la edad de un espermatozoide primario en el hombre?

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cómo se fijan los ovarios a la cavidad pelviana?
- Describe la estructura microscópica y las funciones de un ovario.
- Describe los principales fenómenos de la ovogénesis.

Trompas uterinas

Las mujeres tienen dos **trompas uterinas (de Falopio) u oviductos**, que se extienden en sentido lateral, desde el útero (Figura 28.16). Las trompas, que miden 10 cm de largo, yacen entre los pliegues de los ligamentos anchos del útero. Proveen una ruta para que los espermatozoides alcancen el óvulo y transporta los ovocitos secundarios y óvulos fertilizados, desde los ovarios hacia el útero. La porción en forma de embudo de cada trompa, llamada **infundíbulo**, se encuentra próxima al ovario y abierta hacia la cavidad pelviana. Termina en un penacho de proyecciones digitiformes, las **fimbrias (franjas)**, una de las cuales se encuentra unida al borde lateral del ovario (franja ovárica). Desde el infundíbulo, la trompa uterina se extiende en dirección medial y luego hacia abajo, y se une al ángulo lateral superior del útero. La **ampolla** de la trompa uterina es la porción más ancha y más larga; constituye los dos tercios laterales de la trompa. El **istmo** de la trompa uterina es la porción más medial, corta, angosta y de paredes gruesas que se une al útero.

Histológicamente, las trompas uterinas se componen de tres capas: la mucosa, la muscular y la serosa. La mucosa consiste en el epitelio y la lámina propia (tejido conectivo areolar). El epitelio tiene células ciliadas cilíndricas simples, que funcionan como una “cinta transportadora ciliar”, que ayuda al óvulo fecundado (o al ovocito secundario) a desplazarse a lo largo de la trompa uterina hacia el útero, y células no ciliadas (células “en clavija”), que tienen microvellosidades y secretan un líquido que provee de nutrientes al óvulo (Figura 28.17). La capa media, la muscular, está formada por un anillo interno y grueso de músculo liso circular, además de una región externa y delgada de músculo liso longitudinal. Las contracciones peristálticas de la muscular, junto con la acción ciliar de la mucosa, ayudan al ovocito o al óvulo fecundado a desplazarse hacia el útero. La capa externa de las trompas uterinas es una serosa.

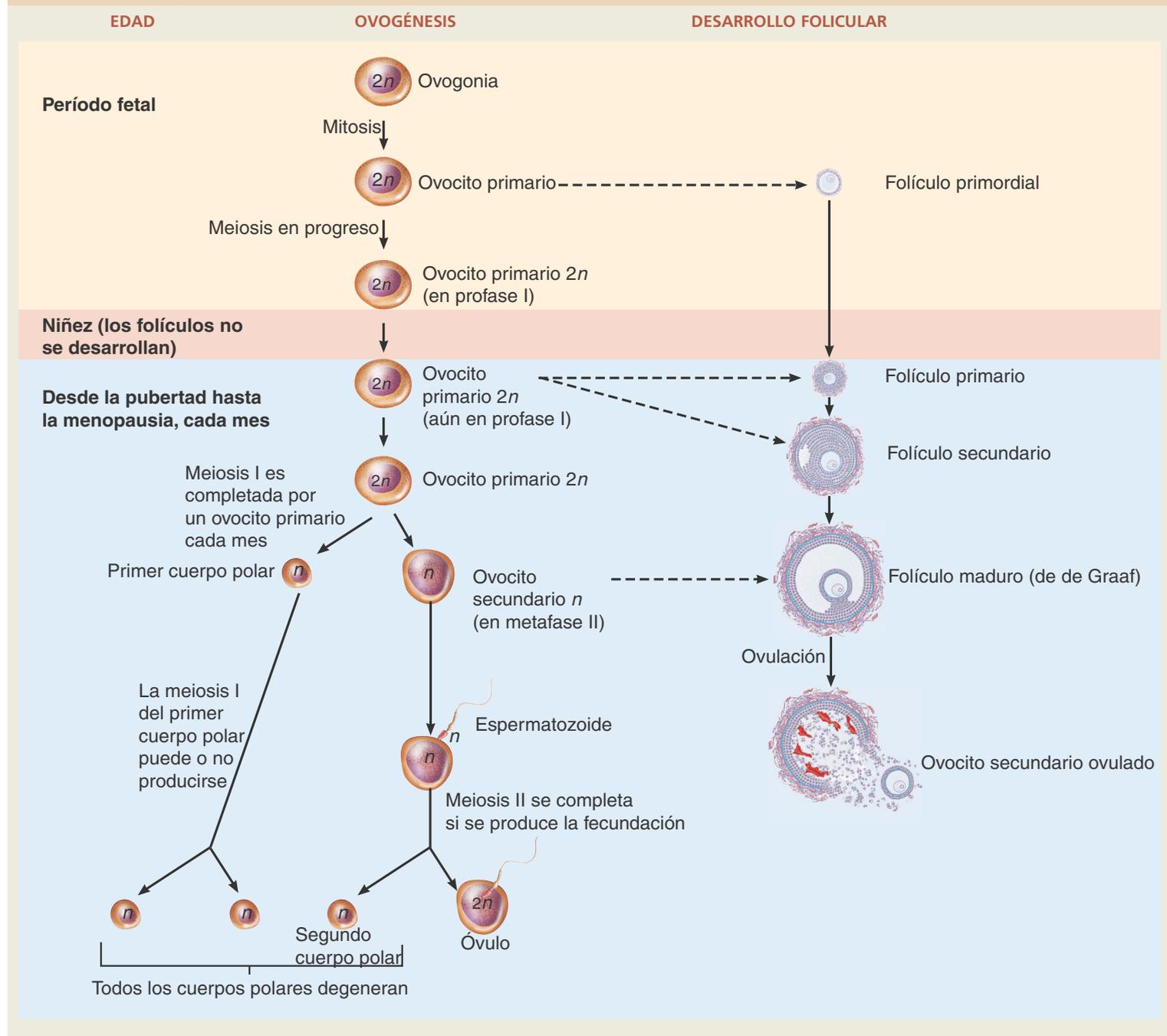
Después de la ovulación, se producen corrientes locales debido a los movimientos de las fimbrias que rodean la superficie del folículo maduro, poco antes de que se produzca la ovulación. Estas corrientes barren el ovocito secundario ovulado, desde la cavidad peritoneal hacia la trompa uterina. Un espermatozoide normalmente se encuentra con un ovocito secundario y lo fecunda en la ampolla de la trompa; sin embargo, la fecundación en la cavidad pelviana no es infrecuente. La fecundación puede producirse en cualquier momento, dentro de las 24 horas posteriores a la ovulación. Unas horas después de ocurrida la fecundación, los materiales nucleares del óvulo y el espermatozoide haploides se unen. El óvulo fecundado diploide se llama ahora **cigoto** y comienza a dividirse a medida que se desplaza hacia el útero, adonde llega 6 o 7 días después de ocurrida la ovulación.

Útero

El **útero** (matriz) forma parte del camino que siguen los espermatozoides depositados en la vagina para alcanzar las trompas uterinas. Es también el sitio de implantación del óvulo fecundado, de desarrollo para el feto durante el embarazo y el parto. Durante los ciclos reproductores en los que la implantación no se produce, el útero es el sitio de origen del flujo menstrual.

CUADRO 28.1

Resumen de la ovogénesis y el desarrollo folicular



Anatomía del útero

Situado entre la vejiga urinaria y el recto, el útero tiene el tamaño y la forma de una pera invertida (véase la **Figura 28.16**). En las mujeres que nunca estuvieron embarazadas mide alrededor de 7,5 cm de largo, 5 cm de ancho y 2,5 cm de espesor. El útero es más grande en las mujeres con embarazos recientes y más pequeño (atrófico) cuando los niveles hormonales son bajos, como ocurre después de la menopausia.

Las subdivisiones anatómicas del útero son: 1) una porción en forma de cúpula, por encima de las trompas uterinas, llamada **fondo (fundus) uterino**, 2) una porción central estrecha, el **cuerpo** uterino,

y 3) una porción inferior angosta, el **cuello o cérvix**, que se abre hacia la vagina. Entre el cuerpo del útero y el cuello, se encuentra el **istmo**, una región estrecha de alrededor de 1 cm de largo. El interior del cuerpo uterino constituye la cavidad **uterina**, y la porción interior del cuello, el **conducto del cuello uterino (canal cervical)**. El canal cervical se abre hacia la cavidad uterina por el **orificio interno** y a la vagina, por el **orificio externo**.

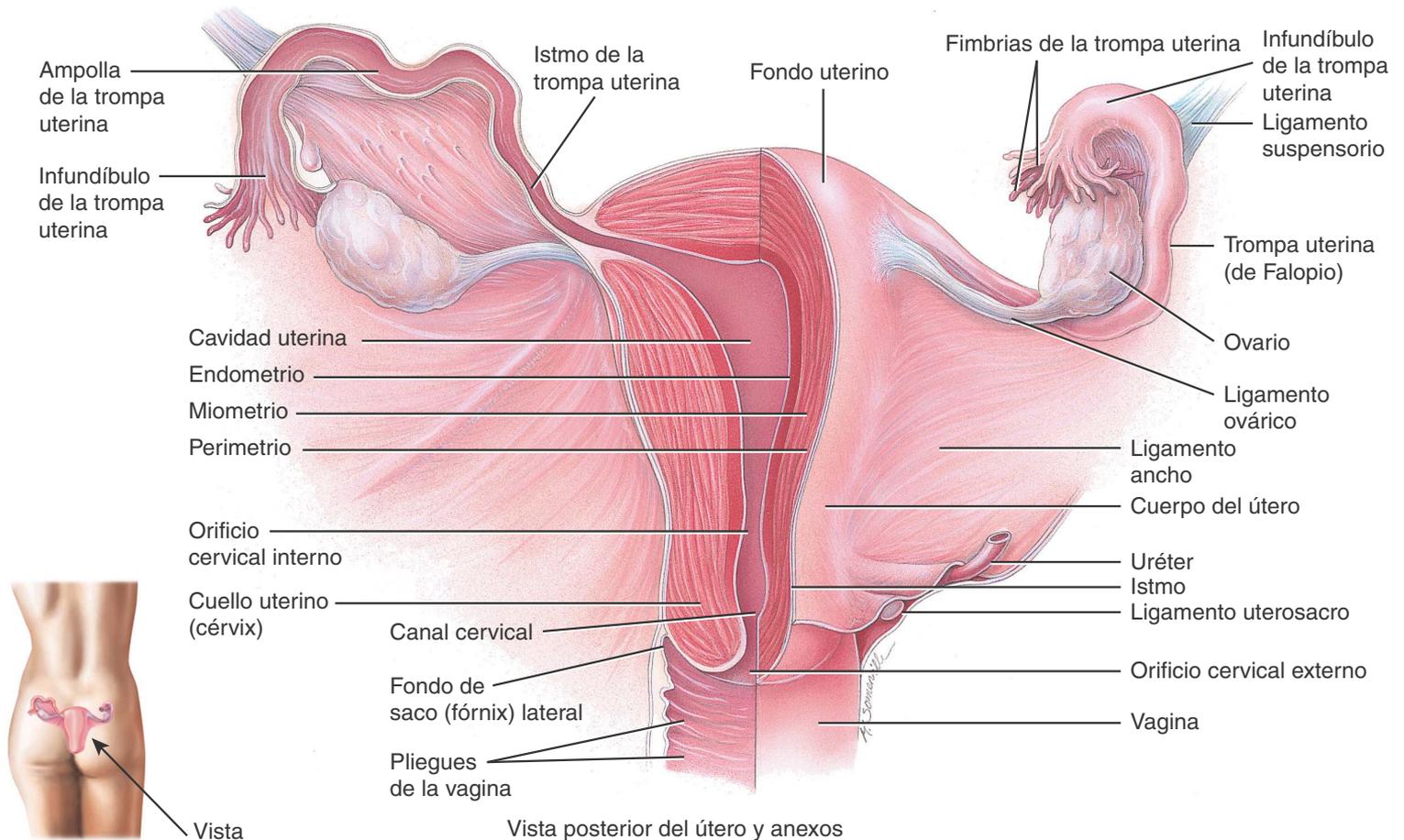
Normalmente, el cuerpo uterino se proyecta hacia adelante y hacia arriba, por encima de la vejiga urinaria en una posición llamada **ante-flexión**. El cuello se proyecta hacia abajo y hacia atrás y se une a la



Figura 28.16 Relaciones de las trompas uterinas (de Falopio) con los ovarios, el útero y las estructuras asociadas. En la mitad izquierda del dibujo, la trompa uterina y el útero están seccionados para mostrar las estructuras internas.



Luego de la ovulación, un ovocito secundario con su corona radiante se desplaza desde la cavidad pelviana hacia el infundíbulo de la trompa uterina. El útero es el sitio de la menstruación, de implantación del óvulo fecundado, de desarrollo del feto y del parto.



? ¿Dónde se produce normalmente la fecundación?

pared anterior de la vagina en un ángulo casi recto (véase la **Figura 28.11**). Varios ligamentos, que son extensiones del peritoneo parietal o cordones fibromusculares, mantienen al útero en posición (véase la **Figura 28.12**). Los dos **ligamentos anchos** son pliegues dobles de peritoneo que fijan el útero a cada lado de la cavidad pelviana. El par de ligamentos **rectouterinos (uterosacos)**, también extensiones peritoneales, se sitúa a cada lado del recto y conecta el útero con el sacro. Los **ligamentos cardinales (ligamentos cervicales transversos o de Mackenrodt)** se ubican por debajo de las bases de los ligamentos anchos y se extienden desde la pared pelviana hasta el cuello y la vagina. Los **ligamentos redondos** son bandas de tejido conectivo fibroso, ubicados entre las capas de los ligamentos anchos; se extienden desde un punto en el útero inmediatamente inferior a las trompas uterinas hasta una porción de los labios mayores, en los genitales externos. A pesar de que los ligamentos normalmente mantienen el útero en posición de ante flexión, también permiten al cuerpo uterino la suficiente

libertad de movimiento como para que el útero pueda quedar fuera de su posición normal. La inclinación posterior del útero se llama **retroflexión**. Es una variante no patológica de la posición normal. Con frecuencia, no se encuentran causas para esta alteración, pero puede aparecer luego de dar a luz.



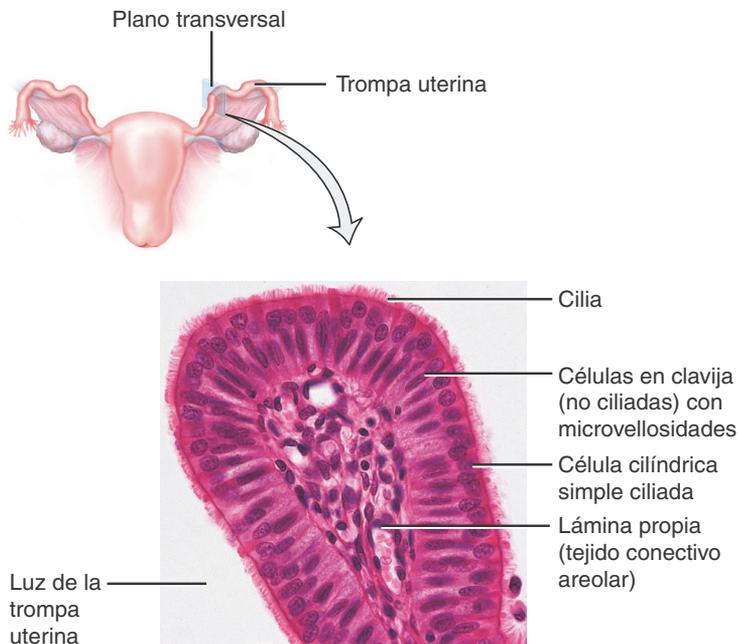
CORRELACIÓN CLÍNICA | Prolapso uterino

El **prolapso uterino** (prolapso = caída o descenso) puede producirse como resultado de un debilitamiento de los ligamentos y la musculatura que sostienen al útero, asociado con la edad o enfermedades, al parto vaginal traumático, al esfuerzo crónico por tos o movimientos intestinales dificultosos o a tumores pelvianos. El prolapso puede clasificarse como de *primer grado (leve)*, en el cual el cuello permanece

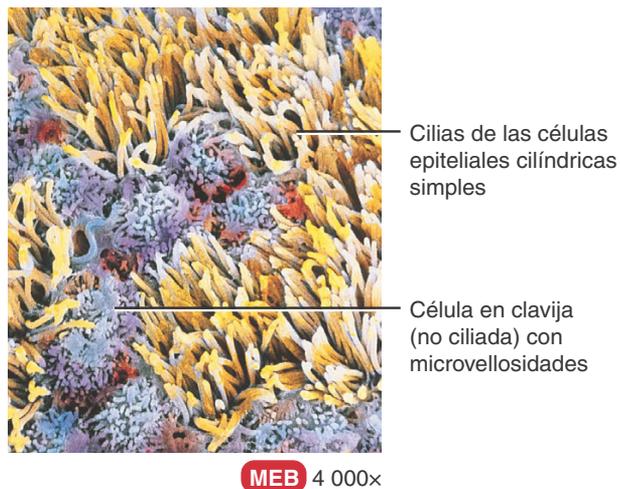
en la vagina; de *segundo grado (marcado)*, en el cual el cuello protruye a través de la vagina hacia el exterior; y de *tercer grado (completo)*, en el cual el útero entero se encuentra fuera de la vagina. Según el grado de prolapsio, el tratamiento puede implicar ejercicios pélvicos, dieta si la paciente tiene sobrepeso, ablandamiento de las deposiciones para minimizar el esfuerzo durante la defecación, terapia con pesario (colocación de un dispositivo de goma alrededor del cuello uterino, que ayuda empujar el útero) o cirugía.

Figura 28.17 Histología de la trompa uterina (de Falopio).

Las contracciones peristálticas de la capa muscular y la acción ciliar de la mucosa de la trompa uterina ayudan a trasladar el ovocito o el óvulo fertilizado hacia el útero.



(a) Detalles del epitelio



(b) Detalles del epitelio en una vista superficial

¿Qué tipos de células revisten las trompas uterinas?

Histología del útero

Histológicamente, el útero está compuesto por tres capas de tejido: perimetrio, miometrio y endometrio (Figura 28.18). La capa externa o **perimetrio** (*peri-*, alrededor; y *-métra*, útero) es una serosa que forma parte del peritoneo visceral. El perimetrio está formado por epitelio pavimentoso simple y tejido conectivo areolar. Lateralmente se convierte en los ligamentos anchos. Por delante cubre la vejiga urinaria y forma una excavación superficial, el **fondo de saco vesicouterino** (véase la Figura 28.11). Por detrás, cubre el recto y forma un fondo de saco profundo, el **fondo de saco rectouterino** o *fondo de saco de Douglas*, el punto más inferior de la cavidad pélvica.

La capa media del útero, el **miometrio** (*myós-*, músculo), está formado por tres capas de fibras musculares lisas, más gruesas en el fondo y más delgadas en el cuello. La capa media, más gruesa, es circular; las capas interna y externa son longitudinales u oblicuas. Durante el parto, las contracciones coordinadas del miometrio en respuesta a la oxitocina proveniente de la neurohipófisis ayudan a expulsar al feto del útero.

La capa interna del útero, el **endometrio** (*éndon-*, dentro), se encuentra ricamente vascularizada y tiene tres componentes: 1) una capa más interna de epitelio cilíndrico simple (células ciliadas y secretoras) bordea la luz, 2) una capa subyacente de estroma endometrial, que forma una región de lámina propia muy gruesa (tejido conectivo areolar), 3) las glándulas endometriales (uterinas) aparecen como invaginaciones del epitelio luminal y se extienden casi hasta el miometrio. El endometrio se divide en dos capas. La **capa funcional** (**stratum functionalis**) reviste la cavidad uterina y se desprende durante la menstruación. La capa más profunda, la **capa basal** (**stratum basalis**), es permanente y da origen a la capa funcional, después de cada menstruación.

Las ramas de la arteria ilíaca interna llamadas **arterias uterinas** (Figura 28.19) proveen de sangre al útero. Las arterias uterinas dan origen a las **arterias arcuatas**, que se disponen en forma circular en el miometrio. Éstas originan las **arterias radiadas** que penetran profundamente en el miometrio. Inmediatamente antes de ingresar al miometrio, se dividen en dos tipos de arteriolas: las **arteriolas rectas**, que proveen a la capa basal de las sustancias necesarias para regenerar la capa funcional, y las **arteriolas espiraladas**, que irrigan el estrato funcional y se modifican marcadamente durante el ciclo menstrual. La sangre que abandona el útero es drenada por las **venas uterinas** hacia las venas ilíacas internas. La gran irrigación que recibe el útero es esencial para permitir el desarrollo de una nueva capa funcional luego de la menstruación, la implantación de un óvulo fecundado y el desarrollo de la placenta.

