

SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO: ANATOMÍA

Sistema reproductor masculino. Esquema

Testículos

Epidídimos

Escroto

Pene. Erección. Eyaculación. Semen

Conductos deferentes

Vesículas seminales

Conductos eyaculadores

Glándulas genitales auxiliares: próstata y glándulas bulbouretrales

Uretra masculina

SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO. ESQUEMA

Los órganos genitales masculinos comprenden:

. Órganos genitales externos	↑ ↓	- testículos - escroto - pene
. Órganos genitales internos	↑ ↓	- conductos deferentes - vesículas seminales - conductos eyaculadores
. Glándulas genitales auxiliares	↑ ↓	- próstata - glándulas bulbouretrales

TESTÍCULOS

Los testículos son dos glándulas ovoides, una a cada lado del pene, de unos 5 cm de largo y 2,5 cm de diámetro y con un peso de 10-15 gramos, que están suspendidas dentro del escroto por el **cordón espermático**. Producen las células germinales masculinas o **espermatozoides** y las hormonas sexuales masculinas o **andrógenos**. Constituyen las **gónadas masculinas** y tienen el mismo origen embriológico que los ovarios o gónadas femeninas.

En el interior de cada testículo, los espermatozoides se forman en varios cientos de **túbulos seminíferos** que se unen para formar una red de canales que recibe el nombre de **rete testis**. Pequeños conductos conectan la rete testis con el epidídimo. Los túbulos seminíferos contienen dos tipos de células, las **células espermatogénicas**, que darán lugar a los espermatozoides y las **células de Sertoli** encargadas del mantenimiento del proceso de formación de espermatozoides o **espermatogénesis**. En el tejido conjuntivo situado en los espacios que separan a los túbulos seminíferos adyacentes hay grupos de células llamadas **células de Leydig** que secretan testosterona, el andrógeno más importante.

EPIDÍDIMOS

Los epidídimos son dos estructuras en forma de coma de unos 4 cm de longitud, cada una de las cuales se encuentra adosada a las superficies superior y posterior-lateral de cada testículo.

Cada epidídimo tiene un cuerpo que consiste en el **conducto del epidídimo** que está muy contorneado y en donde los espermatozoides son almacenados para pasar las etapas finales de su maduración, y una cola o **cola del epidídimo** que se continúa con el **conducto deferente** que transporta el esperma hacia el **conducto eyaculador** para su expulsión hacia la uretra. El epidídimo ayuda a expulsar los espermatozoides hacia el conducto deferente durante la excitación sexual por medio de contracciones peristálticas del músculo liso de su pared. Los espermatozoides pueden permanecer almacenados y viables en el epidídimo durante meses.

ESCROTO

El escroto es un saco cutáneo exterior que contiene los testículos y está situado postero-inferiormente en relación al pene e inferiormente en relación a la sínfisis del pubis. Consta de:

- **piel:** rugosa, de color oscuro
- **fascia superficial** o lámina de tejido conjuntivo que contiene una hoja de músculo liso con el nombre de **músculo dartos** cuyas fibras musculares están unidas a la piel y cuya contracción produce arrugas en la piel del escroto. La fascia superficial forma un tabique incompleto que divide al escroto en una mitad derecha y otra izquierda y cada una de ellas contiene un testículo

Asociado a cada testículo dentro del escroto, se encuentra el **músculo cremáster** que es una pequeña banda de músculo estriado esquelético que continúa al músculo oblicuo menor o interno del abdomen. La localización exterior del escroto y la contracción de sus fibras musculares regulan la temperatura de los testículos porque la producción normal de espermatozoides requiere una temperatura inferior en unos 2-3 grados a la temperatura corporal. En respuesta a las bajas temperaturas el músculo dartos se contrae con lo que se arruga la piel del escroto y se reduce la pérdida de calor y el músculo cremáster en cada lado también se contrae con lo que los testículos son acercados al cuerpo para estar cerca del calor corporal.

PENE. ERECCIÓN. EYACULACIÓN. SEMEN

El pene es el órgano de la copulación en el hombre. Sirve de salida común para la orina y el **semen** o **líquido seminal**. Consiste en un cuerpo y una raíz.

