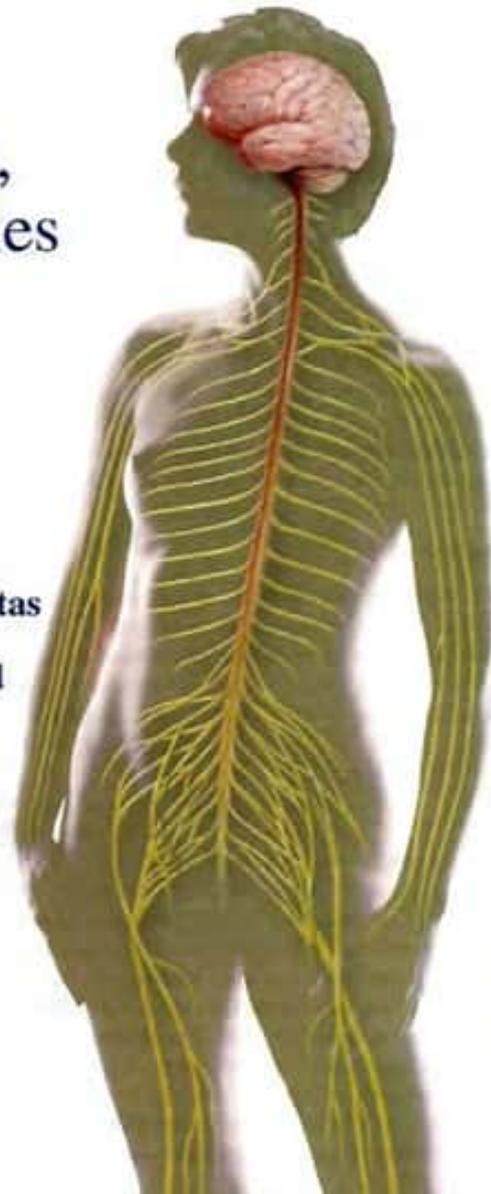


La médula espinal y los nervios espinales

La médula espinal, los nervios espinales y la homeostasis

La médula espinal y los nervios espinales contribuyen a la homeostasis proveyendo respuestas reflejas rápidas a una diversidad de estímulos. La médula espinal es la vía de comunicación de las aferencias sensoriales hacia el encéfalo y de las eferencias motoras desde el mismo.





La médula espinal y los nervios raquídeos o espinales tienen circuitos neuronales que median algunas de nuestras reacciones más rápidas a los cambios ambientales. Si tomamos un objeto caliente, por ejemplo, los músculos encargados de sujetarlo pueden relajarse y dejarlo caer incluso antes de tener conciencia del dolor o de la temperatura extrema de aquél. Éste es un ejemplo de un reflejo medular: una respuesta automática, rápida a cierta clase de estímulos, en la que intervienen únicamente neuronas de la médula y de los nervios raquídeos. Además del procesamiento de los reflejos, la sustancia gris de la médula espinal también es el sitio en donde se integran (suman) los potenciales

excitatorios postsinápticos (PEPS) y los potenciales inhibitorios postsinápticos (PIPS), que se explicaron en el capítulo 12. Estos potenciales graduados se originan cuando las moléculas neurotransmisoras interactúan con su receptor a nivel de las sinapsis en la médula espinal. La sustancia blanca contiene alrededor de una docena de tractos sensitivos y motores, que funcionan a modo de "vías" a lo largo de los cuales la información sensorial aferente llega al encéfalo, y por medio de los cuales la información motora parte de éste hacia los efectores en los tejidos. Recuerden que la médula espinal es una continuación del encéfalo y que en conjunto forman el sistema nervioso central (SNC).

ANATOMÍA DE LA MÉDULA ESPINAL

▶ OBJETIVOS

Describir las estructuras de protección y las características anatómicas macroscópicas de la médula espinal.

Describir cómo están conectados los nervios raquídeos con la médula espinal.