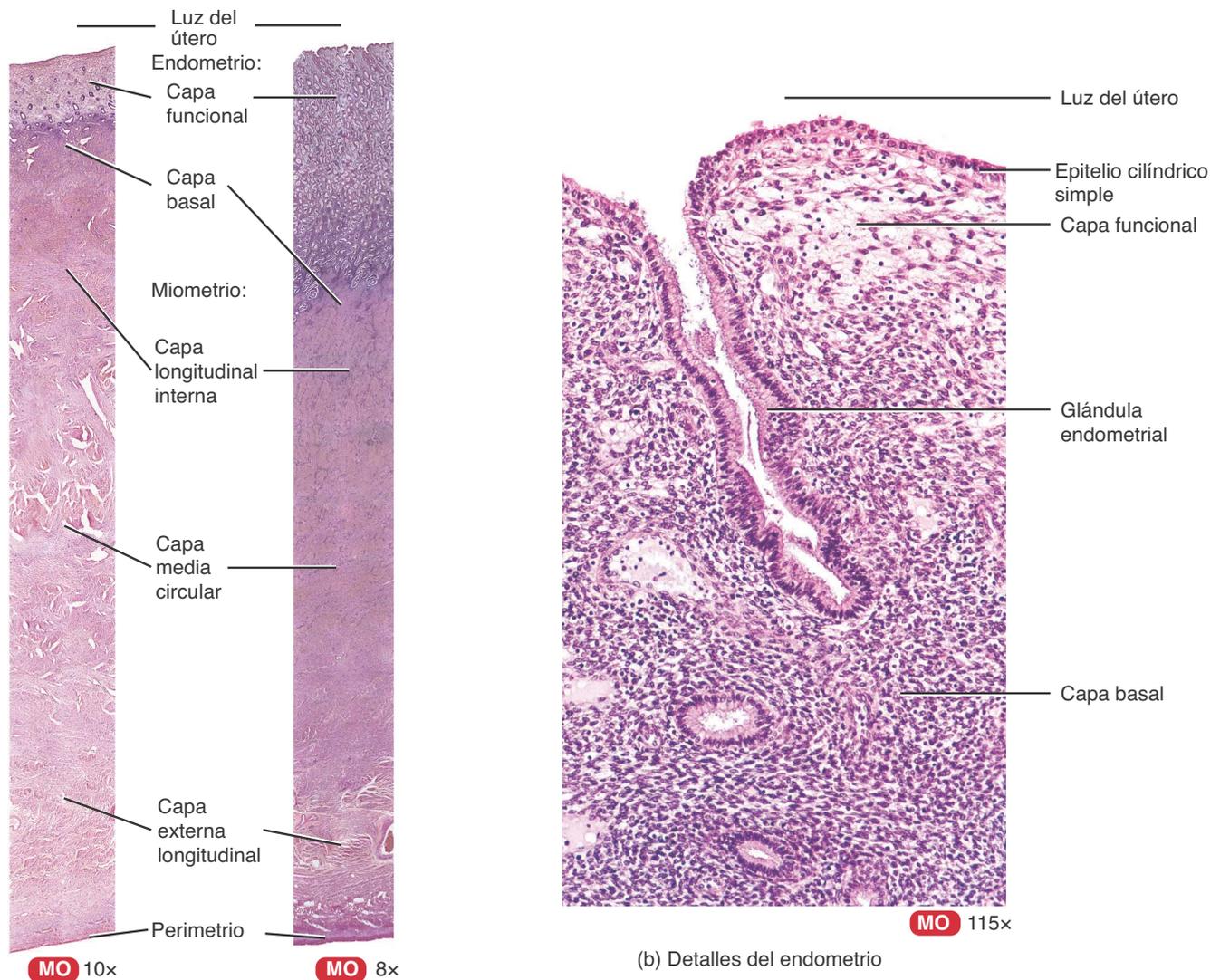
Moco cervical

Las células secretoras de la mucosa del cuello cervical producen una secreción, el **moco cervical**, una mezcla de agua, glucoproteínas, lípidos, enzimas y sales inorgánicas. Durante sus años reproductivos, las mujeres secretan 20-60 mL de moco cervical por día. El moco cervical es más apto para los espermatozoides durante el tiempo de ovulación o próximo a éste, debido a que en ese momento es menos viscoso y más alcalino (pH 8,5). Durante el resto del ciclo, un moco viscoso forma un tapón cervical que impide físicamente el paso de los espermatozoides. El moco cervical suplementa las necesidades energéticas de los espermatozoides y tanto el cérvix como el moco protegen a los espermatozoides de fagocitos y del ambiente hostil de la vagina y el útero. El moco cervical también podría cumplir una función en la **capacitación**, una serie de cambios funcionales que atraviesan los espermatozoides en el aparato genital femenino, antes de ser capaces de fecundar el ovocito secundario. La capacitación hace que la cola del espermatozoide se agite en forma aún más vigorosa y pre-



Figura 28.18 Histología del útero.

Las tres capas del útero, desde la superficie hacia la profundidad, son el perimetrio (serosa), el miometrio y el endometrio.



(a) Corte transversal a través de la pared uterina: segunda semana del ciclo menstrual (izquierda) y tercera semana del ciclo menstrual (derecha)

(b) Detalles del endometrio

? ¿Qué características estructurales del endometrio y el miometrio contribuyen a sus funciones?

para la membrana plasmática de éste para fusionarse con la membrana plasmática del ovocito.



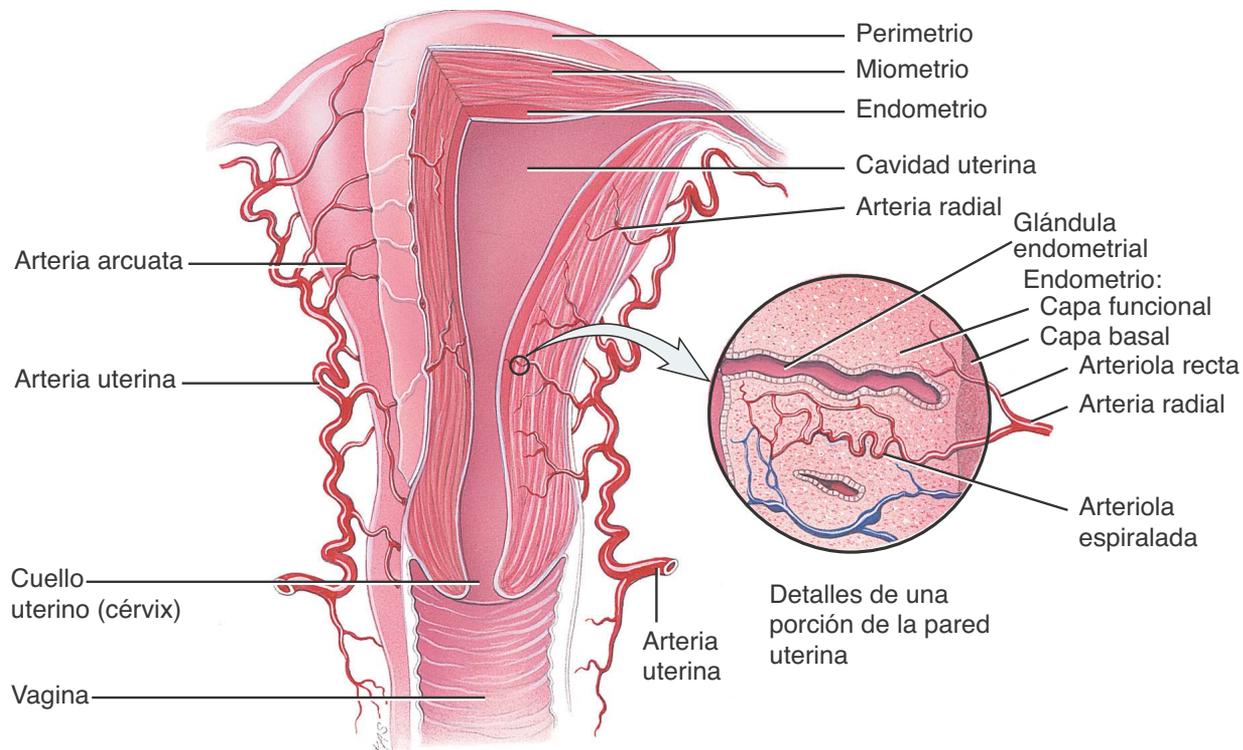
CORRELACIÓN CLÍNICA | Histerectomía

La **histerectomía** (*hystéra-*, útero) es la operación ginecológica más común. Puede estar indicada en patologías como los fibromas, que son tumores no cancerosos compuestos por tejido muscular y fibroso; endometriosis, enfermedad inflamatoria pelviana, quistes ováricos

recurrentes, sangrado uterino excesivo y cáncer de cuello, útero u ovarios. En una **histerectomía parcial (subtotal)** el cuerpo uterino se extirpa, pero el cuello permanece en su sitio. En una **histerectomía total** se extirpan tanto el cuerpo como el cuello uterino. En una **histerectomía radical (anexohisterectomía)** se incluye la extirpación del cuerpo y cuello del útero, las trompas, posiblemente los ovarios, la porción superior de la vagina, ganglios linfáticos de la pelvis y estructuras de sostén, como los ligamentos. La histerectomía puede realizarse por medio de una incisión en la pared abdominal o a través de la vagina (transvaginal).

Figura 28.19 Irrigación del útero. El recuadro muestra los detalles histológicos de los vasos sanguíneos del endometrio.

 Las arteriolas rectas proveen los materiales necesarios para la regeneración de la capa funcional.



Vista anterior con el lado izquierdo del útero parcialmente seccionado

 ¿Cuál es el significado funcional de la capa basal del endometrio?

PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Dónde se ubican las trompas uterinas y cuál es su función?
- ¿Cuáles son las principales partes del útero? ¿Dónde se localizan, en relación con otras partes?
- Describe cómo se disponen los ligamentos que sostienen el útero en su posición normal.
- Describe la histología del útero.
- ¿Por qué es importante que el útero tenga una gran irrigación?

Vagina

La **vagina** (vagina = vaina) es un conducto fibromuscular tubular de 10 cm de largo recubierto por una membrana mucosa, que se extiende desde el exterior del cuerpo hasta el cuello uterino (véanse las [Figura 28.11](#) y [Figura 28.16](#)). Es el receptáculo del pene durante las relaciones sexuales, el lugar de salida para el flujo menstrual y el canal de parto. Situada entre la vejiga urinaria y el recto, la vagina se orienta en dirección superior y posterior, en donde se une con el útero. Un fondo de saco llamado **fórnix** (arco o bóveda) o **fondo de**

saco vaginal rodea la unión de la vagina con el cuello uterino. Cuando se coloca en forma adecuada un diafragma anticonceptivo, éste queda ubicado en el fondo de saco vaginal, cubriendo el cuello uterino.

La **mucosa** de la vagina se encuentra en continuidad con la del útero. Desde el punto de vista histológico está formada por un epitelio (plano pavimentoso) escamoso estratificado no queratinizado y tejido conectivo laxo, que se dispone formando pliegues transversales llamados **pliegues de la vagina**. Las células dendríticas de la mucosa son células presentadoras de antígeno (descritas en la Sección 22.4). Desafortunadamente, también participan en la transmisión de virus (p. ej., el HIV o virus del sida) a la mujer durante la relación sexual con un hombre infectado. La mucosa vaginal contiene grandes reservas de glucógeno, que produce ácidos orgánicos al descomponerse. El ambiente ácido resultante retarda el crecimiento microbiano, pero también es nocivo para los espermatozoides. Los componentes alcalinos del semen, secretados sobre todo por las vesículas seminales, elevan el pH del fluido en la vagina y así aumentan la viabilidad de los espermatozoides.

La **muscular** está formada por una capa circular externa y una capa longitudinal interna de músculo liso que puede elongarse considera-

blemente para adaptarse al tamaño del pene durante las relaciones sexuales y al tamaño del bebé durante el parto.

La **adventicia**, la capa superficial de la vagina, está formada por tejido conectivo laxo. Ésta fija la vagina a los órganos adyacentes, como la uretra y la vejiga urinaria hacia adelante, y al recto y al canal hacia atrás.

Un delgado pliegue de membrana mucosa vascularizada, el **himen** (membrana), forma un borde que rodea y cierra parcialmente el extremo inferior de apertura hacia el exterior de la vagina, el **orificio vaginal** (véase la **Figura 28.20**). Después de su rotura, en general luego de la primera relación sexual, sólo persisten remanentes del himen. Algunas veces, el himen cubre el orificio completamente, una patología conocida como **himen imperforado**. Puede ser necesaria una intervención quirúrgica para abrir el orificio y permitir la salida del flujo menstrual.

Vulva

El término **vulva** se refiere a los genitales externos de la mujer (**Figura 28.20**). La vulva está constituida por los siguientes componentes:

- Anterior a los orificios de la uretra y la vagina, se encuentra el **monte del pubis**, una elevación de tejido adiposo cubierta por piel y vello púbico grueso que protege la sínfisis pubiana.
- Desde el monte del pubis, dos pliegues longitudinales de piel, los **labios mayores**, se extienden en dirección inferior y posterior. Los labios mayores están cubiertos por vello púbico y contienen abundante tejido adiposo, glándulas sebáceas (sebo) y glándulas sudoríparas apocrinas (sudor). Son homólogos del escroto en el hombre.
- En posición medial a los labios mayores hay dos pliegues de piel más pequeños llamados **labios menores**. A diferencia de los labios mayores, los labios menores no tienen vello púbico ni grasa y tienen sólo unas pocas glándulas sudoríparas, pero sí muchas glándulas sebáceas. Los labios menores son homólogos de la uretra esponjosa (peneana).
- El **clítoris** es una pequeña masa cilíndrica compuesta por dos cuerpos de tejido eréctil, los *cuerpos cavernosos*, y numerosos nervios y vasos sanguíneos. Se localiza en la unión anterior de los labios menores. Una capa de piel, el **prepucio del clítoris**, se forma donde se unen los labios menores y cubre el cuerpo del clítoris. La porción expuesta de éste es el **glante**. El clítoris es homólogo del glante en

Figura 28.20 Componentes de la vulva.

 El término vulva se refiere a los genitales externos femeninos.

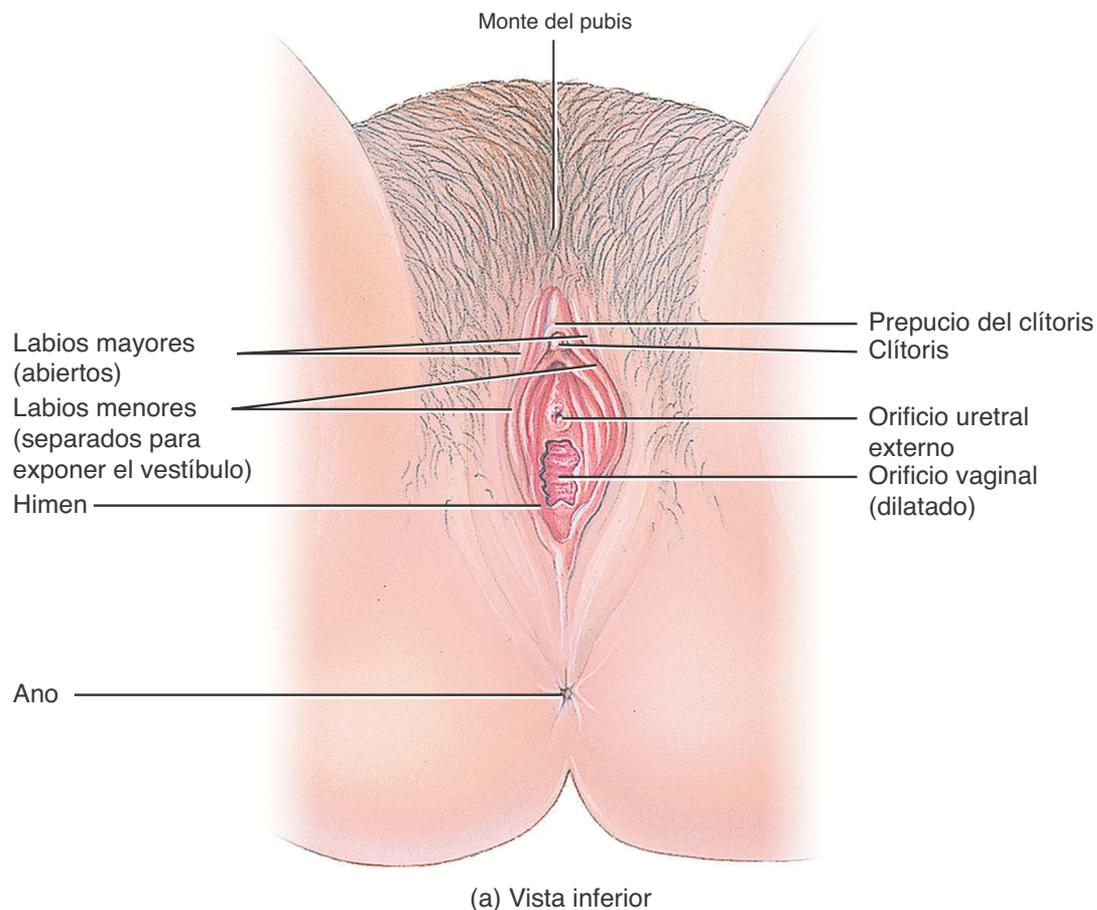
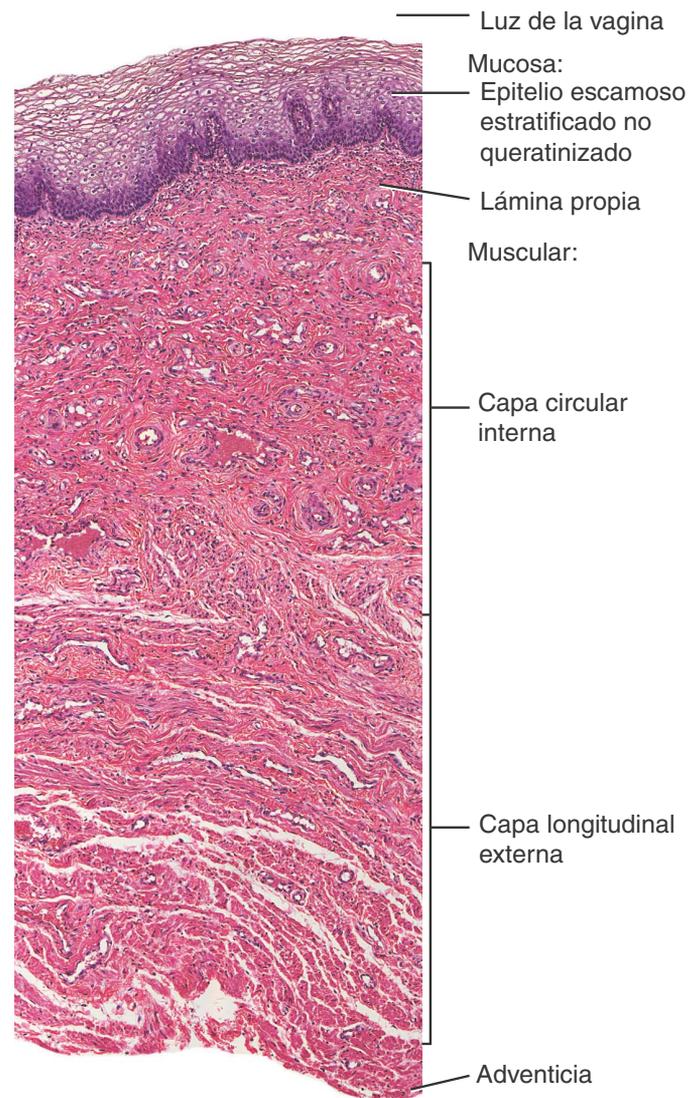
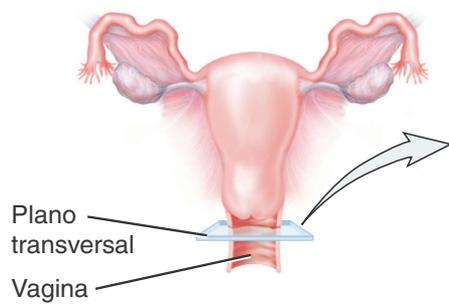


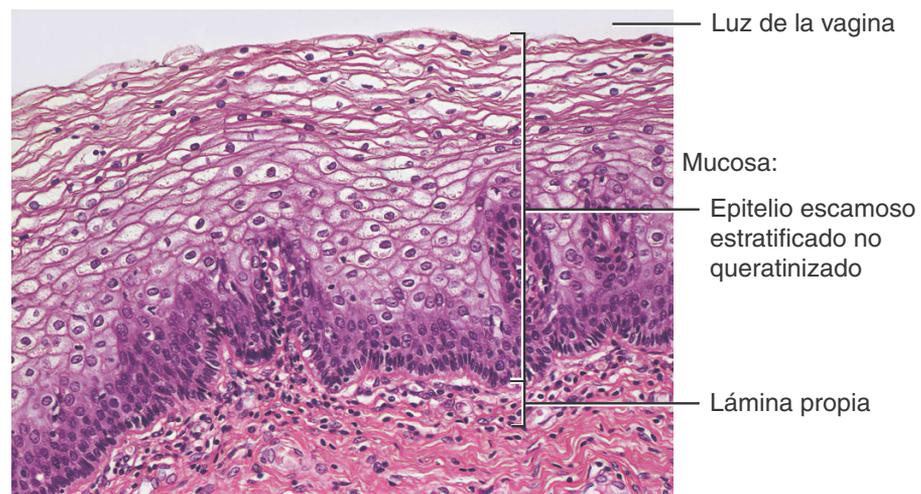
FIGURA 28.20 CONTINÚA ►

FIGURA 28.20 CONTINUACIÓN



MO 15x

(b) Corte transversal a través de la pared vaginal anterior



MO 100x

(c) Detalles de la mucosa

? ¿Qué estructuras superficiales son anteriores al orificio vaginal? ¿Cuáles se encuentran en sentido lateral?

los hombres. Al igual que la estructura masculina, ésta se agranda con la estimulación táctil y cumple una importante función en la excitación sexual en las mujeres.

- La región entre ambos labios menores es el **vestíbulo de la vagina**. Dentro de él se encuentra el himen (si aún está presente), el orificio vaginal, el orificio uretral externo (meato urinario) y los orificios de los conductos de varias glándulas. El vestíbulo es homólogo de la uretra membranosa de los hombres. El **orificio vaginal**, la apertura de la vagina hacia el exterior, ocupa la mayor parte del vestíbulo y se encuentra bordeado por el himen. Anterior al orificio vaginal y posterior al clítoris, se encuentra el **orificio uretral externo**, la apertura de la uretra hacia el exterior. A cada lado de éste se encuentran las aberturas de los conductos de las **glándulas parauretrales (de Skene)**. Estas glándulas secretoras de moco se alojan en las paredes de la uretra. Las glándulas parauretrales son homólogas de la próstata. A cada lado del orificio vaginal, se encuentran las **glándulas vestibulares mayores (de Bartholin)** (véase la Figura 28.21), que se abren hacia el exterior por sus conductos, en un surco entre el himen y los labios menores. Producen una pequeña cantidad de moco durante la excitación y las relaciones sexuales, que se suma al moco cervical y brinda lubricación. Las glándulas vestibulares mayores son homólogas de las glándulas bulbouretrales del hombre. Varias **glándulas vestibulares menores** también se abren hacia el vestíbulo.

- El **bulbo del vestíbulo** (véase la Figura 28.21) está formado por dos masas alargadas de tejido eréctil y están ubicadas por debajo de los labios, a cada lado del orificio vaginal. El bulbo del vestíbulo se llena de sangre y crece durante la excitación sexual; de este modo, se estrecha el orificio vaginal y se produce presión sobre el pene durante el acto sexual. El bulbo del vestíbulo es homólogo del cuerpo esponjoso y el bulbo del pene en el hombre.

En el Cuadro 28.2 se resumen las estructuras homólogas de los aparatos reproductores masculino y femenino.

