

SECCIÓN III MÉDULA ESPINAL Y COLUMNA VERTEBRAL

C A P Í T U L O

5

Médula espinal

La médula espinal proporciona un cauce de información crucial que conecta al cerebro con la mayor parte del cuerpo. Es el blanco de varios procesos patológicos, algunos de los cuales (p. ej., compresión de la médula espinal) se pueden tratar, pero progresan con rapidez si no reciben tratamiento. Los errores en el diagnóstico de algunos trastornos de la médula espinal, como la compresión ya mencionada, pueden ser catastróficos y quizá releguen al paciente a una vida de parálisis. Resulta esencial el conocimiento de la arquitectura de la médula y de sus membranas, así como también de los tractos de fibras y grupos celulares que la forman.

DESARROLLO

Diferenciación

Aproximadamente a la tercera semana del desarrollo prenatal, el ectodermo del disco embrionario forma la **placa neural**, que se dobla en los bordes para formar el **tubo neural (eje cerebromedular)**. Un grupo de células migra para formar la **cresta neural**, que da lugar a los ganglios dorsales y autónomos, la médula suprarrenal y otras estructuras (figura 5-1). La porción media del tubo neural se cierra primero; las aberturas en cada extremo se cierran posteriormente.

Las células en la pared del tubo neural se dividen y diferencian, formando la capa ependimaria que envuelve al canal central y está rodeada por zonas intermedias (manto) y marginales de neuronas primitivas y células gliales (figuras 5-1 y 5-2). La zona del manto se diferencia en una **placa alar**, que contiene principalmente neuronas sensoriales, y una **capa basal**, que contiene en su mayor parte neuronas motoras. Estas dos regiones están divididas por el **surco limitante**, el cual se halla en la pared del canal central (figura 5-1D). La placa alar se diferencia en la columna gris dorsal; la placa basal se convierte en la columna gris ventral. Las proyecciones de la zona del manto y otras células están contenidas en la zona marginal, que se convierte en la sustancia blanca de la médula espinal (figura 5-2A).

Una capa de recubrimiento formada por células ectodérmicas alrededor de la médula primitiva forma las dos meninges internas: la aracnoides y la piamadre (pía) (figura 5-2B). La cubierta externa más gruesa, la duramadre (dura), está formada de mesénquima.

ANATOMÍA EXTERNA DE LA MÉDULA ESPINAL

La médula espinal ocupa los dos tercios superiores del canal espinal adulto dentro de la columna vertebral (figura 5-3). La médula es normalmente de 42 a 45 cm de longitud en los adultos y es continua con el bulbo raquídeo en el extremo superior. El **cono medular** es el extremo cónico distal (inferior) de la médula espinal. En los adultos, el cono termina al nivel de L1 o L2 de la columna vertebral.

El **filum terminale** se extiende de la punta del cono y se adhiere al saco dural distal. El **filum terminale** consiste en piamadre y fibras gliales y, con frecuencia, contiene una vena.

CORRELACIONES CLÍNICAS

El cierre inadecuado del tubo neural en el extremo craneal produce **anencefalia**, un tipo de desarrollo deficiente del cerebro y cráneo que es incompatible con la vida. La falla en el cierre en el extremo caudal produce **espina bífida**, que se asocia con desarrollo inadecuado de las vértebras (véase figura 6-9).

A veces las meninges se abultan y forman un saco, o **meningocele**, que se asocia con un defecto en las vértebras que lo cubren. Si tal saco contiene tejido neural, es **mielomeningocele** y se asocia con alteraciones graves de la función.