Estructuras de protección

Están representadas por dos tipos de cubiertas de tejido conectivo —las vértebras y el tejido conectivo meníngeo— más un amortiguador, el líquido cefalorraquídeo (producido por el encéfalo), que rodea y protege al delicado tejido nervioso de la médula espinal.

La columna vertebral

La médula espinal está alojada en el conducto vertebral de la columna vertebral. Como se explicó en el capítulo 7, el conducto vertebral está formado por la superposición vertical de los forámenes o agujeros vertebrales. (fig. 13-1c). Los ligamentos vertebrales, las meninges y el líquido cefalorraquídeo constituyen una protección adicional.

Meninges

Las meninges son tres capas de tejido conectivo que revisten a la médula espinal y el encéfalo. Las meninges espinales rodean a la médula (fig. 13-1a) y se continúan con las meninges craneales, las cuales envuelven al encéfalo (véase fig. 14-4a). La más superficial de las tres meninges espinales es la duramadre, compuesta por tejido conectivo denso irregular. Forma un saco desde el nivel del foramen magno (agujero occipital) —donde se continúa con la duramadre cerebral— hasta la segunda vértebra sacra. La médula espinal también se encuentra protegida por un colchón de grasa y de tejido conectivo que se localiza en el espacio o cavidad epidural, comprendido entre la duramadre y la pared del conducto vertebral (fig. 13-1c).

La meninge media es una membrana avascular denominada aracnoides (de *arakhnoídees*, parecido a una araña) por la disposición similar a la de una tela de araña, que presentan las delicadas fibras colágenas y algunas fibras elásticas. Se encuentra por dentro de

la duramadre y se continúa con la aracnoides del cerebro. Entre la duramadre y la aracnoides se halla el estrecho espacio subdural, que contiene líquido intersticial.

La más interna de las meninges es la piamadre (de *pia*, tenue), una fina y transparente capa de tejido conectivo que se adhiere a la superficie de la médula espinal y al encéfalo. Está compuesta por manojos intercalados de fibras colágenas y algunas finas fibras elásticas. En la piamadre hay gran cantidad de vasos sanguíneos que abastecen de oxígeno y de nutrientes a la médula espinal. Entre la aracnoides y la piamadre se halla el espacio subaracnoideo, que contiene líquido cefalorraquídeo.