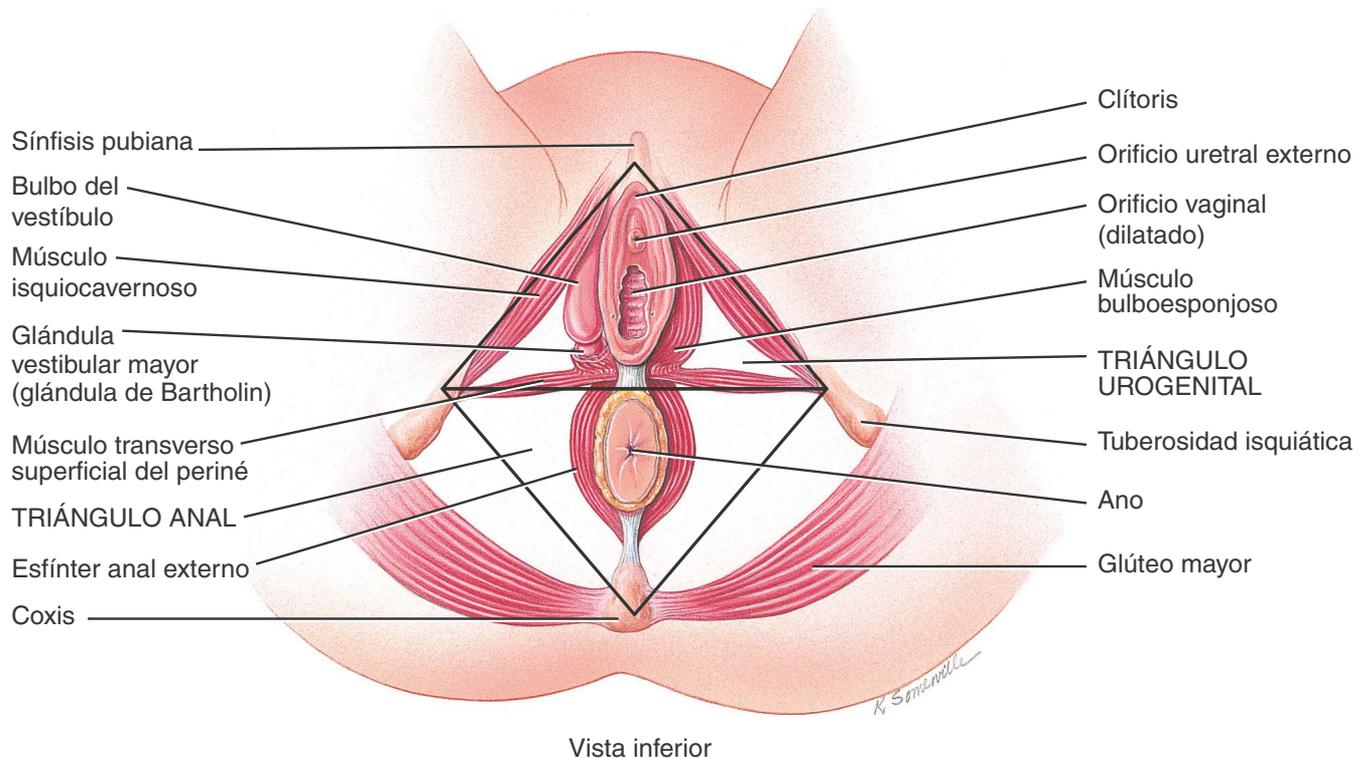
Periné

El **periné** es un área con forma de rombo o diamante, dispuesto en sentido medial a los muslos y las nalgas, tanto de los hombres como de las mujeres (Figura 28.21). Contiene los genitales externos y el ano. El periné limita por delante con la sínfisis del pubis, lateralmente con las tuberosidades isquiáticas y por detrás con el coxis. Una línea imaginaria transversal trazada entre las dos tuberosidades isquiáticas divide el periné en un **triángulo urogenital anterior**, que contienen los genitales externos, y un **triángulo anal posterior**, que contiene el ano.

Figura 28.21 Periné femenino. (En la Figura 11.13 se muestra el periné masculino).



El periné es un área en forma de diamante que se divide en el triángulo urogenital y el triángulo anal.



¿Por qué se llama triángulo urogenital a la porción anterior del periné?



CORRELACIÓN CLÍNICA | Episiotomía

En ciertas situaciones materno-fetales específicas, en las que se requiere una rápida finalización del parto, se puede realizar una episiotomía (*epísi-*, vulva, pubis; y *-tomé*, corte). Durante este procedimiento, se realiza un corte en el periné con tijeras quirúrgicas. El corte puede realizarse a lo largo de la línea media o en un ángulo de aproximadamente 45 grados, con respecto a la línea media. Así, un corte recto más fácil de suturar sustituye el desgarramiento dentado que, de otra manera, podría ser causado por el paso del feto. La incisión se cierra por planos, con puntos de sutura que se reabsorben en unas pocas semanas, de manera que la atareada nueva mamá no debe preocuparse por concurrir a la consulta para que le retiren los puntos.

Glándulas mamarias

Cada **mama** es una proyección semiesférica de tamaño variable, situada por delante de los músculos pectoral mayor y serrato anterior y unida a ellos por una capa de fascia profunda compuesta por tejido conectivo denso irregular.

En cada mama se observa una proyección pigmentada, el **pezón**, que tiene una serie de aberturas de conductos, llamados **conductos galactóforos**, por donde sale la leche. El área de piel pigmentada circular que rodea el pezón se llama **aréola** (pequeño espacio); su apariencia rugosa se debe a que tiene glándulas sebáceas modificadas. Hebras de tejido conectivo, los **ligamentos suspensorios de la mama** (**ligamentos de Cooper**) se extienden entre la piel y la fascia profunda y sostienen la mama. Estos ligamentos se aflojan con la edad o con la tensión excesiva que puede producirse, por ejemplo, al correr por tiempo prolongado o realizar ejercicios aeróbicos de alto impacto. El uso de un sujetador con buen sostén puede retrasar este proceso y ayudar a mantener la tensión de los ligamentos de Cooper.

Dentro de cada mama, encontramos una **glándula mamaria**, una glándula sudorípara modificada que produce leche (Figura 28.22). Cada glándula está formada por 15 o 20 lóbulos o compartimentos, separados por una cantidad variable de tejido adiposo. En cada lóbulo, existen varios compartimentos más pequeños denominados **lobulillos**, compuestos por racimos de células secretoras de leche, los **alvéolos**, rodeados de tejido conectivo. La contracción de las **células mioepiteliales** que rodean los alvéolos impulsa la leche hacia los pezones. Cuando comienza la producción de leche, ésta pasa de los alvéolos a una serie de **túbulos secundarios** y luego, a los **conductos mamarios**. Cerca del pezón, los conductos mamarios se expanden para formar los **senos galactóforos** (*gáktos-*, leche; y *-phorós*, llevar), donde puede almacenarse parte de la leche, antes de ser drenada a un conducto galactóforo. Típicamente, cada conducto galactóforo transporta la leche desde uno de los lóbulos hacia el exterior.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Aumento y reducción del tamaño mamario

El **aumento de tamaño de las mamas**, técnicamente denominado **plástica de aumento mamario**, es un procedimiento quirúrgico para incrementar el volumen y la forma de la mama. Se puede realizar para aumentar el volumen mamario en mujeres que consideran

CUADRO 28.2

Resumen de estructuras homólogas de los aparatos reproductores femenino y masculino

ESTRUCTURAS FEMENINAS	ESTRUCTURAS MASCULINAS
Ovarios	Testículos
Óvulo	Espermatozoide
Labios mayores	Escroto
Labios menores	Uretra esponjosa (peneana)
Vestíbulo	Uretra membranosa
Bulbo del vestíbulo	Cuerpo esponjoso y bulbo del pene
Clítoris	Glande y cuerpos cavernosos
Glándulas parauretrales	Próstata
Glándulas vestibulares mayores	Glándulas bulbouretrales (de Cowper)

que sus mamas son demasiado pequeñas, para restaurar el volumen perdido como consecuencia de descenso de peso o luego del embarazo, para mejorar la forma de las mamas cuando éstas se encuentran flácidas o caídas, y para mejorar la apariencia de mamas afectadas por cirugía, traumatismos o malformaciones congénitas. Los implantes más utilizados están rellenos con una solución salina o con gel de siliconas. La incisión para colocar el implante se realiza por debajo de la mama (submamaria), alrededor de la aréola (periareolar), en la axila o en la zona umbilical. Luego se labra un bolsillo para introducir el implante directamente por debajo del tejido mamario o por detrás del músculo pectoral mayor.

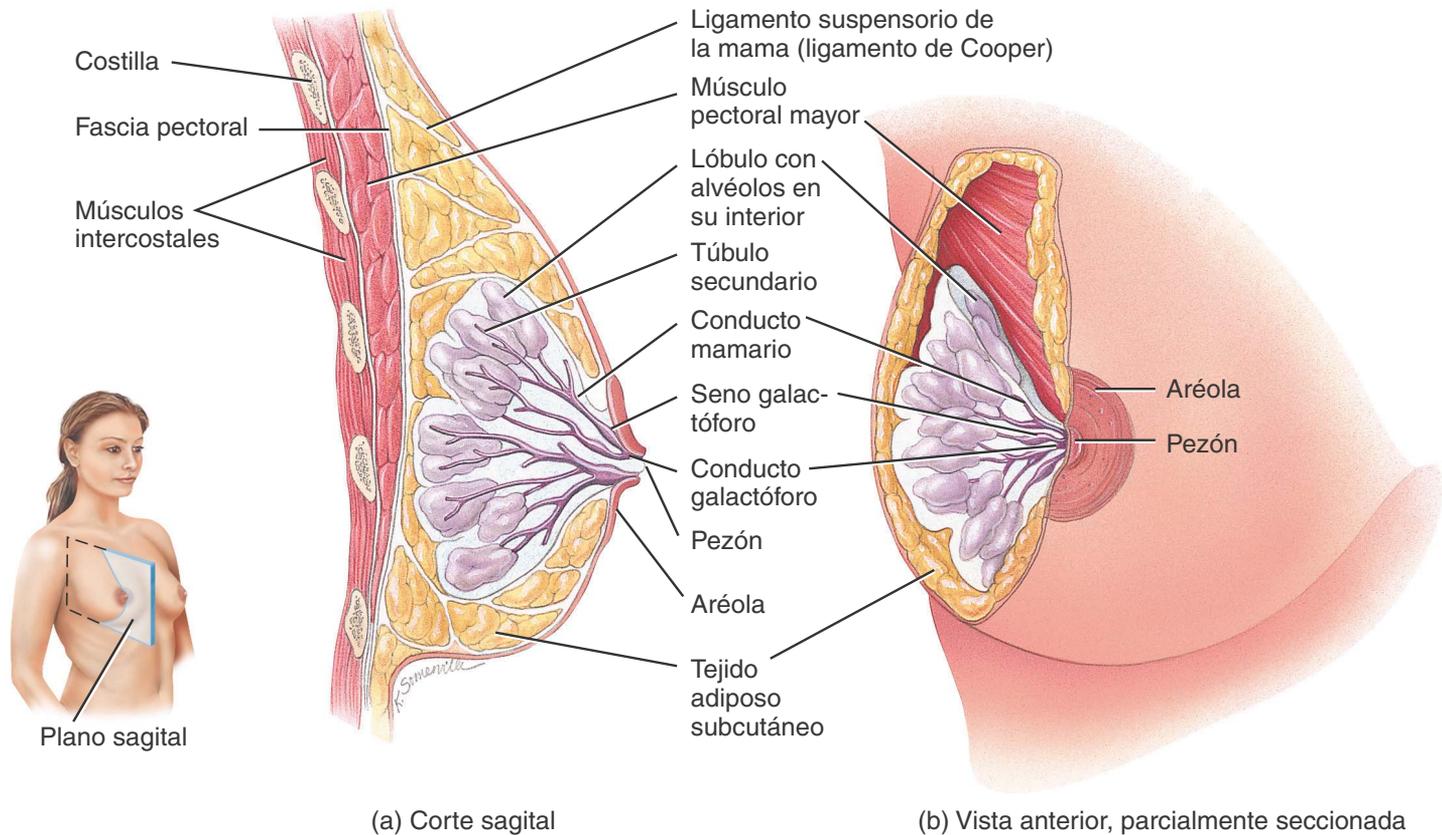
La **disminución de tamaño de las mamas** o **mastoplastia de reducción** es un procedimiento quirúrgico por medio del cual se disminuye el tamaño de las mamas mediante la remoción de grasa, piel y tejido glandular. Este procedimiento se realiza debido a dolores crónicos de espalda, cuello y hombros; alteraciones posturales o trastornos respiratorios; erupciones cutáneas en los pliegues submamaros; restricción en los niveles de actividad; problemas de autoestima; presencia de surcos profundos en los hombros debido a la presión de los brazaletes de los sostenes y dificultades con la vestimenta o para conseguir el talle adecuado de sostenes o ciertas prendas de vestir. En el procedimiento más común, se realiza una incisión alrededor de la aréola, que luego se dirige hacia el pliegue entre la mama y el abdomen y continúa a lo largo de ese pliegue. A través de esta incisión, el cirujano remueve el tejido excedente. En la mayoría de los casos, el pezón y la aréola permanecen unidos a la mama. No obstante, si las mamas son extremadamente grandes, puede ser necesario modificar la ubicación del pezón y la aréola para llevarlos a una posición más alta.

Las funciones de la glándula mamaria son: la síntesis, secreción y eyección de leche; estas funciones, conocidas como **lactación**, se asocian con el embarazo y el parto. La producción de leche es estimulada, en gran parte, por la hormona prolactina, secretada por la adenohipófisis, con ayuda de la progesterona y los estrógenos. La eyección de la leche es estimulada por la oxitocina, liberada por la neurohipófisis en respuesta a la succión del pezón de la madre por parte del lactante (amamantamiento).



Figura 28.22 Glándulas mamarias en el interior de las mamas.

 Las glándulas mamarias participan en la síntesis, secreción y eyección de la leche (lactación).



 ¿Qué hormonas regulan la síntesis y eyección de leche?



CORRELACIÓN CLÍNICA | Enfermedad fibroquística de la mama

Las mamas de las mujeres tienen alta sensibilidad a los quistes y tumores. En la **enfermedad fibroquística**, la principal causa de aparición de nódulos en las mamas, se produce el desarrollo de uno o más quistes (sacos llenos de líquido) y engrosamiento de los alvéolos. Esta patología, que afecta principalmente a mujeres entre los 30 y 50 años, se debe probablemente al exceso relativo de estrógenos o a la deficiencia de progesterona en la fase posovulatoria (luteínica) del ciclo reproductor (se analiza a continuación). La enfermedad fibroquística habitualmente provoca que uno o ambos pechos se vuelvan nodulares, hinchados y dolorosos a la palpación, alrededor de una semana antes de que comience la menstruación.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

22. ¿Cómo contribuye la histología de la vagina a su función?
23. ¿Cuáles son las estructuras y funciones de cada parte de la vulva?

24. Describa la composición de las glándulas mamarias y las estructuras de sostén.
25. Describa el recorrido que realiza la leche, desde los alvéolos de la glándula mamaria hasta el pezón.

28.3 EL CICLO REPRODUCTOR FEMENINO

OBJETIVO

- Comparar los principales eventos de los ciclos ovárico y uterino.

Durante la edad reproductiva, las mujeres no embarazadas normalmente manifiestan cambios cíclicos en los ovarios y el útero. Cada ciclo dura alrededor de un mes e implica tanto la ovogénesis como a la preparación del útero para recibir un óvulo fecundado. Los principales fenómenos son controlados por hormonas secretadas por el hipotálamo, la adenohipófisis y los ovarios. El **ciclo ovárico** comprende una serie de fenómenos que ocurren en los ovarios durante y luego de la maduración de un ovocito. Y el **ciclo uterino (menstrual)**, una

sucesión de cambios concurrentes en el endometrio del útero, con el fin de prepararlo para la llegada de un óvulo fecundado que se desarrollará allí, hasta el momento del nacimiento. Si la fecundación no ocurre, disminuyen las hormonas ováricas y se produce el desprendimiento de la capa funcional del endometrio. El término **ciclo reproductor femenino** incluye los ciclos ovárico y uterino, los cambios hormonales que los regulan y los cambios cíclicos relacionados, que se observan en las mamas y el cuello uterino.

Regulación hormonal del ciclo reproductor femenino

La **hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)** secretada por el hipotálamo controla los ciclos ovárico y uterino (Figura 28.23). La GnRH estimula la liberación de **hormona foliculoestimulante (FSH)** y **hormona luteinizante (LH)**, por parte de la adenohipófisis. La FSH

inicia el crecimiento folicular, mientras que la LH estimula el crecimiento ulterior de los folículos en desarrollo. Además, tanto la FSH como la LH estimulan los folículos ováricos a secretar estrógenos. La LH promueve la producción de andrógenos por medio de las células tecales de un folículo en desarrollo. Bajo la influencia de la FSH, las células granulosas del folículo captan los andrógenos y los convierten en estrógenos. A mitad del ciclo, la LH provoca la ovulación y luego contribuye con la formación del cuerpo lúteo, razón por la cual recibe su nombre, hormona luteinizante. Estimulado por la LH, el cuerpo lúteo produce y secreta estrógenos, progesterona, relaxina e inhibina.

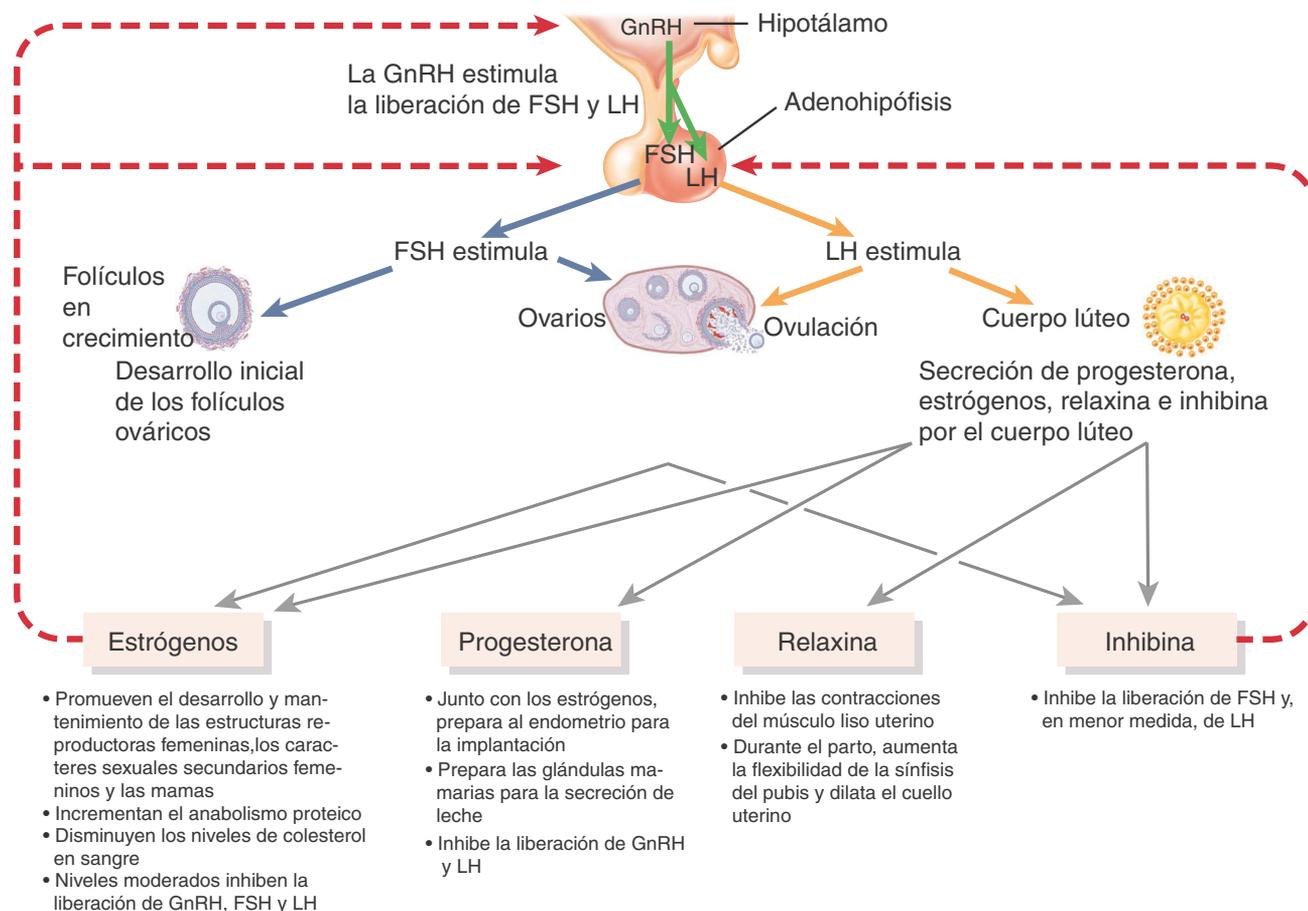
Al menos seis diferentes estrógenos se aislaron en el plasma de las mujeres, pero sólo tres se encuentran en cantidades importantes: *beta* (β)-estradiol, estrona, y estriol. En la mujer no embarazada, el estrógeno más abundante es el β -estradiol, sintetizado a partir del colesterol en los ovarios.

Los **estrógenos** secretados por los folículos ováricos cumplen varias funciones importantes (Figura 28.23):

Figura 28.23 Secreción y efectos fisiológicos de estrógenos, progesterona, relaxina e inhibina en el ciclo reproductor femenino.

Las líneas rojas de puntos indican inhibición por retroalimentación negativa.

Los ciclos uterino y ovárico son controlados por la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y las hormonas ováricas (estrógenos y progesterona).



? De los distintos estrógenos, ¿cuál es el más importante?



- Los estrógenos promueven el desarrollo y mantenimiento de las estructuras reproductoras femeninas, de los caracteres sexuales secundarios femeninos y de las mamas. Los caracteres sexuales secundarios incluyen la distribución del tejido adiposo en las mamas, abdomen, monte del pubis y las caderas, el tono de la voz, pelvis ancha y el patrón de crecimiento del pelo en la cabeza y el cuerpo.
- Los estrógenos incrementan el anabolismo proteico, incluso la formación de huesos fuertes. En este aspecto, los estrógenos suman sus efectos a los de la hormona de crecimiento humana (hGH).
- Los estrógenos disminuyen los niveles sanguíneos de colesterol, y esta es probablemente la razón por la cual las mujeres menores de 50 años presentan un riesgo mucho menor de enfermedad arterial coronaria que los hombres de la misma edad.
- Niveles moderados de estrógenos en sangre inhiben tanto la liberación de GnRH por parte del hipotálamo como la secreción de LH y FSH por la adenohipofisis.

La **progesterona**, secretada principalmente por las células del cuerpo lúteo, coopera con los estrógenos en la preparación y mantenimiento del endometrio para la implantación del óvulo fecundado, y también en la preparación de las glándulas mamarias para la secreción de leche. Niveles altos de progesterona también inhiben la secreción de GnRH y LH.

La pequeña cantidad de **relaxina** producida por el cuerpo lúteo durante cada ciclo menstrual relaja el útero e inhibe la contracción del miometrio. Presumiblemente, la implantación de un óvulo fecundado se produce más fácilmente en un útero “calmo”. Durante el embarazo, la placenta produce más relaxina, y así continúa relajando las fibras musculares lisas del útero. Hacia el final del embarazo, la relaxina también aumenta la flexibilidad de la sínfisis pubiana y podría contribuir a la dilatación del cuello uterino; ambas acciones facilitarían la salida del feto.

La **inhibina** es secretada por las células granulosas de los folículos en crecimiento y por el cuerpo lúteo luego de la ovulación. Inhibe la secreción de FSH y, en menor medida, de LH.