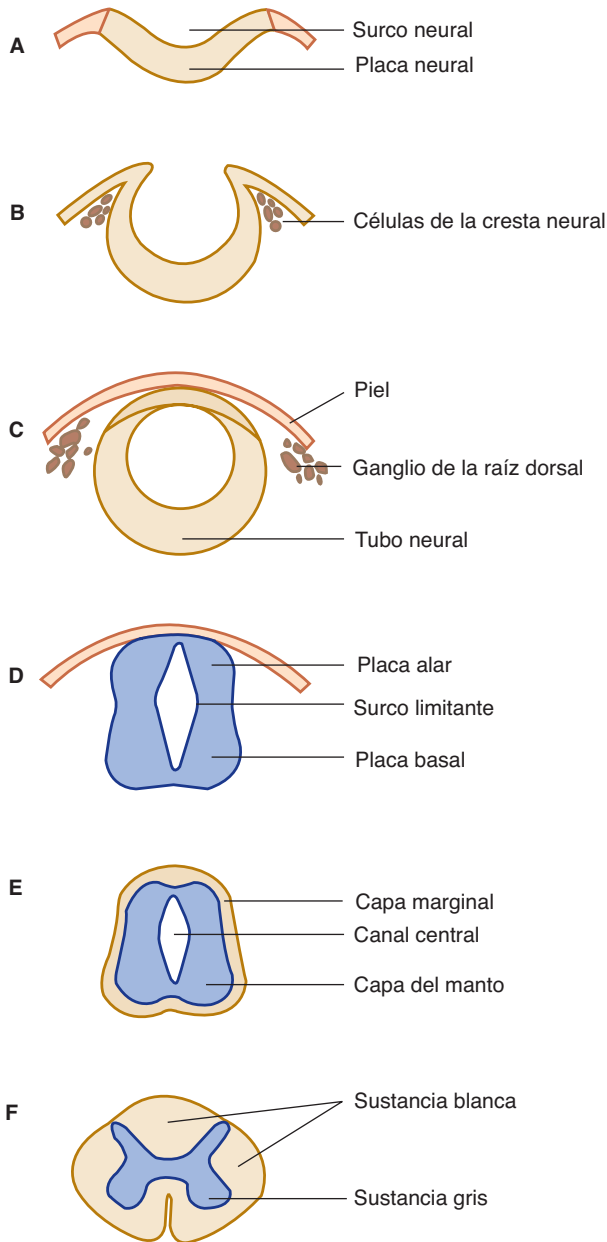


FIGURA 5-1 Cortes transversales esquemáticos (A-F) que muestran el desarrollo de la médula espinal.

El **canal central** está recubierto con células endoteliales y lleno de líquido cefalorraquídeo. Su abertura superior da a la porción inferior del cuarto ventrículo.

Ensanchamientos

La médula espinal se amplía lateralmente en el **ensanchamiento cervical** y el **ensanchamiento lumbosacro** (figura 5-3). Este último se reduce para formar el cono medular. Los ensanchamientos de la médula espinal contienen números cada vez mayores de neuronas motoras inferiores (NMI) y proporcionan los orígenes de los nervios para las extremidades superiores e inferiores. Los nervios del plexo braquial se originan en el ensanchamiento cervical; los nervios en el plexo lumbosacro surgen del agrandamiento lumbar.

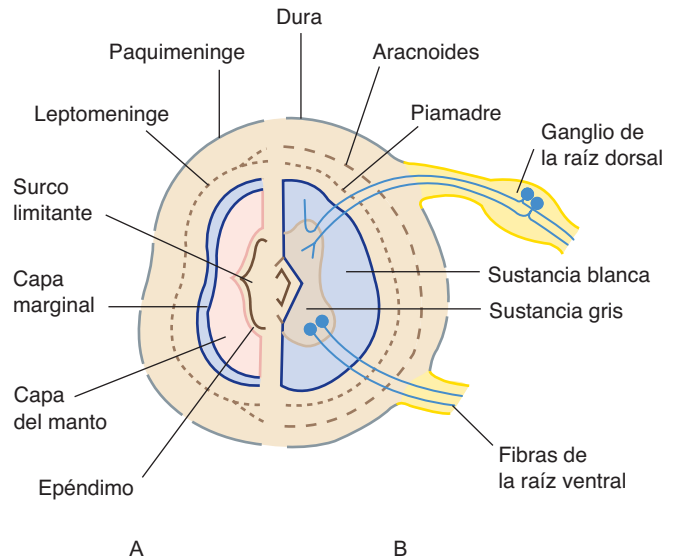


FIGURA 5-2 Corte transversal que muestra dos fases en el desarrollo de la médula espinal (cada mitad muestra una fase). **A:** Fase inicial. **B:** Fase posterior con cavidad central.

Segmentos

La médula espinal se divide en unos 30 segmentos (véanse figura 5-3 y apéndice C): 8 segmentos **cervicales** (C), 12 segmentos **torácicos** (T) (denominados dorsales en algunos textos), 5 segmentos **lumbares** (L), 5 segmentos **sacros** (S) y unos cuantos segmentos pequeños **coccígeos** (Co), que corresponden a las uniones de grupos de raíces nerviosas (figuras 5-3 y 5-4). No existen límites definidos entre los segmentos dentro de la médula en sí.