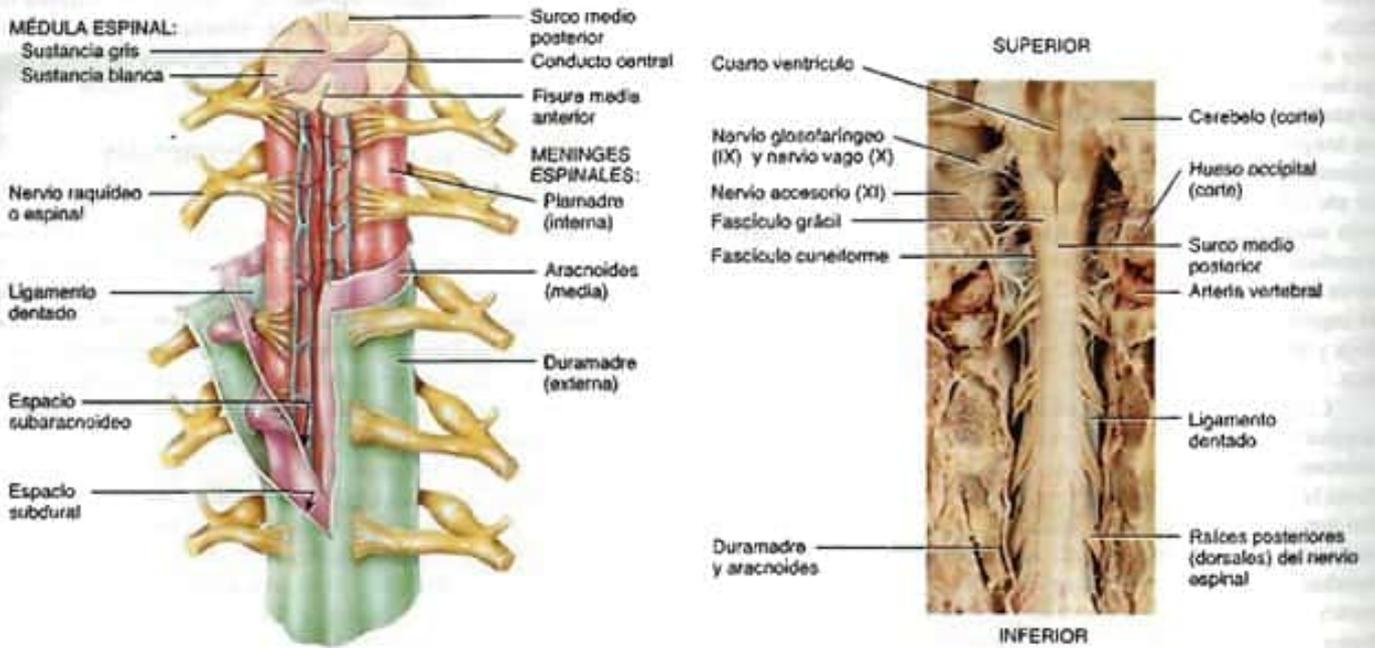
Punción lumbar

En la punción lumbar se administra un anestésico local y se inserta luego una aguja larga en el espacio subaracnoideo. En los adultos se realiza normalmente entre la tercera y la cuarta vértebra lumbar o entre la cuarta y la quinta. Como esta región se encuentra por debajo de la parte inferior de la médula espinal, suministra un acceso relativamente seguro (la línea que une los puntos más altos de las crestas ilíacas, pasa por la apófisis espinosa de la cuarta vértebra lumbar). Este procedimiento se utiliza para la extracción de líquido cefalorraquídeo (LCR) con fines diagnósticos, para la administración de antibióticos, medios de contraste mielográficos, anestésicos o agentes quimioterápicos, para medir la presión del LCR y para evaluar los efectos del tratamiento de ciertas enfermedades como la meningitis. ■

Las tres capas meníngeas cubren las raíces de los nervios espinales hasta el punto de donde emergen de la columna a través de los forámenes intervertebrales o de conjunción. Como veremos más adelante en este capítulo, las raíces de los nervios espinales son estructuras que los conectan con la médula espinal. Unas extensiones membranosas triangulares de la piamadre mantienen suspendida a la médula en el medio de la vaina dural. Estas extensiones, llamadas ligamentos dentados, son engrosamientos de la piamadre. Se proyectan lateralmente fusionándose con la aracnoides y con la superficie interna de la duramadre entre las raíces anteriores y posteriores de los nervios raquídeos de cada lado (fig. 13-1a y b). Extendiéndose a lo largo de la médula espinal, los ligamentos dentados la protegen de posibles desplazamientos súbitos que pueden ocasionar un shock.