Fases del ciclo reproductor femenino

La duración habitual del ciclo reproductor femenino oscila entre 24 y 35 días. Para la siguiente exposición, consideramos un ciclo de 28 días, dividido en cuatro fases: la fase menstrual, la fase preovulatoria, la ovulación y la fase posovulatoria (Figura 28.24).

Fase menstrual

La **fase menstrual**, también llamada **menstruación** (de *menstruum*, mensual), se presenta durante los primeros 5 días del ciclo. (Por convención, el primer día de menstruación es el primer día de cada nuevo ciclo).

FENÓMENOS EN LOS OVARIOS Bajo la influencia de la FSH, varios folículos primordiales se desarrollan y forman folículos primarios y luego, folículos secundarios. Este proceso de desarrollo puede demorar varios meses en ocurrir. De esta forma, un folículo que comienza a desarrollarse al principio de un determinado ciclo menstrual puede no alcanzar la madurez y no ser ovulado hasta varios ciclos menstruales después.

FENÓMENOS EN EL ÚTERO El flujo menstrual uterino está constituido por 50-150 mL de sangre, líquido intersticial, moco y células desprendidas del endometrio. Esta secreción se produce debido a la caída de los niveles de progesterona y estrógenos que estimulan la liberación de prostaglandinas, que causan la contracción de las arteriolas espirales. Como resultado, las células nutridas por éstas son privadas de oxígeno y comienzan a morir. Finalmente, toda la capa funcional se desprende. En ese momento del ciclo, el endometrio es muy delgado, mide alrededor de 2-5 mm, debido a que sólo se conserva la capa basal. El flujo menstrual pasa de la cavidad uterina a través del cuello uterino hacia la vagina y de allí, al exterior.

La **fase preovulatoria** es el período entre el final de la menstruación y la ovulación. Es la fase del ciclo más variable y la responsable de las variaciones en la duración del ciclo. En un ciclo de 28 días, puede durar entre 6 y 13 días.

Fase preovulatoria

La **fase preovulatoria** es el período entre el final de la menstruación y la ovulación. Es la fase del ciclo más variable y la responsable de las variaciones en la duración del ciclo. En un ciclo de 28 días, puede durar entre 6 y 13 días.

FENÓMENOS EN LOS OVARIOS Algunos de los folículos secundarios comienzan a secretar estrógenos e inhibina. Alrededor del día 6, un único folículo secundario en uno de los dos ovarios superó a los demás folículos en su crecimiento y se convierte en el **folículo dominante**. Los estrógenos y la inhibina secretados por éste disminuyen la secreción de FSH, y causan detención del crecimiento y atresia en los folículos restantes. Los hermanos mellizos (gemelos no idénticos) o los trillizos son el resultado de la formación de dos o tres folículos codominantes, que luego son ovulados y fecundados más o menos al mismo tiempo.

En condiciones normales, el único folículo secundario dominante se transforma en **folículo maduro (de de Graaf)** y continúa creciendo hasta que mide 20 mm de diámetro y está listo para la ovulación (véase la Figura 28.13). Este folículo produce un abultamiento en forma de ampolla en la superficie del ovario debido a la dilatación del antro. Durante el final del proceso madurativo, el folículo maduro continúa aumentando su producción de estrógenos (Figura 28.24).

En referencia al ciclo ovárico, las fases menstrual y preovulatoria juntas se llaman **fase folicular**, ya que los folículos ováricos están creciendo y en desarrollo.

FENÓMENOS EN EL ÚTERO Los estrógenos liberados hacia la sangre por los folículos ováricos en crecimiento estimulan la reparación del endometrio; las células de la capa basal realizan mitosis y forman una nueva capa funcional. A medida que el endometrio se va engrosando, se desarrollan glándulas endometriales cortas y rectas, y las arteriolas se enrollan y alargan, a medida que penetran la capa funcional. El grosor del endometrio se duplica hasta medir 4-10 mm. En referencia al ciclo uterino, la fase preovulatoria también se llama **fase proliferativa**, debido al crecimiento que se observa en el endometrio.

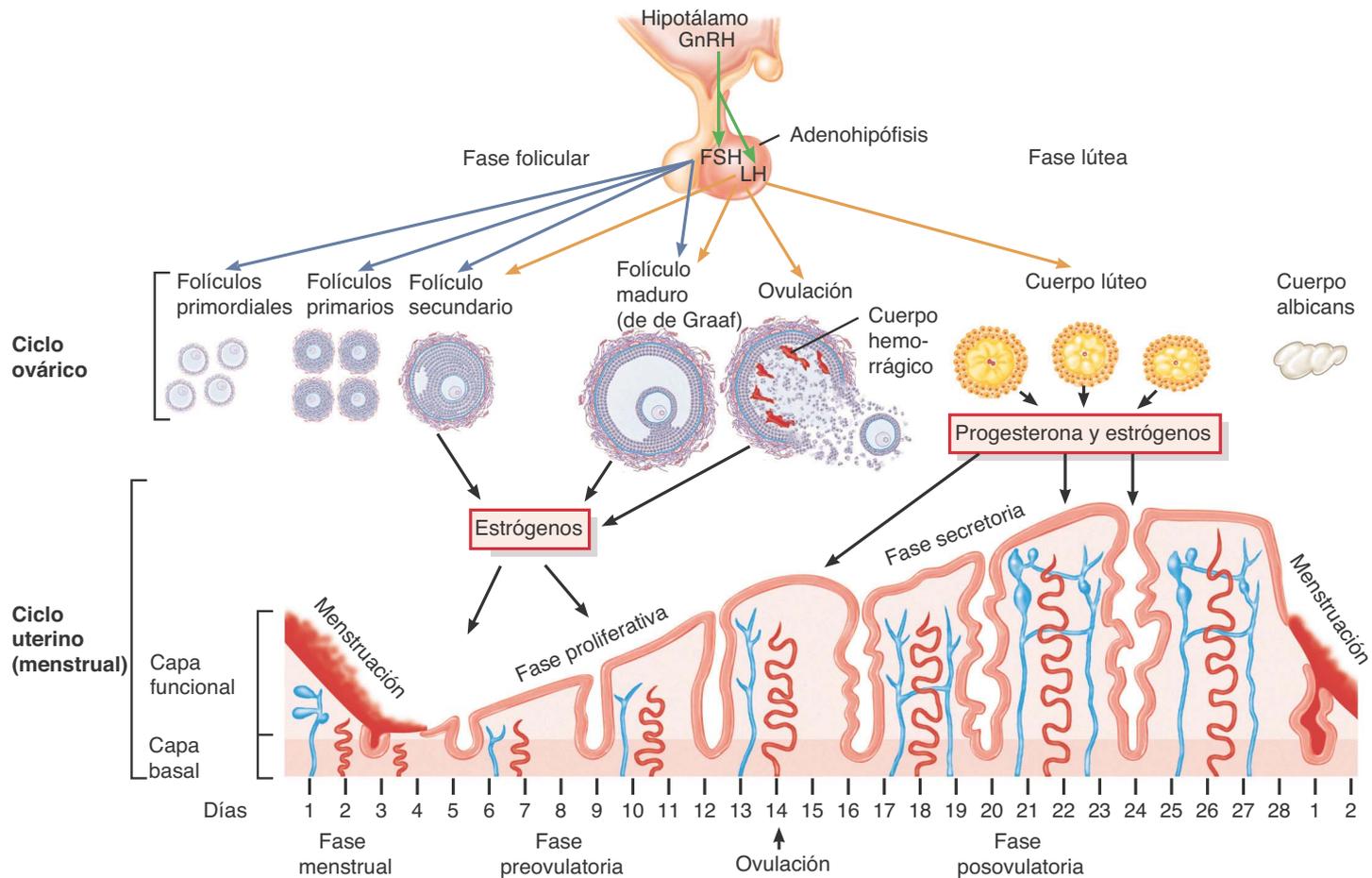
Ovulación

La **ovulación**, la rotura del folículo maduro (de de Graaf) y la liberación del ovocito secundario hacia la cavidad pelviana, se produce, en general, el día 14 de un ciclo de 28 días. Durante la ovulación, el ovocito secundario permanece rodeado por su zona pelúcida y su corona radiada.

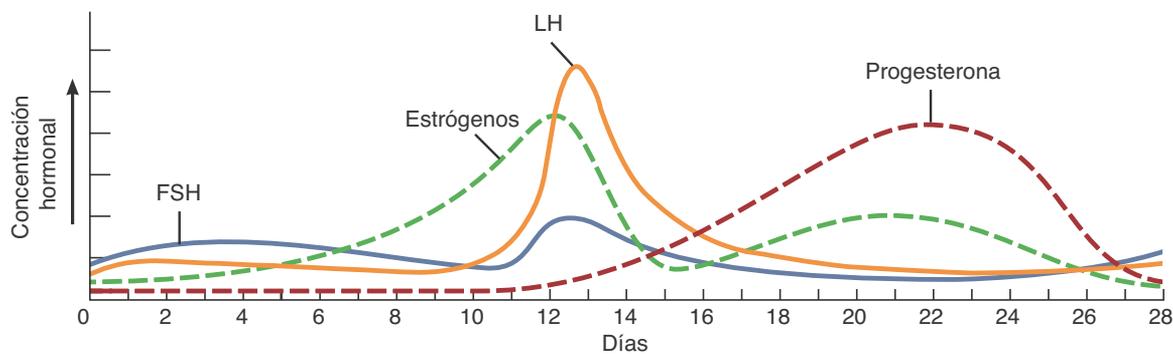
Los *altos niveles de estrógenos*, durante la última parte de la fase preovulatoria, ejercen un efecto de retroalimentación *positiva* (*feedback* positivo) sobre las células que secretan LH y hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y promueven la ovulación, de la siguiente manera (Figura 28.25):

Figura 28.24 El ciclo reproductor femenino. La duración del ciclo reproductor femenino oscila entre los 24 y 36 días; la fase preovulatoria es la de mayor variación en su duración, con respecto a las otras fases. (a) Relación entre los cambios que se observan en los ovarios y el útero y la secreción hormonal de la hipófisis anterior, a lo largo de las cuatro fases del ciclo reproductor. En el ciclo de la figura, la fecundación y la implantación no se producen. (b) Concentraciones relativas de las hormonas adenohipofisarias (FSH y LH) y ováricas (estrógenos y progesterona), durante las fases del ciclo reproductor femenino normal.

Los estrógenos son las principales hormonas ováricas antes de la ovulación; después de la ovulación, el cuerpo lúteo secreta tanto progesterona como estrógenos.



(a) Regulación hormonal de los ciclos ovárico y uterino



(b) Cambios en las concentraciones de las hormonas

¿Qué hormonas son responsables de la fase proliferativa del crecimiento endometrial, la ovulación, el trofismo del cuerpo lúteo y el pico de LH a mitad del ciclo?

- 1 La alta concentración de estrógenos estimula la liberación de GnRH por parte del hipotálamo. También estimula directamente las células gonadotrópicas en la adenohipófisis a secretar LH.
- 2 La GnRH promueve la liberación de FSH y más LH por parte de la adenohipófisis.
- 3 La LH causa la rotura del folículo maduro (de de Graaf) y la expulsión del ovocito secundario alrededor de 9 horas después del pico plasmático de la oleada de LH. El ovocito ovulado y las células de su corona radiada suelen desplazarse hacia las trompas.

En ciertas ocasiones, el ovocito suele perderse en de la cavidad pelviana, donde luego se desintegra. La pequeña cantidad de sangre que a veces se escapa hacia la cavidad pelviana por la rotura del folículo puede provocar dolor, conocido como **mittelschmerz** (dolor en la línea media) en el momento de la ovulación.

Un producto de venta libre que detecta la elevación de los niveles de LH puede utilizarse para predecir la ovulación con un día de antelación.

Fase posovulatoria

La **fase posovulatoria** del ciclo reproductor femenino comprende el tiempo que transcurre desde la ovulación hasta el inicio de una nueva menstruación. En su duración, es la fase más constante; dura 14 días, en un ciclo de 28 días, desde el día 15 al día 28 (véase la **Figura 28.24**).

FENÓMENOS EN EL OVARIO Luego de la ovulación, el folículo maduro colapsa, y la membrana basal entre las células granulosas y la teca interna se desintegra. Una vez que se forma un coágulo a partir del pequeño sangrado luego de la rotura del folículo, éste se convierte en el **cuerpo hemorrágico** (hemo-, de *háima*-, sangre; y -rragia, de *rhegnai*, manar). Las células de la teca interna se mezclan con las de la granulosa a medida que se convierten en **células del cuerpo lúteo** o **luteínicas** bajo la influencia de la LH. Estimulado por la LH, el cuerpo lúteo secreta progesterona, estrógenos, relaxina e inhibina. Las células luteínicas también se encargan de reabsorber el coágulo sanguíneo. En referencia al ciclo ovárico, esta fase también se denomina **fase luteínica**.

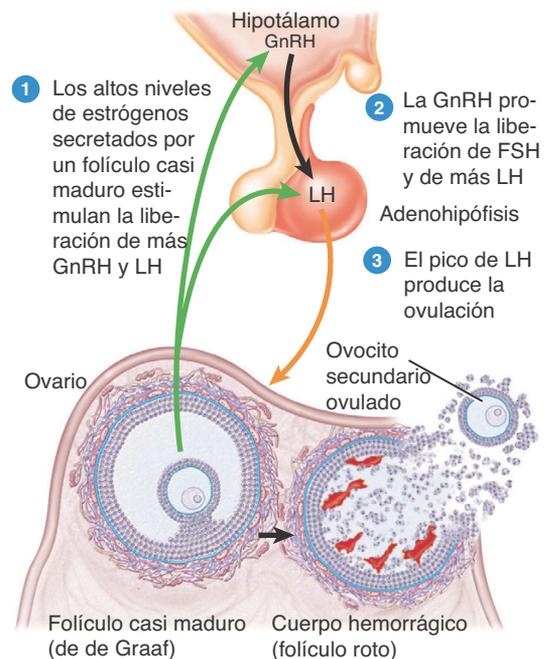
Los fenómenos posteriores que ocurren en el ovario que ovuló un ovocito van a depender de si el ovocito es fecundado o no. Si el ovocito *no es fecundado*, el cuerpo lúteo permanece como tal sólo por 2 semanas. Luego, su actividad secretoria disminuye y se degenera en un cuerpo albicans (véase la **Figura 28.13**). A medida que los niveles de progesterona, estrógenos e inhibina disminuyen, la liberación de GnRH, FSH y LH aumenta debido a la pérdida de retroalimentación negativa por parte de las hormonas ováricas. El crecimiento folicular se reanuda y así se inicia un nuevo ciclo ovárico.

Si el ovocito secundario *es fecundado* y comienza a dividirse, el cuerpo lúteo persiste luego de sus 2 semanas de duración habituales. Es “rescatado” de la degeneración por la **gonadotropina coriónica humana (hCG)**. Esta hormona es producida por el corion del embrión que la libera a partir del octavo día de la fecundación. Como la LH, la hCG estimula la actividad secretoria del cuerpo lúteo. La presencia de hCG en la sangre u orina materna es un indicador de embarazo y ésta es la hormona que detectan las pruebas de embarazo de venta libre.

FENÓMENOS EN EL ÚTERO La progesterona y los estrógenos producidos por el cuerpo lúteo promueven el crecimiento y enrollamiento de las glándulas endometriales, la vascularización del endometrio superficial

Figura 28.25 Los altos niveles de estrógenos ejercen un efecto de retroalimentación positiva (flechas verdes) sobre el hipotálamo y la hipófisis anterior, lo que aumenta la secreción de GnRH y LH.

i En la mitad del ciclo, un pico de LH desencadena la ovulación.



? ¿Qué efecto producen los niveles crecientes pero moderados de estrógenos sobre la secreción de GnRH, LH y FSH?

y el engrosamiento del endometrio a 12-18 mm. Debido a la actividad secretoria de las glándulas endometriales, que empiezan a secretar glucógeno, este período se llama **fase secretoria** del ciclo uterino. Estos cambios preparatorios llegan a su máximo una semana después de la ovulación, momento en el cual el óvulo fecundado debería llegar al útero. Si la fecundación no se produce, los niveles de progesterona y estrógenos caen por la degeneración del cuerpo lúteo. El descenso de la progesterona y los estrógenos provoca la menstruación.

En la **Figura 28.26** se resumen las interacciones hormonales y los cambios cíclicos en los ovarios y el útero, durante los ciclos ovárico y uterino.



CORRELACIÓN CLÍNICA I

Triada de la mujer atleta: trastornos alimentarios, amenorrea y osteoporosis prematura

El ciclo reproductor femenino puede alterarse por acción de muchos factores, como pérdida de peso, bajo peso corporal, trastornos alimentarios

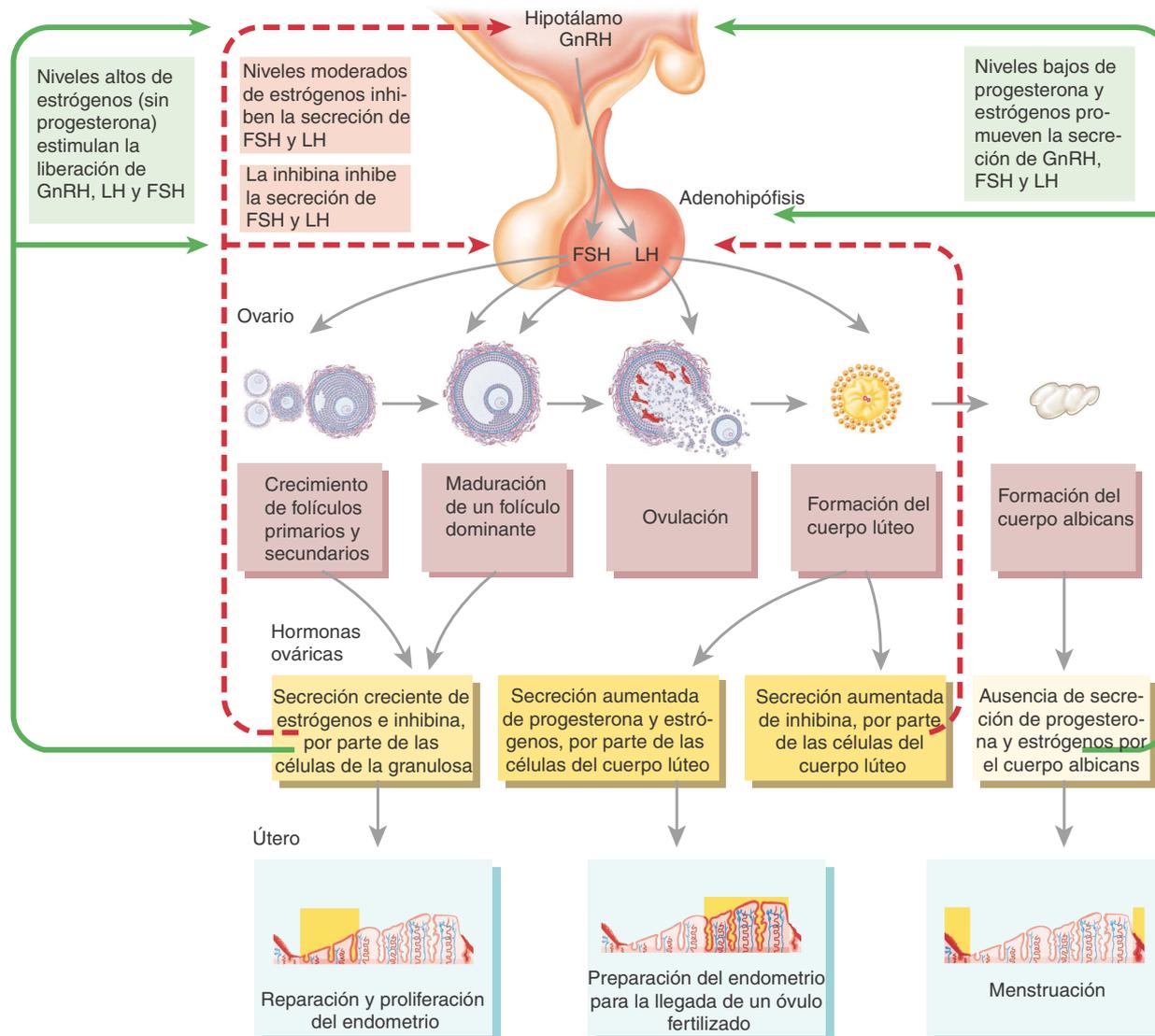
tarios y actividad física vigorosa. La observación de que estos tres elementos (trastornos alimentarios, amenorrea y osteoporosis) comúnmente se registran en forma conjunta en atletas mujeres llevó a los investigadores a acuñar el término **tríada de la mujer atleta**. Muchas atletas se encuentran bajo la intensa presión de los entrenadores, padres y pares para mejorar su desempeño. En consecuencia, muchas presentan alteraciones en su conducta alimentaria y pueden optar por prácticas perjudiciales con el objetivo de mantener un peso corporal muy bajo. La amenorrea (*a-*, sin; *-mén*, mes; y *-rhein*, fluir) es la ausencia de menstruación. Las principales causas de amenorrea son el embarazo y la menopausia. En las mujeres atletas, la amenorrea se produce como resultado de una menor secreción de hormona liberadora de gonadotrofinas, que disminuye la liberación de LH y FSH. En consecuencia, los folículos ováricos no pueden desarrollarse, la ovulación no se produce, la síntesis de estrógenos y progesterona disminuyen y el sangrado menstrual mensual desaparece. En la mayoría de los casos, la

tríada de la mujer atleta afecta a mujeres jóvenes con muy poca grasa corporal. Los bajos niveles de la hormona leptina, secretada por las células adiposas, podría ser un factor contribuyente. Debido a que los estrógenos ayudan a los huesos a retener calcio y otros minerales, los niveles crónicamente bajos de estrógenos se asocian con pérdida de la densidad mineral ósea. En la tríada de la mujer atleta, se observan "huesos viejos en mujeres jóvenes". En un estudio, se observó que atletas amenorreicas con alrededor de veinte años tenían una densidad mineral ósea baja, similar a la de mujeres posmenopáusicas de entre 50 y 70 años de edad. Cortos períodos de amenorrea en atletas jóvenes pueden no causar daños permanentes. Sin embargo, la desaparición del ciclo reproductor por períodos prolongados puede acompañarse de pérdida de masa ósea, y a las atletas adolescentes, podría impedirles alcanzar la masa ósea adecuada; estas dos situaciones pueden conducir a osteoporosis prematura y daño óseo irreversible.

Figura 28.26 Resumen de las interacciones hormonales en los ciclos ovárico y uterino.



Las hormonas secretadas por la adenohipófisis regulan las funciones ováricas, y las hormonas liberadas por los ovarios regulan los cambios que se producen en el revestimiento endometrial uterino.