- **Cuerpo del pene:** es la parte pendular libre, cubierta por piel muy fina, de color oscuro y poco adherida. Está compuesto por tres cuerpos cilíndricos de tejido cavernoso eréctil, encerrados en una cápsula fibrosa. Dos de los cuerpos eréctiles que son **los cuerpos cavernosos**, están situados a ambos lados del pene, en la parte posterior del órgano. El otro cuerpo eréctil que es **el cuerpo esponjoso**, se encuentra anteriormente en el pene, en el plano medio, contiene la uretra esponjosa y la mantiene abierta durante la eyaculación. El dorso del pene se encuentra en posición anterior cuando el pene está flácido y su superficie anterior mira hacia atrás. Los cuerpos cavernosos están fusionados uno con otro en el plano medio y en la parte posterior se separan y forman los dos pilares que sostienen el cuerpo esponjoso que se encuentra entre ellos.
- **Raíz del pene:** es la parte superior, de sujeción del pene y contiene los dos pilares que se insertan a cada lado del arco púbico. Cada pilar del pene está rodeado por el músculo isquiocavernoso. El bulbo del pene es la porción ensanchada de la base del cuerpo esponjoso por donde penetra la uretra esponjosa en el cuerpo esponjoso, y está unido a los músculos profundos del periné. La contracción de todos estos músculos esqueléticos permite la eyaculación. El peso del cuerpo del pene está sostenido por dos ligamentos que lo sujetan a la superficie anterior de la sínfisis del pubis.

En la punta del pene, el cuerpo esponjoso forma el **glante** que cubre los extremos libres de los cuerpos cavernosos. Cerca del extremo final del glante se encuentra el orificio de la uretra esponjosa u **orificio externo de la uretra**. La piel y las fascias del pene se prolongan como una doble capa de piel dando lugar al **prepucio**, que cubre el glante en una extensión variable.

El tejido eréctil de los cuerpos cavernosos y del cuerpo esponjoso consiste en unos espacios venosos entrelazados e intercomunicados entre sí. Cuando se produce excitación sexual las fibras nerviosas parasimpáticas, que provienen de la médula espinal sacra, estimulan la producción y liberación de óxido nítrico (NO) que provoca la relajación del músculo liso de las arteriolas que proporcionan sangre a estos espacios venosos y como consecuencia la sangre fluye y los llena, de modo que los cuerpos cavernosos se agrandan y se vuelven rígidos, y el pene se pone en **erección**. El cuerpo esponjoso no se vuelve tan rígido como los cuerpos cavernosos y por tanto, la uretra esponjosa permanece abierta permitiendo el paso del semen durante la eyaculación.

Una vez que la excitación sexual termina, el pene retorna a su estado de flacidez, debido a la estimulación de las fibras nerviosas simpáticas que dan lugar a la contracción del músculo liso de esas arteriolas que entonces se cierran y ya no llega tanta sangre al tejido eréctil y el exceso de sangre ya existente es vaciado lentamente a la circulación venosa.

La **eyaculación** es la liberación brusca de semen desde la uretra al exterior debido a un reflejo simpático coordinado por la región lumbar de la médula espinal. Como parte de ese reflejo, el esfínter de músculo liso situado en la base de la vejiga urinaria se cierra, evitando que la orina sea expulsada durante la eyaculación y que el semen ingrese en la vejiga urinaria. Antes de que se produzca la eyaculación, las contracciones peristálticas del epidídimo, del conducto deferente, de las vesículas seminales, de los conductos eyaculadores y de la próstata impulsan el semen a la uretra esponjosa lo que produce la emisión de un pequeño volumen de semen antes de la eyaculación. Esta emisión también puede ocurrir durante el sueño (polución nocturna). La musculatura del pene también se contrae durante la eyaculación.

El **semen** es una mezcla de espermatozoides y líquido seminal, el cual está formado por las secreciones de los túbulos seminíferos, las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. Es decir, es una suspensión de espermatozoides en los líquidos segregados por dichas estructuras. El volumen de semen de una eyaculación normal es de unos 2,5-5 ml y contiene unos 50-150 millones de espermatozoides por cada ml.

Tiene un pH ligeramente alcalino. Las secreciones de la próstata le dan una apariencia lechosa y los líquidos de las vesículas seminales y las glándulas bulbouretrales le dan una consistencia pegajosa. El líquido seminal proporciona a los espermatozoides un medio de transporte, nutrientes y protección frente al medio ácido hostil que representan la uretra masculina y la vagina femenina.