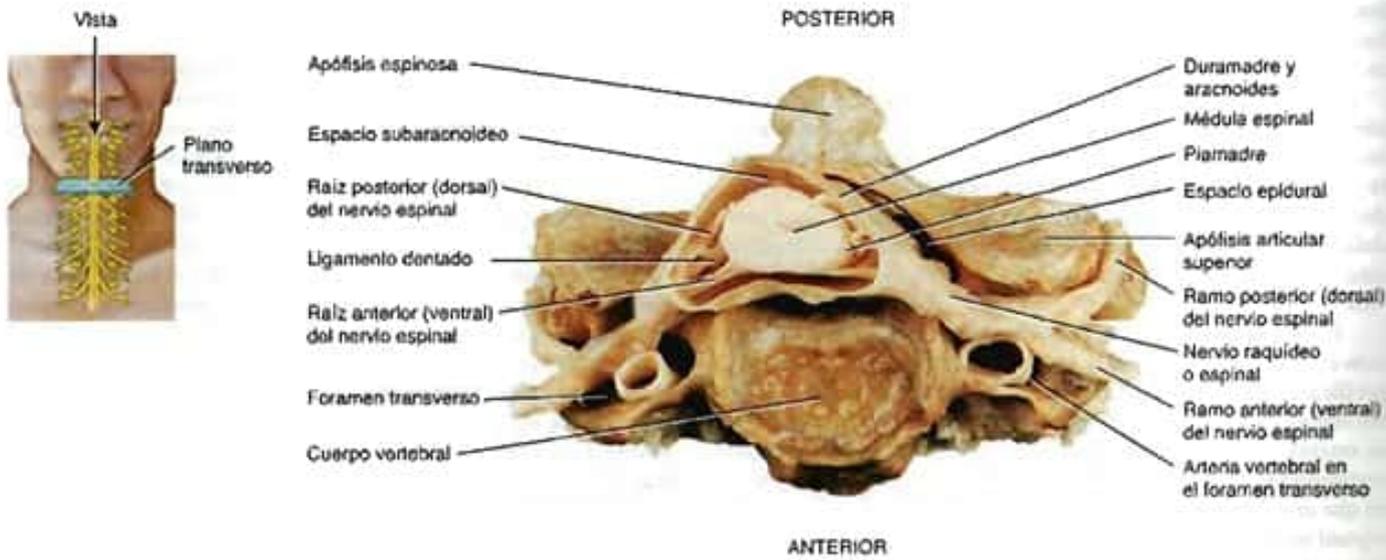
Fig. 13-1 Anatomía macroscópica de la médula espinal. Las meninges son evidentes en las partes (a) y (c).

Las meninges son envolturas de tejido conectivo que rodean a la médula espinal y al encéfalo.



(a) Vista anterior y sección transversal de la médula espinal

(b) Vista posterior de la región cervical de la médula espinal



(c) Sección transversal de la médula espinal en una vértebra cervical

¿Cuáles son los límites superior e inferior de la duramadre espinal?

Anatomía externa de la médula espinal

La **médula espinal**, casi cilíndrica, presenta un ligero aplastamiento antero-posterior. En los adultos, se extiende a partir del bulbo raquídeo, la parte inferior del encéfalo, hasta el borde superior de la segunda vértebra lumbar (fig. 13-2). En los neonatos llega hasta la tercera o cuarta vértebra lumbar. Durante la niñez temprana, tanto la médula espinal como la columna vertebral crecen en longitud como parte del desarrollo total del cuerpo. El alargamiento de la médula espinal se detiene alrededor del cuarto o quinto año de vida, pero la columna vertebral continúa creciendo. De esta manera, la médula no ocupa toda la longitud de la columna vertebral en el adulto. La longitud de la médula espinal de un adulto es de unos 42 a 45 cm. Su diámetro se aproxima a los 2 cm en la región torácica media, es algo más ancha en la región cervical baja y la región lumbar media, y algo menor en su segmento inferior.

Cuando se observa a la médula espinal, se aprecian dos engrosamientos importantes. El superior, llamado **engrosamiento o intumescencia cervical**, se extiende desde la cuarta vértebra cervical hasta la primera vértebra torácica y corresponde a la terminación de los nervios provenientes del miembro superior y el origen de los nervios que se dirigen a éste. El **engrosamiento o intumescencia lumbar** se extiende desde la novena hasta la duodécima vértebra torácica y en éste nacen y terminan los nervios de los miembros inferiores.