¿ Cuando los niveles decrecientes de estrógenos y progesterona estimulan una mayor secreción de GnRH, ¿se trata de retroalimentación positiva o negativa? ¿Por qué?



✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

26. Describa la función de cada una de las siguientes hormonas que participan en los ciclos ovárico y uterino: GnRH, FSH, LH, estrógenos, progesterona e inhibina.
27. Brevemente describa los principales fenómenos de cada fase del ciclo uterino y su correlación con los fenómenos del ciclo ovárico.
28. Elabore un cuadro sinóptico con los principales cambios hormonales que se producen durante los ciclos ovárico y uterino.

28.4 MÉTODOS DE CONTROL DE LA NATALIDAD

● OBJETIVO

- Explicar las diferencias entre los distintos métodos de control de la natalidad y comparar su efectividad.

Los métodos de control de la natalidad hacen referencia a la restricción del número de hijos, por medio de distintos métodos diseñados para controlar la fecundidad y evitar la concepción. No existe un único método ideal. El único método 100% fiable es la **abstinencia total**, o sea evitar las relaciones sexuales. Hay muchos métodos disponibles, cada uno con sus ventajas y desventajas. Éstos incluyen la esterilización quirúrgica, métodos hormonales, dispositivos intrauterinos, espermicidas, métodos de barrera y abstinencia periódica. En el Cuadro 28.3 se muestran las tasas de ineffectividad de los distintos métodos anticonceptivos. A pesar de que no se trata de un método anticonceptivo, en esta sección también se analizará el aborto, la expulsión prematura de los productos de la concepción del útero.

Métodos anticonceptivos

Esterilización quirúrgica

La **esterilización** es el procedimiento por el cual una persona se vuelve incapaz de reproducirse. El principal método de esterilización en el hombre es la **vasectomía**, en el cual se remueve una porción de cada conducto deferente. Para acceder a los conductos deferentes se realiza una incisión con bisturí (técnica convencional) a cada lado del escroto o una punción con pinzas especiales (vasectomía sin bisturí). Luego se localizan y cortan los conductos ligando cada extremo en dos sitios con puntos de sutura; se extrae la porción entre las ligaduras. Si bien la producción de espermatozoides continúa en los testículos, los espermatozoides ya no podrán llegar al exterior. Estos se degeneran y son destruidos por fagocitosis. Debido a que los vasos sanguíneos no se seccionan, los niveles de testosterona en sangre permanecen normales, por lo que la vasectomía no tiene efectos sobre el deseo y el desempeño sexual. Si el procedimiento se realiza correctamente, tiene una eficacia cercana al 100%. Puede revertirse, pero las posibilidades de recuperar la fecundidad son sólo del 30-40%. La esterilización en la mujer suele realizarse por medio de la **ligadura de trompas**, en la que ambas trompas uterinas se ligan firmemente y luego se seccionan. Esto puede ser realizado de diferentes maneras. Pueden colocarse “clips” o pinzas en las trompas uterinas, se las puede ligar o cortar y a veces se cauterizan. En cualquiera de las formas, el resultado es que el ovocito no puede pasar a través de las trompas, y los espermatozoides no logran alcanzarlo.

CUADRO 28.3

Tasas de fracaso de los distintos métodos de control de la natalidad

MÉTODO	TASAS DE FRACASO* (%)	
	USO CORRECTO†	USO HABITUAL
Abstinencia completa	0	0
Esterilización quirúrgica		
Vasectomía	0,10	0,15
Ligadura tubaria	0,5	0,5
Esterilización no quirúrgica (Essure®)	0,2	0,2
Métodos hormonales		
Anticonceptivos orales		
Píldora combinada	0,3	1-2
Seasonale®	0,3	1-2
Minipíldora	0,5	2
Anticonceptivos no orales		
Parche cutáneo anticonceptivo	0,1	1-2
Anillo vaginal anticonceptivo	0,1	1-2
Anticoncepción de emergencia	25	25
Inyecciones hormonales	0,3	1-2
Dispositivos intrauterinos (T de Cobre 380A®)	0,6	0,8
Espermicidas (solos)	15	29
Métodos de barrera		
Preservativo masculino	2	15
Saco vaginal (preservativo femenino)	5	21
Diafragma (con espermicida)	6	16
Capuchón cervical (con espermicida)	9	16
Abstinencia periódica		
Método del ritmo	9	25
Método de la temperatura basal	2	20
Ningún método	85	85

*Definido como el porcentaje de mujeres que tienen un embarazo no planificado durante el primer año de uso.

† Tasa de fracaso cuando el método es utilizado en forma correcta y constante.

Esterilización no quirúrgica

Essure® es un método no quirúrgico irreversible que constituye una alternativa a la ligadura de trompas. En este abordaje, un pequeño dispositivo en forma de espiral, hecho de fibras de poliéster y metales (níquel-titanio y acero inoxidable), se introduce con un catéter en la vagina, se pasa a través del útero y se coloca dentro de la trompa uterina. En un período de tres meses, el dispositivo estimula el crecimiento tisular (tejido cicatrizal) a través y alrededor del dispositivo que bloquea las trompas. Al igual que en la ligadura tubaria, el ovocito secundario no puede pasar a través de las trompas, y los espermato-

zoides no pueden alcanzarlo. A diferencia de la ligadura de trompas, el procedimiento de colocación de este dispositivo intratubario no requiere anestesia general.

Métodos hormonales

Más allá de la abstinencia total o la esterilización quirúrgica, los métodos hormonales son los más efectivos para el control de la natalidad. Los **anticonceptivos orales** (“la píldora”) contienen hormonas diseñadas para prevenir el embarazo. Los denominados *anticonceptivos orales combinados* contienen progestágenos (hormonas con acciones similares a la progesterona) y estrógenos. La principal acción de los anticonceptivos orales combinados es inhibir la ovulación por medio de la supresión de las gonadotropinas FSH y LH. Los bajos niveles de FSH y LH, por lo general evitan el desarrollo de un folículo dominante en el ovario. Como resultado, no se incrementan los niveles de estrógenos, no se produce el pico de LH de mitad del ciclo y se inhibe la ovulación. Incluso si la ovulación se produjera, como ocurre en algunos casos, los anticonceptivos orales pueden bloquear la implantación en el útero e inhibir el transporte de los óvulos y espermatozoides en las trompas uterinas.

Los progestágenos hacen más espeso el moco cervical, de manera que se hace más difícil para los espermatozoides ingresar en el útero. Las *píldoras de progestágenos solos* espesan el moco cervical y pueden bloquear la implantación en el útero, pero no inhiben consistentemente la ovulación.

Entre los beneficios no contraceptivos de los anticonceptivos orales se encuentran la regulación de la duración del ciclo menstrual y la disminución del volumen de flujo menstrual (y, consecuentemente, menor riesgo de anemia). La píldora también brinda protección contra el cáncer endometrial y ovárico y disminuye el riesgo de endometriosis. Sin embargo, los anticonceptivos orales no se recomiendan en mujeres con antecedentes de trastornos en la coagulación sanguínea, daño vascular cerebral, migrañas, cefaleas, hipertensión, disfunción hepática o enfermedad cardíaca. Las mujeres que toman la píldora y fuman enfrentan un riesgo mucho mayor de infarto cardíaco o cerebral que las mujeres que la toman pero no fuman. Las fumadoras deberían dejar de fumar o utilizar un método anticonceptivo alternativo.

Las siguientes son algunas variantes de los métodos anticonceptivos hormonales *orales*:

- **Píldora combinada.** Contiene progestágenos y estrógenos; se toma una vez por día durante 3 semanas para prevenir el embarazo y regular el ciclo menstrual. Las píldoras que se toman en la cuarta semana son inactivas (no contienen hormonas) y permiten que se produzca la menstruación.
- **Seasonale®.** Contiene progestágenos y estrógenos; se toma una vez por día en ciclos de 3 meses con 12 semanas de píldoras que contienen hormonas, seguidas por 1 semana de píldoras inactivas. La menstruación se produce en la decimotercera semana.
- **Minipíldora.** Contiene sólo progestágeno y se toma todos los días del mes.

Los métodos anticonceptivos hormonales *no orales* también están disponibles. Entre éstos se encuentran los siguientes:

- **Parches cutáneos anticonceptivos.** Contienen progestágenos y estrógenos en un parche cutáneo que se coloca en la piel (cara externa del brazo, espalda, abdomen inferior o zona de los glúteos) una vez a la semana durante 3 semanas. Cada semana, debe retirarse el parche que está colocado y poner uno nuevo en otra área de la piel. Durante la cuarta semana no se utiliza ningún parche.

- **Anillo vaginal anticonceptivo.** Es un anillo flexible en forma de dona o rosquilla de unos 5 cm de diámetro que contiene estrógenos y progestágenos y es insertado dentro de la vagina por la misma mujer. Se deja colocado en la vagina durante 3 semanas para prevenir la concepción y luego se lo quita por una semana para permitir la menstruación.
- **Anticoncepción de emergencia (la llamada “píldora del día después”).** Contiene progestágenos y estrógenos o progestágenos solos para prevenir el embarazo luego de una relación sexual no protegida. Los niveles relativamente altos de progestágenos y estrógenos de los anticonceptivos de emergencia brindan un efecto de inhibición de la secreción de FSH y LH. La pérdida de los efectos estimulantes de estas hormonas gonadotróficas hace que los ovarios dejen de secretar sus propios estrógenos y progesterona. En consecuencia, los niveles decrecientes de estrógenos y progesterona inducen el desprendimiento de la superficie uterina, y de esta forma impiden la implantación. Se toma una píldora lo más pronto posible, dentro de las primeras 72 horas posteriores a una relación sexual no protegida. La segunda píldora debe tomarse dentro de las 12 horas luego de la primera. Los anticonceptivos orales de emergencia actúan de la misma forma que las píldoras anticonceptivas comunes.
- **Hormonas inyectables.** Contienen un progestágeno inyectable y debe ser aplicada por vía intramuscular, por un profesional de la salud, una vez cada 3 meses.

Dispositivos intrauterinos

Un **dispositivo intrauterino (DIU)** es un pequeño objeto hecho de plástico, cobre o acero inoxidable que es introducido en la cavidad uterina por un profesional de la salud. Los DIU previenen la fecundación desde su colocación al bloquear el ingreso de los espermatozoides en las trompas uterinas. El DIU más utilizado actualmente en Estados Unidos es la T de cobre 380 A®, que está aprobado para su utilización por hasta 10 años y cuya efectividad a largo plazo es comparable a la de la ligadura de trompas. Algunas mujeres no pueden utilizar DIU debido a la expulsión del mismo o porque presentan sangrado o incomodidad.

Espermicidas

Varias espumas, cremas, geles, supositorios y lavados vaginales que contienen agentes **espermicidas** hacen de la vagina y el cuello uterino un lugar desfavorable para la supervivencia de los espermatozoides y son de venta libre. Se colocan en la vagina antes de la relación sexual. El espermicida más ampliamente utilizado es el nonoxynol-9, que mata los espermatozoides produciendo alteraciones en su membrana plasmática. Un espermicida resulta más efectivo cuando se utiliza con un método de barrera como un preservativo masculino, un saco vaginal, un diafragma o un capuchón cervical.

Métodos de barrera

Los **métodos de barrera** utilizan una barrera física y están diseñados para impedir el acceso de los espermatozoides en la cavidad y las trompas uterinas. Además de evitar el embarazo, algunos métodos de barrera (los condones y los preservativos femeninos) pueden también proporcionar cierta protección contra enfermedades de transmisión sexual (ETS), como el sida. Por otra parte, los anticonceptivos orales y los DIU no brindan tal protección. Entre los métodos de barrera, se encuentran: el preservativo, el saco vaginal y el diafragma.

El **preservativo** o **condón** es una envoltura no porosa de látex que se coloca cubriendo el pene e impide que los espermatozoides se



depositen en el aparato reproductor femenino. El **saco vaginal**, también llamado **preservativo femenino**, está diseñado para impedir que los espermatozoides ingresen en el útero. Está formado por dos anillos flexibles conectados por una envoltura de poliuretano. Un anillo se encuentra por dentro de la envoltura y se coloca de forma tal que se encaja en el cuello uterino; el otro anillo permanece fuera de la vagina y cubre los genitales externos de la mujer. El **diafragma** es una estructura de goma en forma de cúpula que se ajusta sobre el cuello uterino y se utiliza junto con un espermicida. Puede colocarse hasta 6 horas antes de la relación sexual. El diafragma impide el paso de la mayoría de los espermatozoides hacia el cuello uterino, y el espermicida elimina los que logran atravesarlo. A pesar de que el uso del diafragma disminuye el riesgo de contagio de ciertas ETS, no protege completamente contra la infección por HIV ya que la vagina sigue estando expuesta. El **capuchón cervical** se asemeja al diafragma, pero es más pequeño y rígido. Se ajusta bien sobre el cuello uterino y su tamaño debe ser determinado por un profesional de la salud. Es preciso utilizar espermicidas junto con el capuchón cervical.

Abstinencia periódica

Una pareja puede utilizar sus conocimientos acerca de los cambios fisiológicos que se producen durante el ciclo reproductor femenino para decidir abstenerse de tener relaciones sexuales durante los días en los que el embarazo es probable, o planear tener relaciones en ese período si desean concebir un hijo. En las mujeres con un ciclo menstrual normal y regular, estos cambios fisiológicos ayudan a predecir el día probable de la ovulación.

El primer método basado en la fisiología, desarrollado en los años treinta, es conocido como **método del ritmo**. Implica abstenerse de la actividad sexual durante los días del ciclo reproductor en los cuales es probable la ovulación. Durante este período (3 días previos a la ovulación, el día de la ovulación y 3 días posteriores) la pareja se abstiene de tener relaciones. La efectividad del método del ritmo para el control de la fertilidad es escasa en muchas mujeres debido a la irregularidad del ciclo reproductor femenino.

Otro sistema es el **método de la temperatura basal**, mediante el cual las parejas deben aprender y comprender ciertos signos de fecundidad. Los signos de ovulación incluyen el aumento de la temperatura basal, la producción de moco cervical abundante, claro y elástico, y el dolor asociado con la ovulación (*mittelschmerz*). Si la pareja se abstiene de tener relaciones sexuales cuando los signos de la ovulación se encuentran presentes y en los 3 días siguientes, la probabilidad de embarazo se reduce. Un gran problema que tiene este método es que la fecundación es muy probable si se mantienen relaciones uno o dos días *antes* de que ocurra la ovulación.

Aborto

El **aborto** significa la expulsión prematura de los productos de la concepción fuera del útero, en general antes de la vigésima semana de embarazo. El aborto puede ser **espontáneo** (ocurrir naturalmente) o **inducido** (provocado en forma intencional).

Existen varios tipos de aborto inducido. En uno de ellos, se utiliza la **mifepristona**. Es una hormona aprobada sólo para gestaciones menores de 9 semanas, que se administra con misoprostol (una prostaglandina). La mifepristona es un antiprogéstágeno; bloquea la acción de la progesterona por fijación y bloqueo de los receptores para esta hormona. Recordemos que la progesterona prepara el endometrio para la implantación y luego de ésta mantiene el revestimiento uterino. Si los niveles de progesterona caen durante el embarazo o si la acción de esta hormona se bloquea, se produce la menstruación y el embrión se desprende junto con el revestimiento interno del útero.

Dentro de las 12 horas luego de tomar el fármaco, el endometrio comienza a degenerarse, y en las 72 horas siguientes, empieza a desprenderse. El misoprostol estimula las contracciones uterinas y se administra después de la mifepristona para ayudar a expulsar el endometrio.

Otro tipo de aborto inducido se denomina por aspiración (con bomba de vacío), y puede practicarse hasta la decimosexta semana de gestación. Un pequeño tubo flexible conectado con una fuente de vacío se introduce en el útero, a través de la vagina. Luego el embrión o el feto, la placenta y el revestimiento uterino se extraen por aspiración. Para embarazos de entre 13 y 16 semanas, es común la utilización de una técnica llamada **dilatación y legrado (raspado uterino) evacuador**. Una vez dilatado el cuello uterino, se utiliza aspiración y pinzas para extraer el feto, la placenta y el revestimiento uterino. Desde la decimosexta semana hasta la vigésimocuarta se puede practicar una **interrupción tardía del embarazo** utilizando métodos quirúrgicos similares a la dilatación y raspado, o métodos no quirúrgicos, en los cuales se emplea solución salina o medicamentos para inducir el aborto. Se puede inducir el trabajo de parto con supositorios vaginales, infusiones intravenosas o inyecciones intraamnióticas, a través del útero.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cómo reducen los anticonceptivos orales la probabilidad de embarazo?
- ¿Cómo protegen algunos métodos anticonceptivos contra las enfermedades de transmisión sexual?
- ¿Cuál es la dificultad que se presenta para desarrollar un anticonceptivo oral masculino?



28.5 DESARROLLO DE LOS APARATOS REPRODUCTORES

● OBJETIVO

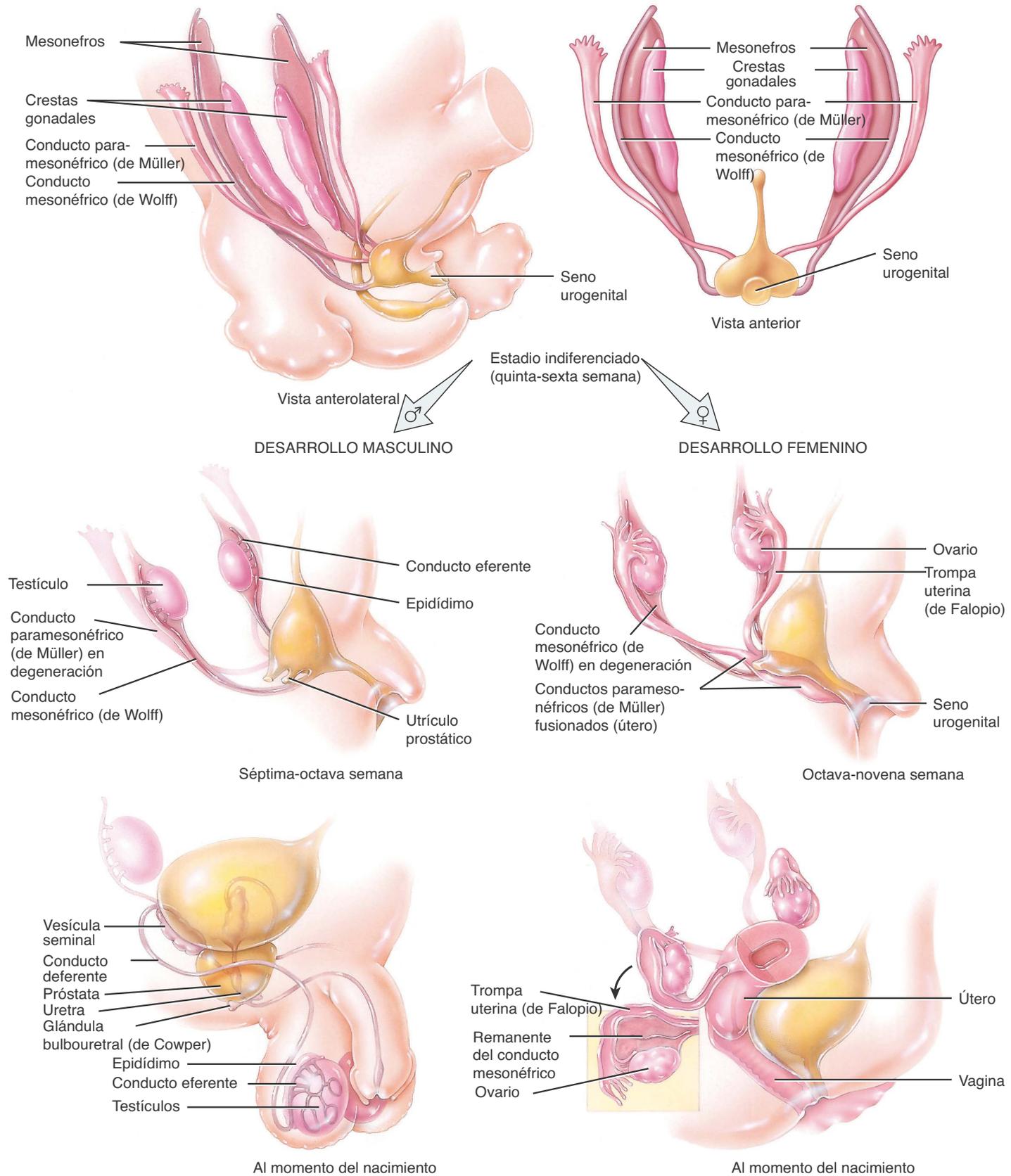
- Describir el desarrollo de los aparatos reproductores femenino y masculino.

Las **gónadas** se desarrollan a partir de las **crestas gonadales**, que se originan por el crecimiento del **mesodermo intermedio**. Durante la quinta semana del desarrollo, las crestas gonadales aparecen como abultamientos ubicados en sentido medial, respecto del mesonefros (riñón intermedio) (*Figura 28.27*). Adyacentes a las crestas gonadales, se encuentran los **conductos mesonéfricos o de Wolf**, que se convierten en estructuras del aparato reproductor masculino. Un segundo par de conductos, los **conductos paramesonéfricos o de Müller**, se desarrollan en sentido lateral a los conductos mesonéfricos y, finalmente, se convierten en estructuras del aparato reproductor femenino. Ambos conductos se vacían en el seno urogenital. Un embrión temprano tiene el potencial para seguir el patrón de desarrollo tanto masculino como femenino debido a que tiene los dos conjuntos de conductos y gónadas primitivas, que pueden originar tanto a testículos como a ovarios.

Las células de un embrión masculino tienen un cromosoma X y un cromosoma Y. El patrón de desarrollo masculino es iniciado por un gen “principal”, ubicado en el cromosoma Y llamado **SRY**, nombre que proviene del inglés y significa “región determinante del sexo del cromosoma Y”. Cuando el gen **SRY** se expresa durante el desarrollo, su producto proteico genera la diferenciación de las células de Sertoli

Figura 28.27 Desarrollo interno del aparato reproductor.

Las gónadas se desarrollan a partir del mesodermo intermedio.



¿Cuál es el gen responsable de que las gónadas primitivas se diferencien en testículos?

primitivas en los *testículos* durante la séptima semana. Las células de Sertoli en desarrollo secretan una hormona llamada **sustancia anti-mülleriana (SAM)**, que produce la apoptosis de las células de los conductos paramesonéfricos (de Müller). De esta forma, esas células no contribuyen con ninguna estructura funcional del aparato reproductor masculino. Estimuladas por la gonadotropina coriónica humana (hCG), las primitivas células de Leydig en los testículos comienzan a secretar el andrógeno **testosterona** durante la octava semana. La testosterona estimula el desarrollo de los conductos mesonéfricos de cada lado y se forman el *epidídimo*, el *conducto deferente*, el *conducto eyaculador* y las *vesículas seminales*. Los testículos se conectan con los conductos mesonéfricos, a través de una serie de túbulos, que finalmente se transformarán en los *túbulos seminíferos*. La *próstata* y las *glándulas bulbouretrales* derivan de brotes **endodérmicos** de la uretra.