Debido a que la médula espinal es más corta que la columna vertebral, cada segmento de médula a niveles inferiores se localiza por encima del cuerpo vertebral con un número similar. La relación entre los segmentos de la médula espinal y los cuerpos vertebrales se muestra en el cuadro 5-1 y en la figura 5-4.

Divisiones longitudinales

Un corte transversal de la médula espinal muestra una profunda **cisura mediana anterior** y un **surco mediano** (o **dorsal posterior**) superficial, que dividen la médula en mitades derecha e izquierda simétricas unidas en la porción media central (figura 5-5). La cisura mediana anterior contiene un pliegue de pia y vasos sanguíneos; su piso es la **comisura blanca anterior** (o **ventral**) (un nombre incorrecto porque no hay fibras que se crucen en este sitio). Las raíces nerviosas dorsales están unidas a la médula espinal siguiendo la hendidura vertical superficial, el **surco posterolateral**, el cual descansa a poca distancia anterior al surco mediano posterior. Las raíces nerviosas ventrales salen por el **surco anterolateral**.

Nota sobre terminología: En las descripciones acerca de la médula espinal, los términos *ventral* y *anterior* se utilizan en forma indistinta. De manera similar, *dorsal* y *posterior* tienen el mismo significado cuando se refieren a la médula espinal y sus tractos; por ejemplo, los cordones dorsales se conocen a veces como cordones posteriores.

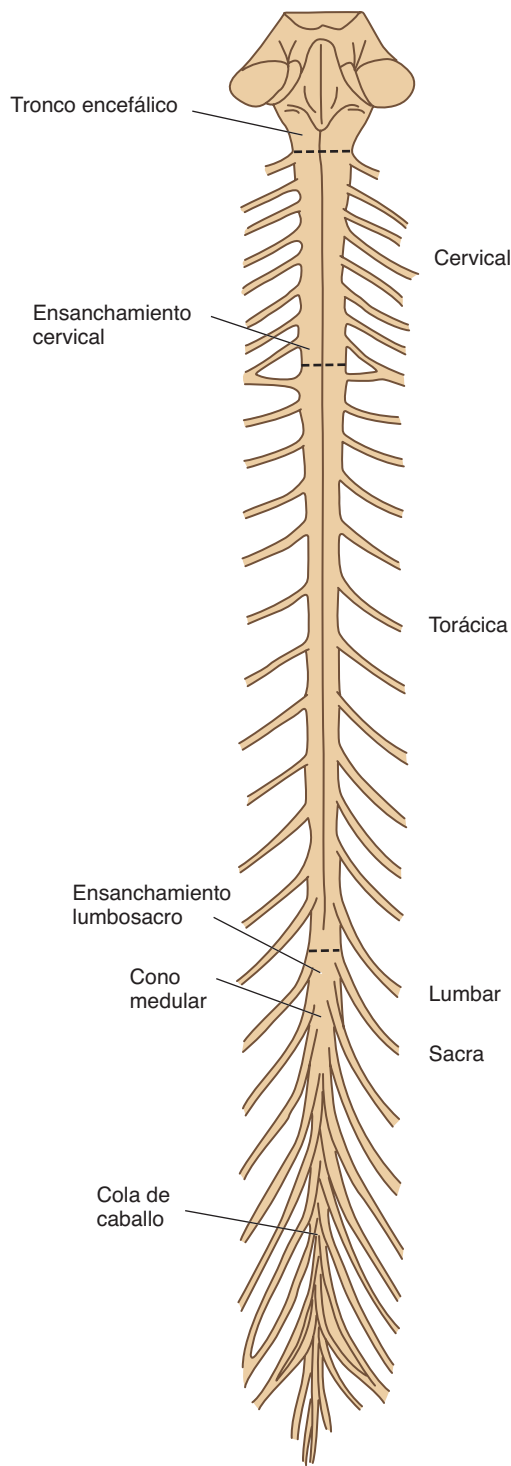


FIGURA 5-3 Esquema de vista dorsal de la médula espinal aislada y de los nervios espinales.