Por debajo del engrosamiento lumbar, la médula espinal se adelgaza en una estructura cónica, el **cono medular**, que termina a nivel del disco intervertebral entre la primera y la segunda vértebra lumbar. A partir del cono medular se origina el **filum terminal** (filamento terminal), una prolongación de la piamadre que se extiende en sentido caudal y fija la médula espinal al cóxis.

Puesto que la médula espinal es más corta que la columna vertebral, los nervios que emergen de aquella en las regiones lumbar, sacra y cóxigea no abandonan la columna vertebral a la misma altura que salen de la médula espinal. Las raíces de los nervios raquídeos tienen una angulación inferior en la región terminal de la médula espinal a modo de mechones de cabello. Por ello, la denominación más apropiada para esta disposición de las raíces de esos nervios es la de **cola de caballo** (fig. 13-2).

Los **nervios espinales o raquídeos** son las vías de comunicación entre la médula espinal y los nervios que inervan regiones específicas del cuerpo. La organización de la médula espinal parece ser segmentaria, ya que los 31 pares de nervios espinales que de ella se originan emergen a intervalos regulares de los forámenes intervertebrales (fig. 13-2). En efecto, cada par de nervios espinales se dice que emerge de un **segmento espinal**. Es obvio que en la médula espinal no hay segmentación alguna pero, por conveniencia, los nervios se designan según los segmentos en los cuales se originan. Hay 8 pares de **nervios cervicales** (representados en la figura 13-2 como C1-C8), 12 pares de **nervios torácicos** (T1-T12), 5 pares de **nervios lumbares** (L1-L5), 5 pares de **nervios sacros** (S1-S5) y 1 par de **nervios cóxigeos** (Co1).

Dos haces de axones, llamados **raíces**, unen cada nervio espinal con un segmento medular (véase fig. 13-3a). La **raíz posterior (dorsal)** contiene sólo axones sensitivos, los cuales conducen impul-

sos desde los receptores localizados en la piel, músculos y órganos internos hacia el sistema nervioso central. Cada raíz posterior presenta un engrosamiento, el **ganglio de la raíz posterior (dorsal)**, **ganglio sensitivo** o **ganglio raquídeo**, que contiene los cuerpos de las neuronas sensitivas. La **raíz anterior (ventral)** contiene los axones de las neuronas motoras, que conducen impulsos nerviosos desde el SNC hacia los órganos y células efectoras.



Lesión de la raíz de los nervios espinales

Como se acaba de exponer, las raíces de los nervios raquídeos o espinales emergen del conducto vertebral a través de los agujeros de conjunción o forámenes intervertebrales. La causa más común de **lesión de la raíz de los nervios espinales** es la hernia de los discos intervertebrales. El daño de las vértebras como resultado de osteoporosis, artrosis, cáncer o traumatismos puede también llevar a la lesión de las raíces de estos nervios. Los síntomas que la acompañan son dolor, debilidad muscular y pérdida de la sensibilidad. Entre los tratamientos conservadores que se emplean con mayor frecuencia se hallan el reposo, la fisioterapia, los analgésicos y las inyecciones epidurales. Se recomienda primero una terapia conservadora de 6 a 12 semanas de duración. Si el dolor continúa, se intensifica o conlleva deterioro de la actividad normal, el paso siguiente es por lo general la cirugía. ■

Anatomía interna de la médula espinal

Dos surcos se introducen en la sustancia blanca de la médula espinal y la dividen en dos sectores, uno derecho y otro izquierdo (fig. 13-3). La **fisura media anterior** es una hendidura ancha y profunda en la zona anterior (ventral). El **surco medio posterior** es una depresión más superficial y estrecha que se encuentra en la zona posterior (dorsal). La sustancia gris de la médula espinal tiene la forma de una letra H o de mariposa, y se halla rodeada de sustancia blanca. La sustancia gris consiste en dendritas y cuerpos neuronales, axones amielínicos y neuroglia. La sustancia blanca está constituida principalmente por haces de axones neuronales mielínicos. La **comisura gris**, forma la barra transversal de la H. En el centro de la comisura gris se encuentra un pequeño espacio, denominado **conducto central o del epéndimo**, que se extiende a lo largo de toda la médula y está lleno de líquido cefalorraquídeo. En su extremo superior, el conducto central se continúa con el cuarto ventrículo (un espacio que contiene líquido cefalorraquídeo) del bulbo raquídeo. Anterior a la comisura gris, se encuentra la **comisura blanca anterior (ventral)**, que conecta la sustancia blanca de los sectores izquierdo y derecho de la médula espinal.