CONDUCTOS DEFERENTES

Los conductos deferentes son 2 tubos musculares de pared gruesa que comienzan en la cola del epidídimo de cada lado y terminan en el conducto eyaculador. Transportan espermatozoides desde el epidídimo al conducto eyaculador de su lado.

El conducto deferente de cada lado asciende dentro del **cordón espermático** o estructura de sostén del aparato reproductor masculino que asciende desde el escroto, pasa al interior de la pelvis a través del conducto inguinal y contiene el conducto deferente, arterias, venas, linfáticos, nervios y el músculo cremáster. Una vez en el interior de la pelvis, el conducto deferente cruza el uréter y viaja entre el uréter y el peritoneo, después se une con el conducto de la vesícula seminal de su lado para formar el **conducto eyaculador**.

El conducto deferente transporta los espermatozoides durante la excitación sexual, desde el epidídimo hasta el conducto eyaculador, en su camino hacia la uretra, por medio de contracciones peristálticas de su pared de músculo liso. Igual que sucede con el epidídimo, el conducto deferente puede almacenar espermatozoides durante meses.

VESICULAS SEMINALES

Las vesículas seminales son 2 largos tubos de unos 15 cm. de longitud que están enrollados y forman unas estructuras ovaladas en la base de la vejiga, por delante del recto.

Sería más apropiado llamarlas glándulas seminales ya que producen una secreción espesa y alcalina que contiene fructosa, prostaglandinas y diversas proteínas, que se mezcla con el esperma a medida que éste pasa a lo largo de los conductos eyaculadores. El conducto de cada vesícula seminal se une con el conducto deferente de su lado para formar el **conducto eyaculador**.

CONDUCTOS EYACULADORES

Cada uno de los dos conductos eyaculadores es un tubo delgado, mide de 2 a 2,5 cm. de longitud y se forma cerca del cuello de la vejiga por la unión del conducto de la vesícula seminal y el conducto deferente de su lado. Ambos conductos eyaculadores viajan juntos a medida que pasan a través de la próstata y van a desembocar en la uretra prostática en donde expulsan el semen inmediatamente antes de que sea expulsado al exterior desde la uretra.

PRÓSTATA

La próstata es la mayor glándula accesoria del sistema reproductor masculino con un tamaño similar al de una pelota de golf. Se sitúa en la pelvis por debajo de la vejiga urinaria y detrás de la sínfisis del pubis y rodea la primera porción de la uretra que, por ello, se llama **uretra prostática**. Crece lentamente desde el nacimiento hasta la pubertad, luego se expande hasta los 30 años y permanece estable hasta los 45 años. A partir de esa edad, puede agrandarse y ocasionar molestias. La uretra prostática y los conductos eyaculadores pasan a través de la próstata dividiéndola en lóbulos. Existen de 20 - 30 conductillos prostáticos que desembocan en la pared posterior de la uretra prostática, ya que la mayor parte del tejido glandular se localiza posterior y lateral a la uretra prostática y por esos conductos se descarga la secreción prostática hacia la uretra y se añade al líquido seminal. El líquido prostático es lechoso y levemente ácido y contiene ácido cítrico, enzimas proteolíticos y sustancias antibióticas que contribuyen a disminuir el crecimiento de bacterias en el semen y el aparato reproductor femenino.

GLÁNDULAS BULBOURETRALES

Las glándulas bulbouretrales son 2 y tienen el tamaño de un guisante, también reciben el nombre de glándulas de Cowper. Se encuentran debajo de la próstata, póstero - laterales en relación a la uretra membranosa. Sus conductos (2 - 3 cm.) se abren en la porción superior de la uretra esponjosa. Durante la excitación sexual secretan un líquido alcalino al interior de la uretra que protege a los espermatozoides, neutralizando la acidez de la uretra y moco que lubrica el extremo del pene y las paredes de la uretra, disminuyendo el número de espermatozoides que resultan dañados por la eyaculación.