Las células de un embrión femenino tienen dos cromosomas X y ningún cromosoma Y. Como no hay *SRY*, las gónadas se desarrollan para formar *ovarios* y como no se produce SAM, los conductos paramesonéfricos continúan su evolución. Los extremos distales de dichos conductos se fusionan para formar el *útero* y la *vagina*; los extremos proximales sin fusionar se transforman en las *trompas uterinas (de Falopio)*. Los conductos mesonéfricos degeneran sin contribuir a ninguna estructura funcional del aparato reproductor femenino, debido a la ausencia de testosterona. Las *glándulas vestibulares mayores y menores* se desarrollan a partir de brotes **endodérmicos** del vestíbulo.

Los *genitales externos*, tanto del embrión masculino como femenino (pene y escroto en hombres y clítoris, labios y orificio vaginal en mujeres), también permanecen indiferenciados hasta alrededor de la octava semana. Antes de la diferenciación, todos los embriones presentan las siguientes estructuras externas (**Figura 28.28**):

- 1. Pliegues uretrales (urogenitales).** Estructuras pares que se desarrollan a partir del mesodermo en la región cloacal (véase la **Figura 26.23**).
- 2. Surco uretral.** Hendidura entre los pliegues uretrales, que se abre dentro del seno urogenital.
- 3. Tubérculo genital.** Elevación redondeada, ubicada por delante de los pliegues uretrales.
- 4. Dilataciones labioescrotales.** Estructuras pares, sobreelevadas, ubicadas a los lados de los pliegues uretrales.

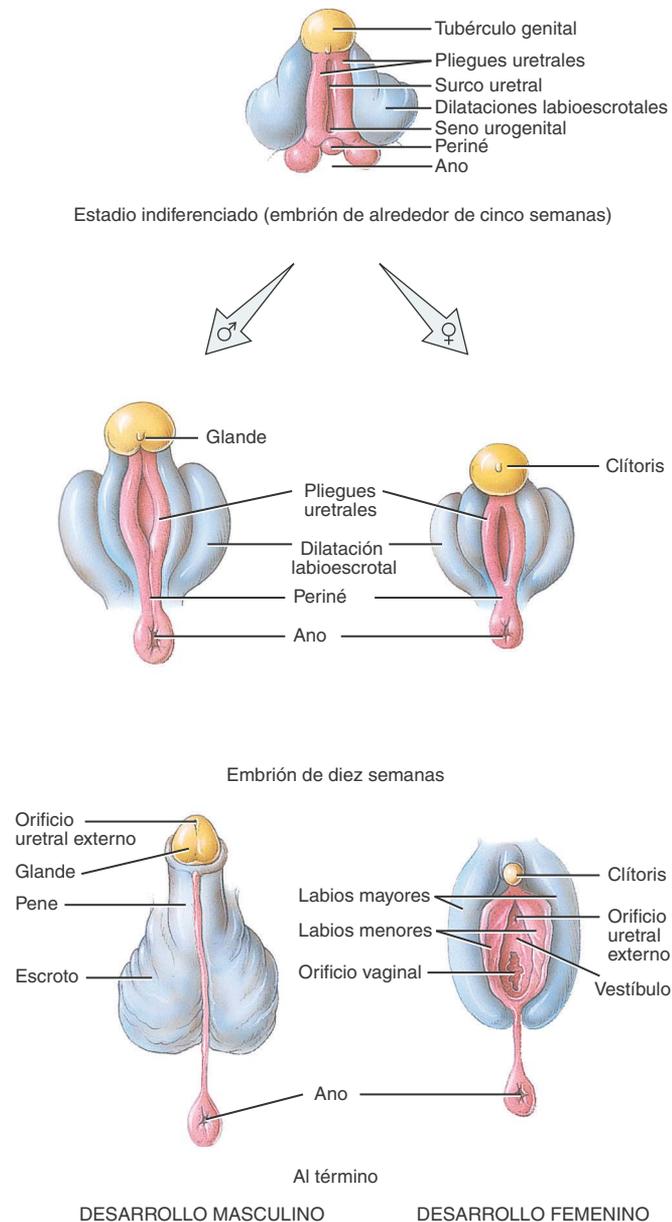
En los embriones masculinos, parte de la testosterona se convierte en un segundo andrógeno llamado **dihidrotestosterona (DH)** estimula el desarrollo de la uretra, la próstata y los genitales externos (escroto y pene). Parte del tubérculo genital se alarga y se convierte en el pene. La fusión de los pliegues uretrales forma la *uretra esponjosa (peneana)* y deja una abertura en el extremo distal del pene, el *orificio uretral externo*. Las dilataciones labioescrotales se convierten en el *escroto*. En ausencia de DHT, el tubérculo genital forma el *clítoris*, en los embriones femeninos. Los pliegues uretrales permanecen abiertos y forman los *labios mayores*. El surco urogenital constituye el *vestíbulo*. Luego del nacimiento, los niveles de andrógenos caen debido a la desaparición de la hCG, que estimulaba la secreción de testosterona.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

32. Describa la función de las hormonas en la diferenciación de las gónadas, los conductos mesonéfricos, los conductos paramesonéfricos y los genitales externos.

Figura 28.28 Desarrollo de los genitales externos.

Los genitales externos de los embriones masculinos y femeninos permanecen indiferenciados hasta alrededor de la octava semana.



¿Cuál es la hormona responsable de la diferenciación de los genitales externos?

28.6 EL ENVEJECIMIENTO Y EL APARATO REPRODUCTOR

OBJETIVO

- Describir los efectos del envejecimiento sobre los aparatos reproductores femenino y masculino.

Durante la primera década de vida, el aparato reproductor se encuentra en un estado juvenil. Hacia los 10 años, comienzan a ocurrir cambios dirigidos por hormonas, en ambos sexos. La **pubertad** es el período en el que comienzan a desarrollarse los caracteres sexuales secundarios y se alcanza el potencial reproductivo. El inicio de la pubertad está marcado por los pulsos de secreción de LH y FSH, cada uno disparado a su vez por pulsos de GnRH. La mayoría de los pulsos se producen durante el sueño. A medida que la pubertad avanza, los pulsos hormonales se producen, tanto durante el día como en la noche. Los pulsos aumentan en frecuencia por un lapso de entre tres y cuatro años, hasta que se establece un patrón adulto. El estímulo que da origen a los pulsos de GnRH aún es poco claro, pero el rol de la leptina comienza a revelarse. Antes de la pubertad, los niveles de leptina se elevan en proporción a la masa de tejido adiposo. Es interesante que los receptores de leptina estén presentes tanto en el hipotálamo como en la adenohipófisis. Los ratones carentes, desde el nacimiento, de un gen para la leptina funcional son estériles y permanecen en estado prepuberal. La administración de leptina a estos ratones induce la secreción de gonadotropinas y los vuelve fecundos. La leptina podría indicar al hipotálamo que las reservas energéticas a largo plazo (triglicéridos en el tejido adiposo) son adecuadas para iniciar las funciones reproductoras.

En las mujeres, el ciclo reproductor se produce normalmente una vez por mes desde la **menarca**, la primera menstruación, hasta la **menopausia**, el cese permanente de la menstruación. De esta forma, el aparato reproductor femenino tiene un período limitado de fecundidad, entre la menarca y la menopausia. Durante los primeros 1 o 2 años luego de la menarca, la ovulación se produce en el 10% de los ciclos y la fase luteínica es corta. Gradualmente, el porcentaje de ciclos ovulatorios aumenta y la fase luteínica alcanza su duración normal de 14 días. Con la edad, la fecundidad disminuye. Entre los 40 y los 50 años, la cantidad de folículos ováricos se agota. Como resultado, los ovarios son menos sensibles a la estimulación hormonal. La producción de estrógenos disminuye, a pesar de la copiosa secreción de FSH y LH por parte de la adenohipófisis. Muchas mujeres experi-

mentan sofocos y abundante sudoración, que coinciden con los pulsos de liberación de GnRH. Otros síntomas de menopausia son dolores de cabeza, pérdida de cabello, dolores musculares, sequedad vaginal, insomnio, depresión, aumento de peso y cambios del estado de ánimo. Los ovarios, las trompas uterinas, el útero, la vagina y los genitales externos sufren algo de atrofia en las mujeres posmenopáusicas. Debido a la pérdida de los estrógenos, la mayoría de las mujeres sufren una disminución en la densidad mineral ósea luego de la menopausia. El deseo sexual (libido) no muestra una disminución paralela; su conservación podría deberse a los esteroides sexuales suprarrenales. El riesgo de cáncer uterino alcanza su máximo a los 65 años de edad; sin embargo, el cáncer de cuello uterino es más frecuente en mujeres más jóvenes.

En los hombres, la disminución de las funciones reproductoras es mucho más sutil que en las mujeres. Los hombres saludables suelen conservar cierta capacidad reproductiva hasta los ochenta o noventa años. Hacia los 55 años, la disminución de la síntesis de testosterona conduce a la reducción de la fuerza muscular, la cantidad de espermatozoides viables y el deseo sexual. A pesar de que la producción de espermatozoides disminuye en un 50-70% entre los 60 y 80 años, pueden encontrarse abundantes cantidades de espermatozoides en personas de mayor edad.

El agrandamiento de la próstata entre dos y cuatro veces su tamaño normal es un hallazgo en la mayoría de los hombres mayores de 60 años. Esta alteración, llamada **hiperplasia prostática benigna (HPB)**, disminuye el tamaño de la uretra prostática y se caracteriza por la necesidad de orinar frecuentemente, nocturia (al individuo lo despierta la necesidad de orinar), dificultad para iniciar la micción, disminución de la fuerza del chorro urinario, urgencia miccional, goteo luego de la evacuación y sensación de vaciamiento incompleto.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

33. ¿Qué cambios se producen en el hombre y en la mujer durante la pubertad?
34. ¿Qué significan los términos menarca y menopausia?

Para apreciar las diversas maneras en las que los aparatos reproductores contribuyen a la homeostasis de otros aparatos y sistemas del cuerpo, revise *Homeostasis: Los aparatos reproductores*. A continuación, en el Capítulo 29, se analizarán los principales fenómenos que se producen durante el embarazo y descubrirá como la genética (herencia) cumple una función en el desarrollo de un niño.

Para todos los aparatos y sistemas



Los aparatos reproductores masculino y femenino producen gametos (ovocitos y espermatozoides) que se unen para formar embriones y fetos, que contienen células que se dividen y diferencian para formar todos los aparatos y sistemas del cuerpo.

Sistema tegumentario



Los andrógenos promueven el crecimiento del vello corporal. Los estrógenos estimulan el depósito de grasa en mamas, abdomen y caderas. Las glándulas mamarias producen leche. La piel se estira durante el embarazo a medida que crece el feto.

Sistema esquelético



Los andrógenos y los estrógenos estimulan el crecimiento y mantenimiento de los huesos del sistema esquelético.

Sistema muscular



Los andrógenos estimulan el crecimiento de los músculos esqueléticos.

Sistema nervioso



Los andrógenos influyen sobre la libido (impulso sexual). Los estrógenos tendrán una función en el desarrollo de ciertas regiones del cerebro en los hombres.

Sistema endocrino



La testosterona y los estrógenos ejercen acciones de retroalimentación sobre el hipotálamo y la adenohipófisis.

Aparato cardiovascular



Los estrógenos disminuyen los niveles de colesterol en sangre y pueden reducir el riesgo de enfermedad arterial coronaria en mujeres menores de 50 años.

Sistema linfático e inmunidad



La presencia de una sustancia química similar a un antibiótico en el semen y el pH ácido del fluido vaginal brindan inmunidad innata contra los microorganismos presentes en el aparato reproductor.

Aparato respiratorio



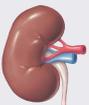
La excitación sexual incrementa la frecuencia y profundidad de la respiración.

Aparato digestivo

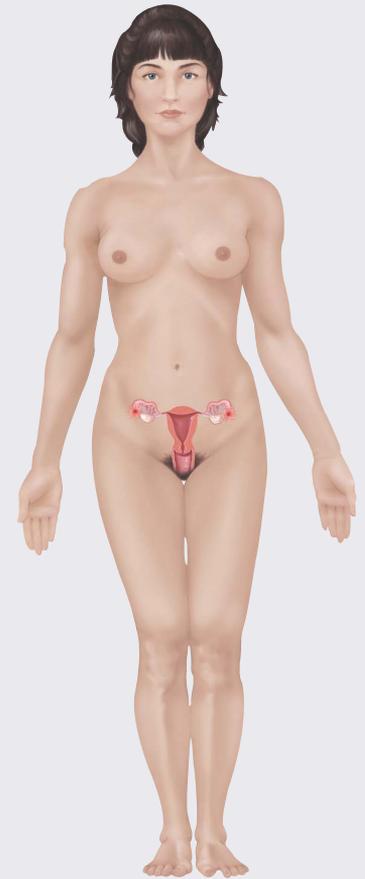


La presencia del feto durante el embarazo comprime los órganos digestivos, lo que produce acidez y constipación.

Aparato urinario



En los hombres, la porción de la uretra que atraviesa la próstata y el pene es una vía de salida, tanto para la orina como para el semen.



LOS APARATOS REPRODUCTORES



TRASTORNOS: DESEQUILIBRIOS HOMEOSTÁTICOS

Trastornos del aparato reproductor en el hombre

Cáncer de testículo

El **cáncer de testículo** es el cáncer más común en los hombres de entre 20 y 35 años. Más del 95% de los cánceres testiculares se originan en células espermatogénicas, dentro de los túbulos seminíferos. Un signo temprano de dicha patología es la aparición de una masa en el testículo, a menudo asociada con una sensación de peso o una molestia sorda en el abdomen inferior; habitualmente no produce dolor. Para aumentar las posibilidades de detección temprana del cáncer folicular, todos los hombres deberían realizarse autoexámenes regulares de los testículos, a partir de la adolescencia, y luego una vez al mes. Luego de un baño caliente o una ducha (cuando la piel del escroto está laxa y relajada) cada testículo deberá examinarse de la siguiente manera: debe tomarse el testículo y, con cuidado, se lo deja rodar por entre el dedo índice y el pulgar en busca de nódulos, dilataciones, durezas u otros cambios. Si se detecta un nódulo u otra alteración, se debe consultar al médico lo antes posible.

Alteraciones de la próstata

Debido a que la próstata rodea parte de la uretra, cualquier agrandamiento o tumor puede obstruir el flujo urinario. Las infecciones agudas y crónicas de la próstata son comunes después de la pubertad, a menudo asociadas con inflamación de la uretra. Los síntomas pueden incluir fiebre, escalofríos, aumento de la frecuencia urinaria, micción frecuente durante la noche, dificultad para orinar, ardor o dolor al orinar, dolor en la zona lumbar, dolores articulares y musculares, sangre en la orina o eyaculación dolorosa. Sin embargo, puede no haber síntomas. La mayoría de los casos se producen por infección bacteriana y se tratan con antibióticos. En la **prostatitis aguda**, la próstata se inflama y es dolorosa a la palpación. La **prostatitis crónica** es una de las infecciones crónicas más comunes en el hombre de edad mediana y en los mayores. En el examen, la próstata se palpa agrandada, blanda y muy dolorosa, con su superficie irregular.

El **cáncer de próstata** es la principal causa de muerte por cáncer entre los hombres de Estados Unidos; ha superado al cáncer de pulmón, en 1991. Cada año se diagnostica en casi 200 000 norteamericanos y causa alrededor de 40 000 muertes. Los niveles de PSA (antígeno prostático específico), que se produce únicamente en las células epiteliales prostáticas, aumenta con el crecimiento de la próstata y puede ser un indicador de infección, hiperplasia benigna o cáncer de próstata. Un análisis permite medir los niveles de PSA en sangre. Los hombres mayores de 40 años deberían realizarse un examen anual de la glándula prostática. En el **examen rectal digital (tacto rectal)**, el médico palpa la glándula a través del recto, con sus dedos. Muchos profesionales también recomiendan un examen anual de PSA a los hombres mayores de 50 años. El tratamiento del cáncer de próstata incluye cirugía, crioterapia, radiación, terapia hormonal y quimioterapia. Como muchos cánceres de próstata crecen muy lentamente, algunos urólogos recomiendan una conducta expectante antes de tratar pequeños tumores en hombres mayores de 70 años.

Disfunción eréctil

La **disfunción eréctil**, antes llamada *impotencia*, es la incapacidad constante de un hombre adulto para eyacular o alcanzar o sostener una erección por el tiempo suficiente para mantener relaciones sexuales. Muchos casos son causados por liberación insuficiente de óxido nítrico (NO), que relaja el músculo liso de las arteriolas del pene y el tejido eréctil. El fármaco sildenafil potencia la relajación del músculo liso por el óxido nítrico. Otras causas de la disfunción eréctil incluyen la diabetes mellitus, anomalías anatómicas del pene, trastornos sistémicos como la sífilis, alteraciones vasculares (obstrucciones arteriales o venosas), tras-

tornos neurológicos, cirugía, deficiencia de testosterona y consumo de ciertos fármacos (alcohol, antidepresivos, antihistamínicos, antihipertensivos, narcóticos, nicotina y tranquilizantes). Ciertos factores psicológicos, como ansiedad y depresión, miedo de embarazar y temor a las enfermedades de transmisión sexual, inhibiciones religiosas e inmadurez emocional también pueden ser causa de disfunción eréctil.

Trastornos del aparato reproductor en la mujer

Síndrome premenstrual y trastorno disfórico premenstrual

El **síndrome premenstrual (SPM)** es un trastorno cíclico que cursa con intenso malestar físico y emocional. Aparece durante la fase posovulatoria (lútea) del ciclo reproductor femenino y desaparece bruscamente cuando comienza la menstruación. Los signos y síntomas son muy variables de una mujer a otra. Pueden incluir edema, aumento de peso, turgencia y aumento de la sensibilidad en las mamas, distensión abdominal, dolor de espalda, dolores articulares, constipación, erupciones cutáneas, cansancio y sensación de letargo, mayor necesidad de dormir, depresión o ansiedad, irritabilidad, cambios de humor, cefaleas, mala coordinación, torpeza y deseo intenso de comer alimentos dulces o salados. La causa del síndrome premenstrual es desconocida. Para muchas mujeres, el ejercicio físico regular, evitar la cafeína, la sal, el alcohol y seguir una dieta rica en carbohidratos complejos y proteínas magras puede brindar un alivio considerable.

El **trastorno disfórico premenstrual (TDPM)** es un síndrome de mayor gravedad, en el cual los signos y síntomas del síndrome premenstrual no desaparecen con el comienzo de la menstruación. En estudios de investigación clínica se halló que la supresión del ciclo reproductivo por medio de un fármaco que interfiere con la GnRh (leuprolide) disminuye significativamente los síntomas. Debido a que los síntomas reaparecen cuando se administran estradiol o progesterona junto con el leuprolide, los investigadores sugieren que el trastorno disfórico premenstrual es causado por una respuesta anómala a los niveles normales de estas hormonas ováricas. Los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina han mostrado resultados prometedores en el tratamiento, tanto del síndrome premenstrual como del trastorno disfórico premenstrual.

Endometriosis

La **endometriosis** (*éndon-*, dentro; *-métra*, útero; y *-osis*, proceso o estado) se caracteriza por el crecimiento de tejido endometrial fuera del útero. Este tejido ingresa en la cavidad pelviana por medio de las trompas uterinas y puede encontrarse en sitios muy diversos (en los ovarios, el fondo de saco rectouterino, la superficie externa del útero, el colon sigmoide, los ganglios linfáticos pelvianos y abdominales, el cuello uterino, la pared abdominal, los riñones y la vejiga urinaria). El tejido endometrial responde a las fluctuaciones hormonales, dentro y fuera del útero. Con cada ciclo reproductivo, el tejido prolifera y luego se desintegra y sangra. Cuando esto ocurre fuera del útero, puede causar inflamación, dolor, cicatrizaciones e infertilidad. Los síntomas son dolores premenstruales o menstruales inusualmente intensos.

Cáncer de mama

Una de cada ocho mujeres en los Estados Unidos tiene posibilidades de padecer un **cáncer de mama**. Después del cáncer de pulmón, es la segunda causa de muerte por cáncer en las mujeres norteamericanas. El cáncer de mama puede presentarse en hombres, pero es raro. Entre las mujeres, no suele observarse antes de los 30 años; su incidencia se eleva rápidamente luego de la menopausia. Se estima que el 5% de los 180 000 casos diagnosticados cada año en los Estados Unidos, sobre todo aquellos que se producen en mujeres más jóvenes, se originan a partir de mutaciones genéticas heredadas (cambios en el ADN). Los investigadores han identificado dos genes que aumentan la susceptibi-

lidad al cáncer de mama: *BCRA1* (del inglés *breast cancer 1*; cáncer de mama 1) y *BCRA2*. La mutación de *BCRA1* también conlleva un alto riesgo de padecer cáncer de ovario. A su vez, las mutaciones del gen *p53* incrementan el riesgo de cáncer de mama, tanto en hombres como en mujeres, y las mutaciones en el gen que codifica el receptor de andrógenos se asocian con la aparición de cáncer de mama en algunos hombres. Debido a que el cáncer de mama, en general, no resulta doloroso hasta que alcanza estadios avanzados, cualquier nódulo, sin importar cuán pequeño sea, debe ser informado inmediatamente al médico. La detección temprana por autoexamen de mamas y mamografías es la mejor manera de aumentar las posibilidades de supervivencia.

La técnica más efectiva para la detección de tumores con menos de 1 cm de diámetro es la **mamografía** (*graphé-*, registro), un tipo de radiografía en la cual se utiliza una película radiográfica muy sensible. La imagen de la mama, llamada **mamografía** (véase el Cuadro 1.3), se obtiene mejor si se comprimen las mamas, una a la vez, utilizando dos placas horizontales. Un método auxiliar para evaluar las anomalías en las mamas es la ecografía. A pesar de que la ecografía no puede detectar formaciones que miden menos de 1 cm de diámetro (que sí se pueden detectar con la mamografía), puede utilizarse para determinar si un tumor es benigno, un quiste lleno de líquido o un tumor sólido (y posiblemente maligno).

Entre los factores que aumentan el riesgo de cáncer de mama se encuentran: 1) antecedentes personales de cáncer de mama, especialmente en madre o hermanas, 2) nuliparidad (nunca haber dado a luz) o haber tenido el primer hijo luego de los 35 años, 3) cáncer previo en una mama, 4) exposición a radiaciones ionizantes, como rayos X, 5) ingesta excesiva de alcohol, y 6) tabaquismo.