En la sustancia gris de la médula y del encéfalo, agrupamientos de cuerpos neuronales forman grupos funcionales conocidos como **núcleos**. Los **núcleos sensitivos** reciben información de los receptores correspondientes por medio de las neuronas sensitivas, y los **núcleos motores** envían información a los tejidos efectores a través de las neuronas motoras o motoneuronas. La sustancia gris a cada lado de la médula espinal se halla subdividida en regiones llamadas **astas**. Las **astas grises anteriores (ventrales)** contienen los núcleos motores somáticos, que generan impulsos nerviosos para la contrac-

Fig. 13-2 Anatomía externa de la médula espinal y de los nervios espinales. (Véase Tortora, *A Photographic Atlas of de Human Body*, Segunda Edición, figura 8-3.)



La médula espinal se extiende desde el tronco del encéfalo hasta el borde superior de la segunda vértebra lumbar.

PLEXO CERVICAL (C1–C5):

- Nervio occipital menor
- Asa cervical
- Nervio cervical transverso
- Nervio supraclavicular
- Nervio frénico

PLEXO BRAQUIAL (C5–T1):

- Nervio musculocutáneo
- Nervio axilar
- Nervio mediano
- Nervio radial
- Nervio cubital

Nervios intercostales

Nervio subcostal (12° nervio intercostal)

LUMBAR PLEXUS (L1–L4):

- Nervio iliohipogástrico
- Nervio ilioinguinal
- Nervio genitofemoral
- Nervio femoral
- Nervio femoral cutáneo externo (femorocutáneo)
- Nervio femoral
- Nervio obturador

PLEXO SACRO (L4–S4):

- Nervio glúteo superior
- Nervio glúteo inferior
- Nervio ciático:
- Nervio peroneo común
- Nervio tibial
- Nervio cutáneo posterior del muslo
- Nervio pudendo

C1

C2

C3

C4

C5

C6

C7

C8

T1

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

T9

T10

T11

T12

L1

L2

L3

L4

L5

S1

S2

S3

S4

S5

Bulbo raquídeo

Atlas (primera vértebra cervical)

NERVIOS CERVICALES (8 pares)

Engrosamiento o intumescencia cervical

Primera vértebra torácica

NERVIOS TORÁCICOS (12 pares)

Engrosamiento o intumescencia lumbar

Primera vértebra lumbar
Corno medular

NERVIOS LUMBARES (5 pares)

Cola de caballo

Ilion

Sacro

NERVIOS SACROS (5 pares)

NERVIOS COXÍGEOS (1 par)