URETRA MASCULINA

La uretra masculina es un tubo muscular que transporta la orina y el semen hasta el orificio externo de la uretra o **meato uretral**, localizado en el extremo del glande. Con propósitos descriptivos, la uretra masculina se divide en 3 partes:

- Uretra prostática
- Uretra membranosa
- Uretra esponjosa

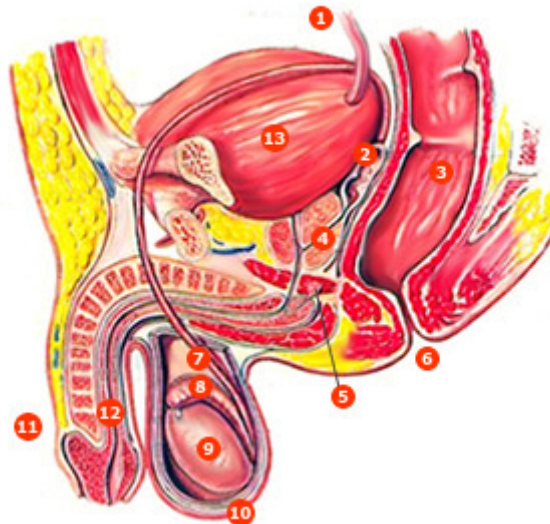
La **uretra prostática** tiene unos 3 cm de longitud y comienza en el orificio interno de la uretra, en el trígono de la vejiga. Desciende a través de la glándula prostática y en su pared posterior desembocan los conductos de la glándula prostática y los conductos eyaculadores.

La **uretra membranosa** es la porción más corta de la uretra con 1 cm de longitud aproximadamente. Está rodeada por el esfínter uretral y a cada lado se encuentra una glándula bulbouretral.

La **uretra esponjosa** es la porción más larga de la uretra con unos 15 cm de longitud y atraviesa toda la longitud del pene. Termina en el orificio externo de la uretra que comunica con el exterior y es la porción más estrecha y menos distensible de la uretra con un diámetro aproximado de unos 5 mm (!cuidado al sondar!).

En la parte superior de esta uretra desembocan los conductos de las glándulas bulbouretrales.

- 1 uréter
- 2 vesícula seminal
- 3 recto
- 4 glándula prostática
- 5 glándula bulbouretral (de Cowper)
- 6 ano
- 7 conducto deferente
- 8 epididimo
- 9 testículo
- 10 escroto
- 11 pene
- 12 uretra
- 13 vejiga urinaria



Fuente: Thibodeau GA, Patton KT. Estructura y función del cuerpo humano. 10ª ed. Madrid: Harcourt Brace; 1998. p. 384.

SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO: FISIOLÓGIA

Espermatogénesis

Espermatozoide. Estructura

Función endocrina de los testículos

Hormonas en el sistema reproductor masculino

ESPERMATOGÉNESIS

En la pubertad, las células germinales masculinas situadas en los testículos o gónadas masculinas, se activan y dan lugar al comienzo de la espermatogénesis o formación de los espermatozoides, que son los gametos masculinos. Los gametos son células sexuales especializadas (espermatozoides y ovocitos) producidas por las gónadas (masculinas y femeninas, respectivamente) que transmiten la información genética entre generaciones.

La espermatogénesis o formación de los espermatozoides, tiene lugar en los túbulos seminíferos de los testículos en donde se encuentran las células germinales en diversas fases de desarrollo. Las células germinales son células indiferenciadas llamadas **espermatogonias** que se multiplican por mitosis y contienen 46 cromosomas. Cada espermatogonia aumenta de tamaño y se convierte en un **espermatocono primario** que sigue teniendo 46 cromosomas. Al dividirse el espermatocono primario da lugar a dos **espermatoconos secundarios** cada uno de los cuales tiene ya 23 cromosomas, es decir, la mitad de la dotación genética de una célula normal. De cada espermatocono secundario se originan dos células hijas llamadas **espermátides** que también contienen 23 cromosomas. Por último, se produce la transformación de cada una de las espermátides en un **espermatozoide**. Se necesitan unos dos meses para formar un espermatozoide a partir de un espermatocono primario y este proceso solo ocurre a temperaturas inferiores a la del cuerpo humano. Por esta razón los testículos están alojados en el escroto, fuera de la cavidad abdominal. Cada día, alrededor de 300 millones de espermatozoides completan el proceso de espermatogénesis.

En la pared de los tubos seminíferos se encuentran, además, las **células de Sertoli** que proporcionan un soporte mecánico y metabólico a los espermatozoides y en el tejido conjuntivo situado entre los túbulos seminíferos se encuentran las **células de Leydig** que son las encargadas de secretar la hormona testosterona. La diferencia fundamental entre la espermatogénesis y la ovogénesis consiste en que las células germinales (las espermatogonias) del hombre continúan multiplicándose a lo largo de su vida adulta mientras que las de la mujer (ovogonias) terminan su multiplicación antes del nacimiento, quedando en la fase de ovocito primario.