La *American Cancer Society* recomienda seguir los siguientes pasos para un diagnóstico de cáncer de mama lo más temprano posible:

- Todas las mujeres mayores de 20 años deben desarrollar el hábito de autoexaminarse las mamas mensualmente.
- Un médico debe examinar las mamas cada 3 años, cuando la mujer tiene entre 20 y 40 años de edad, y luego cada año a partir de los 40.
- Se debe realizar una mamografía en mujeres de 35 a 39 años, para luego poder utilizarla como comparación con estudios posteriores (mamografía de base).
- Las mujeres sin síntomas deben realizarse una mamografía cada año después de los 40 años.
- Las mujeres de cualquier edad con antecedentes de cáncer de mama, antecedentes familiares de la enfermedad u otros factores de riesgo deben consultar al médico para programar una mamografía.

En noviembre de 2009, la USPSTF (*United States Preventive Services Task Force*) elaboró una serie de recomendaciones en relación con la detección sistemática del cáncer de mama en mujeres con riesgo normal para esta enfermedad; es decir, mujeres sin signos ni síntomas de cáncer de mama y que no presentan un aumento del riesgo de presentar esta enfermedad (p. ej., sin antecedentes familiares). Estas recomendaciones son las siguientes:

Las mujeres de 50-74 años deben hacerse una mamografía cada 2 años. Las mujeres mayores de 74 años no deberían hacerse mamografías. El autoexamen de las mamas no es necesario.

El tratamiento del cáncer de mama incluye terapia hormonal, quimioterapia, radioterapia, **tumorectomía** (extirpación del tumor y el tejido circundante), mastectomía radical modificada o una combinación de estos procedimientos. La **mastectomía radical** comprende la resección de la mama afectada junto con los músculos pectorales subyacentes y los ganglios linfáticos axilares. (Los ganglios linfáticos se extirpan debido a que la metástasis de las células cancerosas se produ-

ce habitualmente a través de los vasos linfáticos y sanguíneos). El tratamiento con radiación y la quimioterapia pueden realizarse luego de la cirugía para asegurar la destrucción de cualquier célula cancerígena restante.

Se utilizan varios tipos de agentes quimioterápicos para disminuir el riesgo de recaída o progresión de la enfermedad. El tamoxifeno es un antagonista de los estrógenos que se une al receptor de estrógenos y lo bloquea, lo que disminuye el efecto estimulador de los estrógenos sobre las células del cáncer mamario. El tamoxifeno se ha utilizado desde hace 20 años y disminuye enormemente el riesgo de recurrencia del cáncer. El *Herceptin*[®], un anticuerpo monoclonal, tiene como diana un antígeno de superficie de las células de cáncer mamario. Es efectivo para producir la regresión de tumores y retrasar la progresión de la enfermedad. Los datos preliminares obtenidos por ensayos clínicos de dos nuevos fármacos, *Femara*[®] y *Arimidex*[®], muestran tasas de recaída aún menores que las del tamoxifeno. Estos fármacos son inhibidores de la aromataasa, la enzima necesaria para el paso final en la síntesis de estrógenos. Finalmente, dos fármacos (tamoxifeno y raloxifeno) están siendo comercializadas para la *prevención* del cáncer de mama. Es interesante señalar que el raloxifeno bloquea los receptores de estrógenos en las mamas y el útero, pero activa los receptores estrogénicos en el hueso. Así, se pueden utilizar para tratar la osteoporosis en la mujer sin incrementar su riesgo de cáncer de mama o endometrio (uterino).

Cáncer de ovario

A pesar de ser la sexta forma más común de cáncer en las mujeres, el **cáncer de ovario** es la principal causa de muerte de todos los cánceres ginecológicos (excepto el de mama), debido a que es difícil detectarlo antes de que haga metástasis (se disemine) más allá de los ovarios. Los factores de riesgo asociados al cáncer de ovario incluyen la edad (habitualmente por encima de los 50 años), la raza (las personas blancas son las que tienen mayor riesgo), los antecedentes familiares de cáncer de ovario, más de 40 años de ovulación activa, nuliparidad o primer embarazo después de los 30 años de edad, una dieta rica en grasas, baja en fibras y deficiente en vitamina A y la exposición prolongada al asbesto o al talco. El cáncer de ovario temprano no provoca síntomas o produce sólo algunos síntomas leves asociados a otros inespecíficos, como malestar abdominal, pirosis, náuseas, pérdida del apetito, meteorismo y flatulencia. Los signos y síntomas de los estadios más avanzados incluyen distensión abdominal, dolor abdominal y/o pelviano, alteraciones gastrointestinales persistentes, complicaciones urinarias, irregularidades menstruales y sangrado menstrual profuso.

Cáncer cervical

El **cáncer cervical**, carcinoma del cuello uterino, comienza como una **displasia cervical**, con cambios en la forma, crecimiento y número de las células cervicales. Las células pueden regresar a la normalidad o progresar hacia el cáncer. En la mayoría de los casos, el cáncer cervical puede detectarse en sus estadios más tempranos, por medio de un examen de Pap (véase Correlación Clínica; Examen de Papanicolaou, en el Capítulo 4). Cierta evidencia vincula el cáncer cervical con el virus que causa las verrugas genitales, el virus del papiloma humano (HPV). El riesgo aumentado se asocia con el número de parejas sexuales, con haber tenido la primera relación sexual en edades tempranas y el tabaquismo.

Candidiasis vulvovaginal

La *Candida albicans* es un hongo levaduriforme que por lo general crece en las mucosas de los aparatos digestivo y urogenital. Este organismo es responsable de la **candidiasis vulvovaginal**, la forma más común de **vaginitis** o inflamación de la vagina, que se caracteriza por intenso prurito, flujo espeso, amarillo y lechoso, olor a levadura y dolor. Este trastorno, experimentado al menos una vez por el 75% de las mujeres, suele ser el resultado de la proliferación del hongo, secundaria a tratamientos con antibióticos por otra infección. Los factores pre-

disponentes incluyen el consumo de anticonceptivos orales o medicación del tipo cortisona, el embarazo y la diabetes.

Enfermedades de transmisión sexual

La **enfermedad de transmisión sexual (ETS)** es la que se contagia por contacto sexual. En los países más desarrollados del mundo, tales como los de Europa Occidental, Japón, Australia y Nueva Zelanda, la incidencia de ETS decayó notablemente durante los últimos 25 años. En los Estados Unidos, en contraste, las ETS aumentaron en proporciones epidémicas; éstas afectan actualmente a más de 65 millones de personas. El sida y la hepatitis B, que son enfermedades de transmisión sexual que también pueden contraerse por otras vías, se analizan en los Capítulos 22 y 24, respectivamente.

Clamidiiasis

La **clamidiiasis** es una enfermedad de transmisión sexual causada por la bacteria *Chlamydia trachomatis*. Esta bacteria inusual no puede reproducirse fuera de las células del cuerpo; se "oculta" dentro de las células, donde se divide. En la actualidad, la clamidiiasis es la enfermedad de transmisión sexual de mayor prevalencia en los Estados Unidos. En la mayoría de los casos, la infección inicial es asintomática y, por ende, difícil de detectar clínicamente. En el hombre, la uretritis es el principal hallazgo porque produce una secreción clara, ardor al orinar, micción frecuente y dolorosa. Sin tratamiento, también pueden inflamarse los epidídimos, produciéndose esterilidad. El 70% de las mujeres con clamidiiasis no presenta síntomas, pero dicha patología es la principal causa de enfermedad inflamatoria pélvica. Las trompas uterinas también pueden inflamarse, lo que aumenta el riesgo de embarazo ectópico (implantación de un óvulo fecundado fuera del útero) y esterilidad, debido a la formación de tejido cicatrizal dentro de las trompas.

Gonorrea

La **gonorrea** es causada por la bacteria *Neisseria gonorrhoeae*. En los Estados Unidos, aparecen cada año 1 a 2 millones de casos de gonorrea, la mayoría en individuos de entre 15 y 29 años. La secreción de las mucosas infectadas es la fuente de contagio de la bacteria, ya sea durante el contacto sexual o durante el pasaje del feto por el canal de parto. El sitio de infección puede ser la boca o la garganta luego de contacto buco-genital, en la vagina y el pene, luego de contacto genital, o en el recto luego del contacto recto-vaginal. Los hombres suelen presentar uretritis con abundante secreción de pus y micciones dolorosas. La próstata y los epidídimos también pueden resultar infectados. En las mujeres, la infección se suele presentar en la vagina, habitualmente con flujo purulento. Sin embargo, tanto los hombres como las mujeres infectadas pueden portar la enfermedad sin presentar síntomas, hasta que progresa a un estadio más avanzado; alrededor de un 5-10% de los hombres y 50% de las mujeres permanecen

asintomáticos. En las mujeres, la infección y la consecuente inflamación pueden pasar de la vagina al útero, las trompas uterinas y la cavidad pélvica. Alrededor de 50 000 a 80 000 mujeres en los Estados Unidos quedan infértiles debido a la gonorrea cada año, como resultado de la formación de tejido cicatrizal que cierra las trompas uterinas. Si la bacteria en el canal de parto se transmite a los ojos del recién nacido, puede causar ceguera. La administración de una solución al 1% de nitrato de plata en los ojos del neonato evita la infección.

Sífilis

La **sífilis**, causada por la bacteria *Treponema pallidum*, se transmite por medio del contacto sexual o transfusiones de sangre, o a través de la placenta hacia el feto. La enfermedad progresa en varias etapas. Durante la etapa primaria, el principal signo es una induración abierta indolora llamada **chancro**, en el sitio de inoculación. El chancro se cura en 1-5 semanas. Luego de 6 a 24 semanas, signos y síntomas como erupción cutánea (*rash*), fiebre y dolores en las articulaciones y los músculos dan inicio a la *etapa secundaria*, que es sistémica: la infección se disemina por los principales sistemas del cuerpo. Cuando aparecen signos de degeneración, se considera que se alcanzó la *etapa terciaria*, llamada **neurosífilis**. A medida que las áreas motoras resultan extensamente dañadas, los pacientes pueden perder la capacidad de controlar la micción y la defecación. Finalmente, pueden quedar postrados y con incapacidad de alimentarse a sí mismos. A su vez, el daño de la corteza cerebral produce pérdida de la memoria y cambios en la personalidad, que varían desde irritabilidad a alucinaciones.

Herpes genital

El **herpes genital** es una ETS incurable. El virus herpes simplex tipo II (HSV-2) causa las infecciones genitales que producen ampollas dolorosas en el prepucio, glande y cuerpo del pene en los hombres, y en la vulva o a veces en el interior de la vagina, en las mujeres. Las ampollas desaparecen y reaparecen en la mayoría de los pacientes, pero el virus permanece en el cuerpo. Un virus relacionado, el virus herpes simplex tipo I (HSV-1), produce aftas o úlceras en los labios y la boca. Los individuos infectados suelen presentar recurrencia de los síntomas varias veces al año.

Verrugas genitales

Las verrugas son enfermedades infecciosas causadas por virus. El virus del papiloma humano (HPV) provoca **verrugas genitales**, que suelen transmitirse por contacto sexual. Cerca de un millón de personas al año desarrollan verrugas genitales en los Estados Unidos. Los pacientes con antecedentes de verrugas genitales pueden tener un riesgo mayor de cáncer de cuello uterino, vagina, ano, vulva y pene. No hay cura para las verrugas genitales. Si una vacuna disponible (Gardasil®) contra ciertos tipos de HPV que causan el cáncer cervical y las verrugas genitales, recomendada para niñas de entre 11 y 12 años.

TERMINOLOGÍA MÉDICA

Castración Resección, inactivación o destrucción de las gónadas; el término se utiliza corrientemente para referirse a la extirpación de los testículos solamente.

Colposcopia (*kólpos-*, vagina; y *-skopiá*, observación) Inspección visual de la vagina y el cuello uterino con un colposcopio, instrumento con una lente de aumento (de entre 5x y 50x) y una luz. El procedimiento se realiza, por lo general luego de un Pap que muestra alteraciones en el frotis.

Culdoscopia (culdo-, del francés *cul-de-sac*, fondo de saco) Procedimiento por el cual se introduce un culdoscopio (endoscopio) a través de la pared posterior de la vagina para observar el fondo de saco rectouterino, en la cavidad pélvica.

Curetaje (raspado endocervical) Procedimiento en el cual se dilata el cuello del útero y se raspa el endometrio uterino con un instrumento en forma de cuchara llamado cureta; comúnmente llamado dilatación y curetaje (legrado).

Dismenorrea (*ds-*, dolor o dificultad) Dolor asociado a la menstruación; este término se utiliza habitualmente para describir los síntomas menstruales que son de una intensidad tal que impiden a la mujer realizar sus tareas cotidianas durante uno o más días cada mes. Algunos casos son debidos a tumores uterinos, quistes de ovario, enfermedad pélvica inflamatoria o dispositivos intrauterinos.

Dispareunia (*dyspareunos*, unión infortunada) Dolor durante las relaciones sexuales. Puede producirse en el área genital o en la cavidad

pelviana, y puede deberse a lubricación inadecuada, inflamación, infección, diafragma o capuchón cervical mal colocado, endometriosis, enfermedad inflamatoria pelviana, tumores pelvianos o ligamentos uterinos debilitados.

Enfermedad inflamatoria pelviana (EIP) Expresión que incluye cualquier infección bacteriana extensa de los órganos pelvianos, especialmente el útero, las trompas uterinas o los ovarios, que se caracteriza por dolores pelvianos, dolor lumbar o abdominal y uretritis. A menudo, los síntomas más tempranos de enfermedad inflamatoria pelviana se presentan luego de la menstruación. A medida que la infección se disemina, puede aparecer fiebre, junto con abscesos dolorosos en los órganos reproductores.

Esmegma Secreción formada, principalmente, por células epiteliales descamadas presentes en los genitales externos y especialmente bajo el prepucio en el hombre.

Hermafroditismo Presencia simultánea de tejido ovárico y testicular en un mismo individuo.

Hipospadias (*hypós-*, debajo de) Malformación congénita frecuente en la cual el orificio de la uretra se encuentra desplazado. En los hombres, el orificio desplazado puede encontrarse en la cara inferior del pene, en la unión penoescrotal, entre los pliegues escrotales o en el periné; en las mujeres, la uretra se abre dentro de la vagina. Este trastorno puede corregirse quirúrgicamente.

Leucorrea (*leukós-*, blanco) Flujo vaginal blanquecino que contiene

mucus y piocitos (células de pus); puede producirse a cualquier edad y afecta a la mayoría de las mujeres en algún momento de la vida.

Menorragia –hipermenorrea– (*meenós-*, menstruación; y *-rheegn?ai*, manar) Período menstrual excesivamente prolongado o profuso. Puede deberse a una alteración en la regulación hormonal del ciclo menstrual, infección pelviana, fármacos (anticoagulantes), miomas (tumores uterinos no cancerosos compuestos de tejido muscular y fibroso), endometriosis o dispositivos intrauterinos.

Mioma Tumor no canceroso del miometrio, compuesto por tejido muscular y fibroso. Su crecimiento parece estar relacionado con altos niveles de estrógenos. No se presenta antes de la pubertad y, habitualmente, deja de crecer después de la menopausia. Los síntomas incluyen: sangrado menstrual anormal y dolor o presión en la región pelviana.

Ooforectomía (*oofóros-*, ovario) Extirpación de los ovarios.

Orquitis (*órkhis-*, ovario; e *-itis*, inflamación). Inflamación de los testículos; por ejemplo, como resultado de infección por el virus de la parotiditis o una infección bacteriana.

Quiste de ovario La forma más común de tumor ovárico, en la cual un folículo lleno de líquido o cuerpo lúteo persiste y continúa creciendo.

Salpingectomía (*sálpinx-*, tubo, trompa) Extirpación de las trompas uterinas (de Falopio).

REVISIÓN DEL CAPÍTULO

Introducción

28.1 Aparato reproductor masculino

1. La reproducción es el proceso mediante el cual se origina un nuevo individuo de una especie, y el material genético se transmite de generación en generación.
2. Los órganos de la reproducción se agrupan en gónadas (producen gametos), conductos (transportan y almacenan gametos), glándulas sexuales accesorias (producen materiales que sustentan a los gametos) y estructuras de sostén (que cumplen diversas funciones en la reproducción). Las estructuras reproductoras masculinas son: los testículos (2), los epidídimos (2), los conductos deferentes (2), los conductos eyaculadores (2), las vesículas seminales (2), la uretra (1), la próstata (1), las glándulas bulbouretrales (de Cowper) (2) y el pene (1). El escroto es una bolsa que cuelga de la raíz del pene, formada por piel laxa y fascia superficial; sostiene los testículos. La temperatura de los testículos se regula con la contracción del músculo cremáster, que se contrae para elevar los testículos y llevarlos más cerca de la cavidad pelviana, o bien se relaja para alejarlos de dicha cavidad. El músculo dartos tensa al escroto y causa su aspecto arrugado.
3. Los testículos son un par de glándulas ovaladas (gónadas), dentro del escroto, que contienen los túbulos seminíferos, en los que se forman los espermatozoides; células de Sertoli (células de sostén o sustentaculares), que nutren los espermatozoides y secretan inhibina y células de Leydig (células intersticiales) que producen la hormona masculina testosterona. Los testículos descienden hacia el interior del escroto, a través de los conductos inguinales, durante el séptimo mes del desarrollo fetal. La falta de descenso de los testículos se denomina criptorquidia.
4. Los ovocitos secundarios y los espermatozoides, ambos llamados gametos, son producidos en las gónadas. La espermatogénesis, que se produce en los testículos, es el proceso por el cual las espermatogonias inmaduras se desarrollan hasta formar espermatozoides. La secuencia de la espermatogénesis, que incluye la meiosis I, la meiosis II y la espermogénesis, da como resultado la formación de cuatro espermatozoides haploides por cada espermatocono primario. Los espermatozoides maduros tienen una cabeza y una cola. Su función es fertilizar a un ovocito secundario.
5. En la pubertad, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) estimula la secreción de FSH y LH por parte de la adenohipófisis. La LH estimula la producción de testosterona; la FSH y la testosterona estimulan la espermatogénesis. Las células de Sertoli secretan proteína ligadora de andrógenos (ABP), que se une a la testosterona y mantiene sus concentraciones elevadas, dentro de los túbulos seminíferos. La testosterona controla el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de los órganos sexuales; estimula el crecimiento óseo, el anabolismo proteico, la maduración espermática y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos. La inhibina es producida por las células de Sertoli; inhibe la FSH y así ayuda a regular la espermatogénesis.

6. El sistema ductal de los testículos incluye los túbulos seminíferos, los túbulos rectos y la red testicular (rete testis). Los espermatozoides salen fuera de los testículos, a través de los conductos eferentes. El conducto epididimario es el sitio de maduración y almacenamiento de los espermatozoides. Los conductos deferentes almacenan los espermatozoides y los impulsan hacia la uretra, durante la eyaculación.
7. Cada conducto eyaculador, formado por la unión del conducto de la vesícula seminal y la ampolla del conducto deferente, es el sitio de paso de los espermatozoides y las secreciones de las vesículas seminales hacia la primera porción de la uretra, la uretra prostática.
8. La uretra, en el hombre, se divide en tres porciones: uretra prostática, membranosa y esponjosa (peneana).
9. Las vesículas seminales secretan un líquido viscoso y alcalino que contiene fructosa (utilizada por el espermatozoide para la producción de ATP). El líquido seminal constituye cerca del 60% del volumen del semen y contribuye a la viabilidad espermática. La próstata secreta un líquido levemente ácido, que constituye alrededor del 25% del volumen de semen y contribuye a la movilidad espermática. Las glándulas bulbouretrales (de Cowper) secretan un moco lubricante y una sustancia alcalina que neutraliza el ácido. El semen es una mezcla de espermatozoides y líquido seminal; brinda un medio líquido de transporte a los espermatozoides, proporciona nutrientes y neutraliza la acidez de la uretra masculina y la vagina.
10. El pene está formado por una raíz, el cuerpo y el glande. La repleción de sangre de los sinusoides sanguíneos del pene bajo la influencia de la excitación sexual se llama erección.

28.2 Aparato reproductor femenino

1. Los órganos femeninos de la reproducción son los ovarios (gónadas), las trompas uterinas (de Falopio) u oviductos, el útero, la vagina y la vulva. Las glándulas mamarias son parte del sistema tegumentario y también se consideran parte del aparato reproductor femenino.
2. Los ovarios, las gónadas femeninas, se localizan en la porción superior de la cavidad pelviana, laterales con respecto al útero. Los ovarios producen ovocitos secundarios, los liberan (proceso conocido como ovulación) y secretan estrógenos, progesterona, relaxina e inhibina.
3. La ovogénesis (producción de ovocitos secundarios haploides) se inicia en los ovarios. La secuencia de ovogénesis implica meiosis I y meiosis II, la que se completa sólo después de que el ovocito secundario sea fecundado por un espermatozoide.
4. Las trompas uterinas (de Falopio) transportan los ovocitos secundarios desde los ovarios hacia el útero y constituyen el sitio donde normalmente se produce la fecundación. Las células ciliadas y las contracciones peristálticas contribuyen al traslado del ovocito secundario hacia el útero.
5. El útero es un órgano con la forma y el tamaño de una pera invertida que participa en la menstruación, la implantación de un óvulo fecundado, el desarrollo del feto durante el embarazo y el parto. También constituye el sitio de paso de los espermatozoides que deben alcanzar las trompas uterinas para poder fecundar el ovocito secundario. En condiciones normales, el útero se encuentra fijo en su sitio por varios ligamentos. Desde el punto de vista histológico, las capas que forman el útero son el perimetrio externo (serosa), el miometrio intermedio y el endometrio interno.
6. La vagina es el sitio de paso para los espermatozoides y el flujo menstrual, el receptáculo del pene durante las relaciones sexuales y la porción inferior del canal de parto. Tiene gran capacidad de estiramiento.
7. La vulva (término genérico que se utiliza para nombrar a los genitales externos femeninos) está formada por el monte del pubis, los labios mayores, los labios menores, el clítoris, el vestíbulo, los orificios uretral y vaginal, el himen, el bulbo del vestíbulo y tres grupos de glándulas: las parauretrales (de Skene), las vestibulares mayores (de Bartholin) y las vestibulares menores.
8. El periné es un área en forma de diamante en el extremo inferior del tronco, en sentido medial, con respecto a los muslos y las nalgas.
9. Las glándulas mamarias son glándulas sudoríparas modificadas, ubicadas sobre los músculos pectorales mayores. Sus funciones son sintetizar, secretar y eyectar leche (lactación).
10. El desarrollo de las glándulas mamarias depende de los estrógenos y la progesterona. La producción de leche es estimulada por la prolactina, los estrógenos y la progesterona; la eyección láctea es estimulada por la oxitocina.