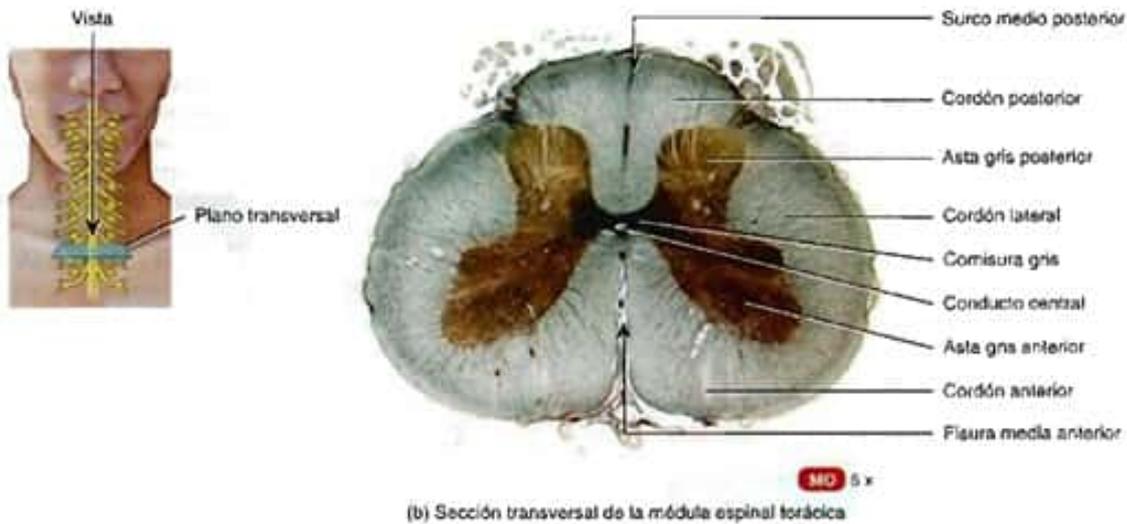
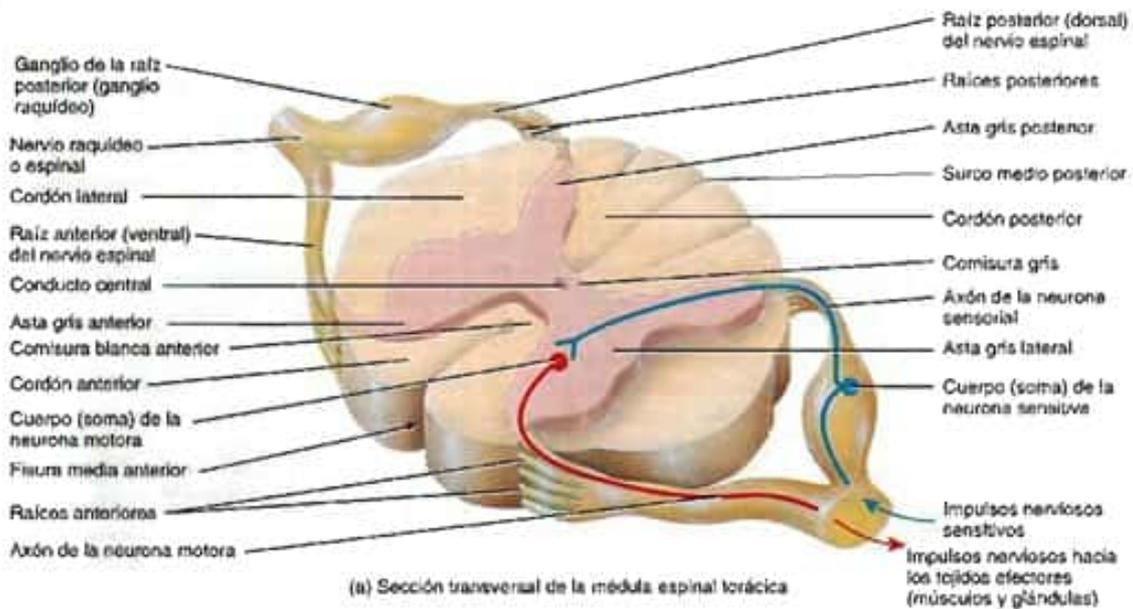
Filum terminal

Vista posterior completa de la médula espinal y porciones de los nervios espinales

¿Qué porción de la médula espinal está conectada con los nervios espinales correspondientes al miembro superior?

Fig. 13-3 Anatomía interna de la médula espinal: organización de la sustancia gris y de la sustancia blanca. Para mayor simplicidad, las dendritas no se muestran en esta figura, ni en otras ilustraciones en las que se represente un corte transversal de la médula espinal. Las flechas azules y rojas en (a) indican la dirección en la que se propagan los impulsos nerviosos.