Los espermatozoides y los ovocitos contienen solo 23 cromosomas, de modo que en el momento de la **fecundación** (penetración de un espermatozoide en un ovocito secundario), se formará una nueva célula, el **zigoto o huevo**, con 46 cromosomas, 23 de origen materno y 23 de origen paterno.

ESPERMATOZOIDE. ESTRUCTURA

El espermatozoide humano maduro es una célula alargada (de unas 60 micras de largo) y delgada y consiste en una **cabeza y una cola**. En la **cabeza** se encuentra el núcleo, que contiene 23 cromosomas, es decir la mitad de la dotación cromosómica completa de una célula normal, con un citoplasma y una membrana citoplasmática muy delgada a su alrededor. Sobre el exterior de los 2/3 anteriores de la cabeza se encuentra un capuchón grueso, el **acrosoma**, que contiene numerosos enzimas que ayudan al espermatozoide a penetrar en el ovocito secundario y así conseguir la fecundación. La **cola** es móvil con una gran cantidad de mitocondrias en la parte proximal, y la parte restante es, en realidad, un largo flagelo que contiene **microtúbulos** con una estructura similar a la de los cilios, que sirven para que el espermatozoide pueda avanzar, lo que realiza por medio de un movimiento flagelar de la cola a una velocidad de 1-4 mm/min. Una vez producida la eyaculación, la mayoría de espermatozoides no sobreviven más de 48 horas dentro del sistema reproductor femenino.

FUNCIÓN ENDOCRINA DE LOS TESTÍCULOS

La función principal de los testículos es la espermatogénesis pero también es un órgano endocrino cuyas células de Leydig producen y secretan la hormona **testosterona** que es un andrógeno y la principal hormona masculina aunque también se secretan otros andrógenos como la dihidroepiandrosterona (DHA) y la androstenediona. También se fabrican pequeñas cantidades de estrógenos.

Las funciones de la testosterona son:

(1) La testosterona interviene en el desarrollo embrionario del aparato genital externo masculino.

La información genética presente en las células fetales controla el desarrollo gonadal. Las gónadas se desarrollan, bajo control genético, a partir de la gónada primordial. Inicialmente esta gónada primordial, se divide en una parte externa y una parte interna, iguales para ambos sexos. En el hombre, la parte interna dará lugar al testículo. En la mujer es la parte externa la que se desarrolla y da lugar al ovario. Una vez formados, los testículos comienzan a producir testosterona, la cual influye sobre el desarrollo ulterior del aparato reproductor fetal. Para que se desarrolle el aparato genital externo del hombre solo se requiere testosterona. En ausencia de testosterona, se desarrolla el aparato genital externo de la mujer. Es decir que en la mujer, es la ausencia de testosterona lo que determina los cambios femeninos.

(2) La testosterona mantiene la espermatogénesis, actuando sobre receptores situados en las células de Sertoli.

La testosterona es incapaz de iniciar la espermatogénesis por sí sola. Controla la velocidad y el mantenimiento de la espermatogénesis actuando sobre las células de Sertoli, pero solamente cuando sobre éstas ya ha tenido lugar la acción de la **hormona folículoestimulante (FSH)** de la adenohipófisis. Por ello las células de Sertoli han de ser previamente preparadas por la acción de la FSH de la adenohipófisis.

(3) La testosterona es responsable de diversas características del sexo masculino, como algunos aspectos del comportamiento, mayor masa muscular, modificaciones de la laringe. También del desarrollo de las glándulas accesorias del tracto reproductor masculino. Asimismo contribuyen a la libido o impulso sexual.

Los andrógenos son inactivados en el hígado y los productos resultantes de su degradación son eliminados por la orina.

HORMONAS EN EL SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO

Igual que sucede en la mujer, en el sistema reproductor masculino intervienen hormonas secretadas por el hipotálamo y por la hipófisis.

La hipófisis anterior o adenohipófisis secreta unas hormonas proteicas, las **gonadotropinas**, que son de importancia fundamental para la función reproductora y,

como indica su nombre, actúan sobre las **gónadas** o glándulas sexuales: **testículos** en el hombre y **ovarios** en la mujer. Son la **hormona folículo-estimulante (FSH)** y la **hormona luteinizante (LH)**.