28.3 El ciclo reproductor femenino

1. La función del ciclo ovárico es producir un ovocito secundario; la función del ciclo uterino (menstrual) es preparar al endometrio cada mes para poder recibir un óvulo fecundado. El ciclo reproductor femenino incluye el ciclo ovárico y el uterino.
2. Los ciclos uterino y ovárico están controlados por la GnRH hipotalámica, que estimula la liberación de FSH y LH por parte de la adenohipófisis. La FSH y la LH estimulan el desarrollo folicular y la secreción de estrógenos mediante los folículos. La LH también estimula la ovulación, la formación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona y estrógenos por medio del cuerpo lúteo.
3. Los estrógenos estimulan el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de las estructuras reproductoras femeninas; promueven el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios y la síntesis proteica. La progesterona actúa junto con los estrógenos para preparar el endometrio para la implantación y las glándulas mamarias, para la síntesis de leche.



4. La relaxina relaja el miometrio mientras es posible la implantación. Hacia el final del embarazo, la relaxina aumenta la flexibilidad de la sínfisis del pubis y ayuda a dilatar el cuello uterino para facilitar el parto.
5. Durante la fase menstrual, la capa funcional del endometrio se desprende, se produce un sangrado y se liberan líquido intersticial, moco y células epiteliales.
6. Durante la fase preovulatoria, un grupo de folículos, en los ovarios, comienza a atravesar la etapa final del proceso de maduración. Un folículo supera a los otros en crecimiento y se convierte en el folículo dominante, mientras los demás degeneran. Al mismo tiempo, en el útero es reparado el endometrio. Durante esta fase, los estrógenos son las hormonas ováricas dominantes.
7. La ovulación es la rotura de un folículo maduro (de de Graaf) y la liberación de un ovocito secundario hacia la cavidad pelviana. Esta rotura es desencadenada por un pico de LH. Los signos y síntomas de la ovulación incluyen el aumento de la temperatura basal, la presencia de un moco cervical claro y filante, cambios en el cuello uterino y dolor abdominal.
8. Durante la fase posovulatoria, el cuerpo lúteo del ovario secreta grandes cantidades de progesterona y estrógenos, y el endometrio aumenta su espesor y se prepara para la implantación.
9. Si no se produce la fecundación ni la implantación, el cuerpo lúteo degenera y, como resultado de ello, los bajos niveles de estrógenos y progesterona permiten el desprendimiento del endometrio, seguido del inicio de un nuevo ciclo.
10. Si se producen la fecundación y la implantación, la hCG mantiene el cuerpo lúteo. Éste y luego la placenta secretan progesterona y estrógenos que mantienen el embarazo y el desarrollo mamario para la lactancia.

28.4 Métodos de control de la natalidad

1. Entre los métodos se incluyen la abstinencia completa, la esterilización quirúrgica (vasectomía, ligadura tubaria), la esterilización no quirúrgica, los métodos hormonales (píldora combinada, minipíldora, parche cutáneo, anillo anticonceptivo vaginal, anticoncepción de emergencia, inyecciones de hormonas), dispositivos intrauterinos, sustancias espermicidas, métodos de barrera (preservativo masculino, saco vaginal, diafragma, capuchón cervical) y abstinencia periódica (métodos del ritmo y de la temperatura basal).
2. Las píldoras anticonceptivas de tipo combinado contienen progestágenos y estrógenos en concentraciones tales que disminuyen la secreción de FSH y LH e inhiben el desarrollo de los folículos ováricos y la ovulación; imposibilitan el transporte de los óvulos y espermatozoides a través de las trompas uterinas y bloquean la implantación en el útero.
3. El aborto es la expulsión prematura del útero de los productos de la concepción; puede ser espontáneo o inducido.

28.5 Desarrollo de los aparatos reproductores

1. Las gónadas se desarrollan a partir de las crestas gonadales, que se forman a partir del crecimiento del mesodermo intermedio. En presencia del gen *SRY*, las gónadas comienzan a diferenciarse en testículos durante la séptima semana. Las gónadas se diferencian en ovarios, cuando el gen *SRY* está ausente.
2. En el hombre, la testosterona estimula el desarrollo de cada conducto mesonéfrico en epidídimo, conducto deferente, conducto eyaculador y vesícula seminal, mientras que la sustancia antimülleriana (SAM) causa la muerte de las células del conducto paramesonéfrico. En las mujeres, la testosterona y la SAM están ausentes; los conductos paramesonéfricos se desarrollan para formar las trompas uterinas, el útero y la vagina, y los conductos mesonéfricos desaparecen.
3. Los genitales externos se desarrollan a partir del tubérculo genital y son estimulados por la hormona dihidrotestosterona (DHT) para diferenciarse en las estructuras masculinas típicas. Los genitales externos se desarrollan hacia estructuras femeninas, cuando no se produce la hormona DHT, situación normal en los embriones femeninos.

28.6 El envejecimiento y el aparato reproductor

1. La pubertad es el período en el que comienzan a desarrollarse los caracteres sexuales secundarios y se alcanza el potencial sexual reproductivo.
2. El inicio de la pubertad está marcado por los pulsos de secreción de LH y FSH, cada uno producido por pulsos de GnRH. La hormona leptina, liberada por el tejido adiposo, podría indicar al hipotálamo que las reservas energéticas (los triglicéridos en el tejido adiposo) son adecuadas para iniciar las funciones reproductivas.
3. En las mujeres, el ciclo reproductor se produce normalmente una vez por mes desde la menarca, la primera menstruación, hasta la menopausia, el cese definitivo de la menstruación.
4. Entre los 40 y 50 años de edad, la reserva de folículos ováricos se agota y decaen los niveles de progesterona y estrógenos. La mayoría de las mujeres experimentan una disminución en la densidad mineral ósea, luego de la menopausia, junto con cierta atrofia de los ovarios, las trompas uterinas, el útero, la vagina, los genitales externos y las mamas. El cáncer mamario y de útero aumentan su incidencia con la edad.
5. En los hombres mayores, los niveles disminuidos de testosterona se asocian con disminución de la fuerza muscular, reducción del deseo sexual y menor cantidad de espermatozoides viables; son comunes las afecciones de la próstata.

PREGUNTAS DE AUTOEVALUACIÓN

Complete los espacios en blanco de los siguientes enunciados.

1. El período de tiempo en el cual comienzan a desarrollarse los caracteres sexuales secundarios y se alcanza el potencial reproductivo se llama _____. La primera menstruación se denomina _____, y la cesación permanente de la menstruación se llama_____.

Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

2. La espermatogénesis no se produce a la temperatura corporal central normal.
3. La ruta que siguen los espermatozoides, desde su producción en los testículos hasta su expulsión al exterior, es: túbulos seminíferos, túbulos rectos, rete testis, epidídimos, conductos deferentes, conducto eyaculador, uretra prostática, uretra membranosa, uretra esponjosa, orificio uretral externo.

Elija la respuesta correcta para las siguientes preguntas.

4. ¿Cuáles de las siguientes son funciones de las células de Sertoli? 1) Proteger las células espermatogénicas en desarrollo, 2) nutrir los espermatocitos, espermátides y espermatozoides, 3) fagocitar el citoplasma excedente de los espermatozoides, a medida que se desarrollan, 4) mediar los efectos de la testosterona y la FSH, 5) controlar los movimientos de las células espermatogénicas y liberar los espermatozoides hacia la luz de los túbulos seminíferos.
 - a) 1, 2, 4 y 5
 - b) 1, 2, 3 y 5
 - c) 2, 3, 4 y 5
 - d) 1, 2, 3 y 4
 - e) 1, 2, 3, 4 y 5
5. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *verdaderas*? 1) La erección es una respuesta simpática iniciada por la estimulación sexual. 2) La dilatación de los vasos sanguíneos que perfunden los tejidos eréctiles produce la erección. 3) El óxido nítrico produce la relajación de las células musculares lisas del tejido eréctil, lo que causa agrandamiento de los senos sanguíneos. 4) La eyaculación es un reflejo simpático coordinado por la región sacra de la médula espinal. 5) La función de los cuerpos cavernosos del pene es mantener la uretra esponjosa abierta, durante la eyaculación.
 - a) 1, 2, 4 y 5
 - b) 1, 2, 3 y 5
 - c) 2, 3, 4 y 5
 - d) 1, 2, 3 y 4
 - e) 1, 2, 3, 4 y 5
6. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *verdaderas* con respecto a los estrógenos? 1) Promueven el desarrollo y mantenimiento de las estructuras reproductoras femeninas y los caracteres sexuales secundarios. 2) Ayudan a controlar el equilibrio hidroelectrolítico. 3) Incrementan el catabolismo proteico. 4) Disminuyen el colesterol en sangre. 5) En cantidades moderadas, inhiben la liberación de GnRH y la secreción de LH y FSH.
 - a) 1, 4 y 5
 - b) 1, 3, 4 y 5
 - c) 1, 2, 3 y 5
 - d) 1, 2, 3 y 4
 - e) 1, 2, 3, 4 y 5.
7. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *correctas*? 1) La cabeza de un espermatozoide contiene ADN y un acrosoma. 2) Un acrosoma es un tipo especializado de lisosoma que contiene enzimas que permiten al espermatozoide producir el ATP necesario para impulsarse a sí mismo, fuera del aparato reproductor masculino. 3) Las mitocondrias, en la pieza media del espermatozoide, producen ATP utilizado para la motilidad. 4) La cola del espermatozoide, el flagelo, le permite impulsarse. 5) Una vez eyaculados, los espermatozoides son viables y pueden fecundar el ovocito secundario por 5 días.
 - a) 1, 2, 3 y 4
 - b) 2, 3, 4 y 5
 - c) 1, 3 y 4
 - d) 2, 4 y 5
 - e) 2, 3 y 4.

8. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *correctas*? 1) Las espermatogonias son células madre debido a que cuando se produce la mitosis, algunas de las células hijas se conservan para realizar mitosis en el futuro y mantener una población estable de espermatogonias. 2) La meiosis I es la división de los pares de cromosomas que da como resultado células hijas con sólo un miembro de cada par cromosómico. 3) En la meiosis II, se separan las cromátides de cada cromosoma. 4) La espermatogénesis implica la maduración de las espermátides a espermatozoides. 5) El proceso por el cual los túbulos seminíferos producen espermatozoides haploides se conoce como espermatogénesis.
 - a) 1, 2, 3 y 5
 - b) 1, 2, 3, 4 y 5
 - c) 1, 3, 4 y 5
 - d) 1, 2, 3 y 4
 - e) 1, 3 y 5.
9. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *correctas*? 1) células provenientes del saco vitelino dan origen a los ovogonios. 2) Los óvulos se originan a partir del epitelio germinal del ovario. 3) Los ovocitos primarios ingresan en profase de meiosis I durante el desarrollo fetal, pero no la completan hasta pasada la pubertad. 4) Una vez que se forma el ovocito secundario, avanza hacia la metafase de la meiosis II y se detiene en esta etapa. 5) El ovocito secundario completa la meiosis II y se forman un óvulo y un cuerpo polar, sólo si se produce la fecundación. 6) Un ovocito primario da origen a un óvulo y cuatro cuerpos polares.
 - a) 1, 3, 4 y 5
 - b) 1, 3, 4 y 6
 - c) 1, 2, 4 y 6
 - d) 1, 2, 4 y 5
 - e) 1, 2, 5 y 6.
10. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son *correctas*? 1) El ciclo reproductivo femenino se divide en una fase menstrual, una fase preovulatoria, la ovulación y una fase posovulatoria. 2) Durante la fase menstrual, pequeños folículos secundarios comienzan a crecer en el ovario, mientras se produce el desprendimiento del revestimiento uterino. 3) Durante la fase preovulatoria, un folículo dominante continúa creciendo y comienza a secretar estrógenos e inhibina mientras se vuelve a formar el revestimiento interno del útero. 4) La ovulación produce como resultado la liberación de un óvulo y el desprendimiento del revestimiento interno del útero para nutrir y sostener el óvulo liberado. 5) Luego de la ovulación, el cuerpo lúteo se forma a partir del folículo roto y comienza a secretar progesterona y estrógenos, lo que continúa haciendo durante el embarazo, si el óvulo es fecundado. 6) Si el embarazo no se produce, el cuerpo lúteo se degenera en una cicatriz llamada cuerpo albicans, y el revestimiento interno del útero se prepara para desprenderse nuevamente.
 - a) 1, 2, 4 y 5
 - b) 2, 4, 5 y 6
 - c) 1, 4, 5 y 6
 - d) 1, 3, 4 y 6
 - e) 1, 2, 3 y 6.
11. Los anticonceptivos orales actúan por: 1) espesamiento del moco cervical, 2) bloqueo de las trompas uterinas, 3) inhibición de la liberación de FSH y LH, 4) inhibición de la ovulación, 4) disrupción de la membrana plasmática de los espermatozoides, 5) irritación del revestimiento interno del útero de forma que sea no apto para el desarrollo fetal.
 - a) Sólo 3
 - b) 3 y 4
 - c) 1, 2 y 5
 - d) 1, 3 y 4
 - e) 1, 2, 3, 4 y 5.



12. Empareje los siguientes enunciados con los términos:

- | | |
|--|---|
| ___ a) proceso durante la meiosis, en el cual en el cual porciones de cromosomas homólogos pueden intercambiarse entre uno y otro. | 1) cigoto |
| ___ b) se refiere a la célula que contiene la mitad del número de cromosomas. | 2) haploide |
| ___ c) células producida por la unión de un óvulo y un espermatozoide. | 3) diploide |
| ___ d) degeneración de las ovogonias antes y después del nacimiento. | 4) entrecruzamiento de genes (<i>crossing-over</i>) |
| ___ e) paquete de material nuclear descartado en la primera o la segunda división meiótica del óvulo. | 5) cuerpo polar |
| ___ f) se refiere a las células que contienen el número completo de cromosomas. | 6) atresia |

13. Empareje los siguientes enunciados con los términos:

- | | |
|--|------------------------------------|
| ___ a) glándulas sudoríparas modificadas, relacionadas con la lactancia. | 1) folículo |
| ___ b) pequeña masa cilíndrica de tejido eréctil y nervioso en la mujeres, homóloga del glande en el hombre. | 2) cuerpo lúteo |
| ___ c) producen moco durante la excitación sexual de la mujer y las relaciones sexuales; homólogas de las glándulas bulbouretrales en el hombre. | 3) trompa uterina |
| ___ d) grupo de células que nutren el ovocito en desarrollo e inician la secreción de estrógenos. | 4) fimbrias |
| ___ e) lugar por donde pasan los espermatozoides para alcanzar las trompas uterinas; sitio de la menstruación; sitio de implantación del óvulo fecundado; la matriz. | 5) útero |
| ___ f) produce progesterona, estrógenos, relaxina e inhibina. | 6) cérvix |
| ___ g) transportan al óvulo al interior de las trompas uterinas. | 7) endometrio |
| ___ h) orificio entre el útero y la vagina. | 8) vagina |
| ___ i) capa muscular del útero; responsable de la expulsión del feto del útero. | 9) vulva |
| ___ j) glándulas secretoras de moco en la mujer, homólogas de la próstata en el hombre. | 10) clítoris |
| ___ k) órgano femenino de la copulación; canal de parto. | 11) glándulas parauretrales |
| ___ l) lugar de paso del óvulo hacia el útero; sitio donde habitualmente se produce la fecundación; sitio de la ligadura tubaria. | 12) glándulas vestibulares mayores |
| ___ m) se refiere a los genitales externos de la mujer. | 13) glándulas mamarias |
| ___ n) capa de la pared uterina que se desprende parcialmente durante cada ciclo, una vez por mes. | 14) miometrio |

14. Empareje los siguientes enunciados con los términos:

- | | |
|--|------------------------------|
| ___ a) sitio de la maduración espermática. | 1) células espermatogénicas |
| ___ b) órgano masculino de la copulación, lugar de paso para la eyaculación de los espermatozoides y la excreción de orina. | 2) células de Sertoli |
| ___ c) células formadoras de espermatozoides. | 3) células de Leydig |
| ___ d) produce una sustancia alcalina que protege a los espermatozoides al neutralizar los ácidos en la uretra. | 4) pene |
| ___ e) eyecta los espermatozoides hacia la uretra inmediatamente antes de la eyaculación. | 5) escroto |
| ___ f) estructura que sostiene a los testículos. | 6) epidídimo |
| ___ g) transporta los espermatozoides desde el escroto hacia la cavidad abdominopelviana para su liberación en la eyaculación; es cortado y ligado como medio para la esterilización. | 7) conductos deferentes |
| ___ h) conducto terminal compartido por los aparatos urinario y reproductor en el hombre. | 8) conducto eyaculador |
| ___ i) rodea la uretra en la base de la vejiga; produce secreciones que contribuyen a la motilidad y viabilidad espermática. | 9) túbulos seminíferos |
| ___ j) produce testosterona. | 10) vesículas seminales |
| ___ k) estructura de sostén formada por el conducto deferente, la arteria testicular, nervios autónomos, venas que drenan sangre de los testículos, vasos linfáticos y el músculo cremáster. | 11) glándula prostática |
| ___ l) sostienen y protegen las células espermatogénicas en desarrollo; secretan inhibina; forman la barrera hematotesticular. | 12) glándulas bulbouretrales |
| ___ m) secreta un líquido alcalino que ayuda a neutralizar los ácidos en el aparato reproductor femenino; secreta fructosa utilizada por los espermatozoides para producir ATP. | 13) uretra |
| ___ n) su contracción y relajación acerca o aleja los testículos de la cavidad pelviana. | 14) cordón espermático |
| ___ o) sitio de la espermatogénesis. | 15) músculo cremáster |

PREGUNTAS DE RAZONAMIENTO

- Mónica, de 23 años de edad, y su esposo Guillermo están listos para formar una familia. Los dos son ciclistas y levantadores de pesas que controlan cuidadosamente su alimentación y están orgullosos de sus cuerpos ejercitados. Sin embargo, Mónica presenta dificultades para quedar embarazada. Ella no ha tenido períodos menstruales por algún tiempo, pero le dice a su doctor que ésto es normal para ella. Luego de la consulta, el doctor le comunica que debe suspender su rutina de entrenamiento y aumentar algo de peso para poder quedar embarazada. Mónica, indignadísima, piensa que ya va aumentar bastante de peso cuando esté embarazada. Explíquele a Mónica qué es lo que sucede y por qué debe aumentar de peso para poder quedar embarazada.
- El término “progesterona” significa: “para la gestación” (o embarazo). Describa cómo contribuye la progesterona a preparar el cuerpo de la mujer para el embarazo y cómo ayuda a mantenerlo.
- Luego de haber tenido cinco hijos, Isabel, la mujer de Marcos, insiste en que él se realice una vasectomía. Marcos teme ver afectado su desempeño sexual. ¿Cómo podría usted asegurarle que sus órganos reproductores continuarán funcionando bien después del procedimiento?

? RESPUESTAS DE LAS PREGUNTAS DE LAS FIGURAS

- Las gónadas (testículos) producen gametos (espermatozoides) y hormonas; los conductos transportan, almacenan y reciben los gametos; las glándulas sexuales accesorias secretan sustancias que mantienen los gametos; y el pene asiste en su expulsión y encuentro con el óvulo.
- Los músculos cremáster y dartos ayudan a regular la temperatura de los testículos.
- La túnica vaginal y la albugínea son capas de tejido que cubren y protegen los testículos.
- Las células de Leydig (intersticiales) de los testículos secretan testosterona.
- Como resultado de la meiosis I, el número de cromosomas de cada célula se reduce a la mitad.
- La cabeza del espermatozoide contiene el núcleo con 23 cromosomas altamente condensados y un acrosoma, que contiene enzimas que le permiten penetrar al ovocito secundario; el cuello contiene centriolos que forman los microtúbulos para el resto de la cola; la porción intermedia contiene mitocondrias que producen el ATP utilizado para la locomoción y el metabolismo; la porción principal y la terminal le brindan motilidad.
- Las células de Sertoli secretan inhibina.
- La testosterona inhibe la secreción de LH; la inhibina impide la secreción de FSH.
- Las vesículas seminales son glándulas sexuales accesorias que producen la mayor parte del líquido seminal.
- Ambos cuerpos cavernosos y el cuerpo esponjoso tienen senos sanguíneos que se llenan con sangre, que luego no puede salir del pene tan rápidamente como ingresa. La sangre atrapada agranda y endurece los tejidos, lo que produce la erección. El cuerpo esponjoso del pene mantiene la uretra esponjosa abierta de forma tal que sea posible la eyaculación.
- Los testículos son homólogos de los ovarios; el glande es homólogo del clítoris; la próstata es homóloga de las glándulas bulbouretrales y las glándulas bulbouretrales son homólogas de las glándulas vestibulares mayores.
- El mesoovario fija el ovario al ligamento ancho del útero y a la trompa uterina; el ligamento propio del ovario lo fija a la pared pelviana.
- Los folículos ováricos secretan estrógenos; el cuerpo lúteo secreta progesterona, estrógenos, relaxina e inhibina.
- La mayor parte de los folículos ováricos sufren atresia (degeneración).
- Los ovocitos primarios se encuentran presentes en los ovarios al momento del nacimiento, de forma tal que tienen la misma edad de la mujer. En el hombre, los espermatozoides primarios se forman continuamente a partir de células madre (espermatogonias) y por ende sólo tienen unos días de edad.
- La fecundación se produce habitualmente en la ampolla de la trompa uterina.
- Las trompas uterinas están revestidas por células epiteliales cilíndricas ciliadas y no ciliadas con microvellosidades.
- El endometrio es un epitelio secretor altamente vascularizado, que provee el oxígeno y los nutrientes necesarios para mantener al óvulo fecundado: el miometrio es una capa gruesa de músculo liso, que sostiene la pared del útero durante el embarazo y se contrae para expulsar al feto durante el parto.
- La capa basal del endometrio provee las células que reemplazan a las que se desprenden (la capa funcional), durante cada menstruación.
- Anterior al orificio vaginal, se hallan el monte del pubis, el clítoris y el orificio uretral externo. En sentido lateral, con respecto al orificio vaginal, se encuentran los labios menores y los labios mayores.
- La porción anterior del periné se denomina triángulo urogenital debido a que sus bordes forman un triángulo que rodea los orificios uretral y vaginal.
- La prolactina, los estrógenos y la progesterona regulan la síntesis de leche. La oxitocina regula la eyección láctea.
- El principal estrógeno es el β -estradiol.
- Las hormonas responsables de la fase proliferativa del crecimiento endometrial son los estrógenos, de la ovulación, la LH, del crecimiento del cuerpo lúteo, la LH, y del pico de LH en la mitad del ciclo, los estrógenos.
- El efecto de los niveles crecientes, pero moderados, de estrógenos es la inhibición de la secreción de GnRH, LH y FSH por retroalimentación negativa.
- Se trata de retroalimentación negativa porque la respuesta es opuesta al estímulo. Una menor retroalimentación negativa debida a niveles decrecientes de estrógenos y progesterona estimula la liberación de GnRH, LH y FSH.
- El gen *SRY* en el cromosoma Y es responsable de que las gónadas primitivas se diferencien en testículos.
- La presencia de dihidrotestosterona (DHT) estimula la diferenciación de los genitales externos en el hombre; su ausencia permite la diferenciación de los genitales externos en la mujer.