En la médula espinal, la sustancia blanca rodea a la sustancia gris.



¿Cuál es la diferencia entre un asta y un cordón en la médula espinal?

ción de los músculos esqueléticos. Las **astas grises posteriores (dorsales)** contienen los núcleos sensitivos somáticos y autónomos. Entre las astas anteriores y posteriores se hallan las **astas grises laterales** en los segmentos torácicos bajo, lumbar y sacro de la médula espinal. Las astas laterales contienen los núcleos motores autóno-

mos que regulan la actividad de los músculos lisos, el músculo cardíaco y las glándulas.

La sustancia blanca, al igual que la sustancia gris, está organizada en regiones. Las astas anteriores y posteriores dividen a la sustancia blanca de cada lado en tres áreas anchas denominados

cordones: 1) cordones anteriores (ventrales), 2) cordones posteriores (dorsales), y 3) cordones laterales. Cada cordón, por su parte, contiene fascículos de axones que tienen un origen o un destino común y que llevan información similar. Pueden extenderse a distancia hacia arriba o hacia abajo en la médula espinal, y se denominan **tractos o haces**. Los tractos son manojos de axones en el SNC, en tanto que en el SMP constituyen los nervios. Los **tractos sensoriales (ascendentes)** consisten en axones que conducen los impulsos nerviosos hacia el cerebro. Los tractos que llevan impulsos nerviosos desde el cerebro se denominan **tractos motores (descendentes)**. Los tractos motores y sensitivos de la médula espinal se continúan con los tractos motores y sensitivos del encefalo.

Los diferentes segmentos de la médula espinal varían en tamaño, forma, cantidad relativa de sustancias gris y blanca, y en la forma y distribución de la sustancia gris. Estas características se resumen en el **cuadro 13-1**.

► PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Dónde se localizan las meninges espinales? ¿Dónde se encuentran los espacios epidural, subdural y subaracnoideo?
2. ¿Cuáles son los engrosamientos o intumescencias o cervical y lumbar?
3. Definir cono medular, filum terminal y cola de caballo. ¿Qué es un segmento espinal? ¿Cómo está dividida parcialmente la médula en los sectores derecho e izquierdo?
4. ¿Qué significa cada uno de los siguientes términos: comisura gris, conducto central, asta gris anterior, asta gris posterior, asta gris lateral, cordón anterior, cordón lateral, cordón posterior, tracto ascendente y tracto descendente?

CUADRO 13-1 Comparación de los diferentes segmentos espinales

| Segmento | Características distintivas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cervical  (Segmento C1) (Segmento C8) | Diámetro relativamente grande, con cantidades apreciables de sustancia blanca, de forma oval; en los segmentos cervicales superiores (C1-C6) el asta gris posterior es grande, mientras que el asta gris anterior es relativamente pequeña; en los segmentos cervicales inferiores (de C6 en adelante) las astas grises posteriores están agrandadas y las astas grises anteriores están bien desarrolladas |
| Torácico  (Segmento T2) | Su diámetro es menor por las cantidades relativamente menores de sustancia gris; con excepción del primer segmento torácico, las astas grises anteriores y posteriores son relativamente pequeñas; también se encuentra presente una pequeña asta gris lateral |
| Lumbar  (Segmento L4) | De forma casi circular; las astas grises anteriores y posteriores son de gran tamaño, la cantidad de sustancia blanca es relativamente menor que en los segmentos cervicales |
| Sacro  (Segmento S3) | Relativamente pequeño, pero con abundante cantidad de sustancia blanca; la sustancia gris es escasa; las astas grises anteriores y posteriores son grandes y gruesas |
| Coxígeo | Se asemeja a los segmentos espinales sacros inferiores, pero es de mucho menor tamaño. |