La secreción de las gonadotropinas depende a su vez, del hipotálamo que es una estructura que se encuentra en el sistema nervioso central y es el responsable de la secreción de la **hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)** que es transportada por la sangre hasta la adenohipófisis o hipófisis anterior, en donde, como indica su nombre, estimula la liberación de las **gonadotropinas**. La LH actúa sobre las células de Leydig provocando la liberación de testosterona. A su vez, la testosterona, cuando alcanza un determinado nivel, inhibe la secreción de LH al ejercer un efecto de control negativo, tanto sobre la adenohipófisis como sobre el hipotálamo.

Por su parte la FSH actúa de modo sinérgico con la testosterona sobre las células de Sertoli estimulando la secreción de la **proteína ligadora de andrógenos (ABP)** hacia la luz de los tubos seminíferos, alrededor de las células germinales, y como la ABP se une a la testosterona, se consiguen niveles elevados de este andrógeno localmente, para que pueda estimular la parte final del desarrollo de los espermatozoides. Una vez alcanzado el nivel adecuado de espermatogénesis, las células de Sertoli secretan una hormona llamada **inhibina** que entonces reduce la secreción de FSH, mediante un mecanismo de control negativo sobre la adenohipófisis y el hipotálamo.

- **Autora:** Julia Reiriz Palacios

- *Cargo:* Profesora Titular de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona
- *CV:* Doctora en Medicina. Especialista en Neurología. Coordinadora de la materia de Estructura y Función del Cuerpo Humano del portal de salud La Enfermera Virtual.

Bibliografía general

- Agur MR, Dalley F. Grant. Atlas de Anatomía. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- Berne RM y Levy MN. Fisiología. 3ª ed. Madrid: Harcourt. Mosby; 2001.
- Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology. Updated edition. Filadelfia (EEUU): Elsevier Saunders. 2005.
- Burkitt HG, Young B, Heath JW. Histología funcional Wheater. 3ª ed. Madrid: Churchill Livingstone; 1993.
- Costanzo LS. Fisiología. 1ª ed. Méjico: McGraw-Hill Interamericana; 2000.
- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. GRAY Anatomía para estudiantes. 1ª ed. Madrid: Elsevier; 2005.
- Fox SI. Fisiología Humana. 7ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2003.
- Fox SI. Fisiología Humana. 10ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2008.
- Gartner LP, Hiatt JL. Histología Texto y Atlas. 1ª ed. Méjico: Mc Graw Hill Interamericana; 1997.
- Guyton AC. Tratado de Fisiología Médica. 11ª ed. Madrid: Elsevier España. 2006.
- Jacob SW, Francone CA, Lossow WJ. Anatomía y Fisiología Humana. 4ª ed. Méjico: Nueva Editorial Interamericana; 1988.
- Jacob S. Atlas de Anatomía Humana. 1ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A. 2003.
- Lamb JF, Ingram CG, Johnston IA, Pitman RM. Fundamentos de Fisiología. 2ª ed. Zaragoza: Ed. Acribia,SA; 1987.
- Lumley JSP, Craven JL, Aitken JT. Anatomía esencial. 3ª ed. Barcelona: Salvat Editores S.A. 1985.
- Moore KL. Anatomía con orientación clínica. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1993.
- Netter FH. Sistema Digestivo. Conducto superior. Colección Ciba de ilustraciones médicas. 1ª ed. Barcelona: Masson-Salvat Medicina; 1981.
- Netter FH. Interactive Atlas of Human Anatomy. CIBA MEDICAL EDUCATION & PUBLICATIONS. 1995.
- Netter FH. Atlas de Anatomía Humana. 3ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2003.
- Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2002.
- Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 2ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2005.
- Rigueiro González JR, López Larrea C, González Rodríguez S, Martínez Naves E. Inmunología. Biología y patología del sistema inmune. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2002.
- Rhoades RA, Tanner GA. Fisiología médica. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson-Little, Brown, S.A. 1997.
- Schmidt RF, Thews G. Fisiología Humana. 24ª ed. Madrid: Interamericana.McGraw-Hill. 1993.
- Stevens A, Lowe J. Histología Humana. 3ªed. Madrid: Elsevier/Mosby; 2006.

- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 2ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995.
- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 4ª ed. Madrid: Ediciones Harcourt; 2000.
- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 6ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A; 2007.
- Thibodeau GA, Patton KT. Estructura y Función del cuerpo humano. 10ª ed. Madrid: Harcourt Brace; 1998.
- Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
- West JB. Bases fisiológicas de la práctica médica. 12ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1993.