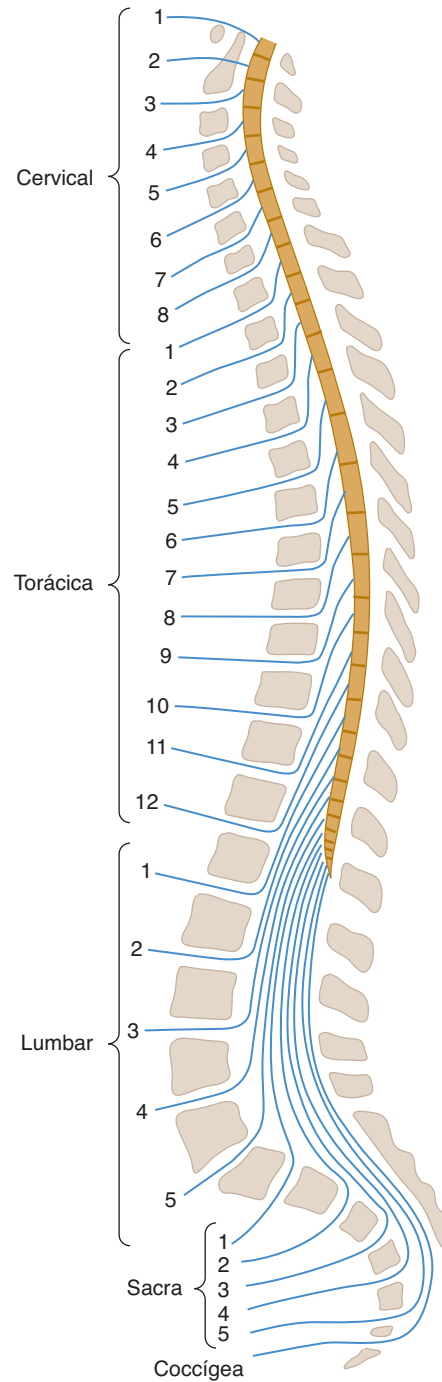


FIGURA 5-4 Ilustración esquemática de la relación entre la columna vertebral, la médula espinal y los nervios espinales. Nótese la desigualdad entre la ubicación de los segmentos de la médula espinal y el nivel vertebral donde salen las raíces desde la columna. Nótese también la terminación de la médula espinal al nivel de los cuerpos espinales L1 o L2.

CUADRO 5-1 Relaciones anatómicas de la médula espinal y columna vertebral en adultos.

Segmentos de médula	Cuerpos vertebrales	Procesos espinosos
C8	C6 inferior y C7 superior	C6
T6	T3 inferior y T4 superior	T3
T12	T9	T8
L5	T11	T10
S	T12 y L1	T12 y L1

RAÍCES Y NERVIOS ESPINALES

Cada segmento de la médula espinal se asocia con cuatro raíces: una raíz ventral y una dorsal a la izquierda y un par similar a la derecha (figura 5-5). En general, el primer segmento cervical carece de raíces dorsales.

Cada uno de los 31 pares de nervios espinales tiene una raíz ventral y una dorsal; cada raíz está formada por 1 a 8 raicillas (figura 5-6). Cada raíz consiste en haces de fibras nerviosas. En la raíz dorsal de un nervio espinal típico, cerca de la unión con la raíz ventral, se encuentra un **ganglio (espinal) de la raíz dorsal**, un abultamiento que contiene cuerpos de células nerviosas. La porción de un nervio espinal fuera de la columna vertebral se conoce en ocasiones como **nervio periférico**. Los nervios espinales se dividen en grupos que corresponden a los segmentos de la médula espinal (figura 5-4).

La **columna vertebral** rodea y protege a la médula espinal y por lo normal consiste en 7 vértebras cervicales, 12 torácicas y 5 lumbares, al igual que del sacro, que en general está formado por la fusión de 5 vértebras, y el cóccix. Las raíces nerviosas salen de la columna vertebral a través del **agujero intervertebral**. En la columna cervical, las raíces numeradas salen de la columna vertebral *arriba* del cuerpo vertebral correspondiente. La raíz de C8 sale entre los cuerpos vertebrales C7 y T1. En las partes inferiores de la columna, las raíces numeradas salen *debajo* del cuerpo vertebral con el número correspondiente.

La médula espinal misma es más corta que la columna vertebral y en general termina en L1-2. La anatomía de la columna se analiza más a fondo en el capítulo 6.

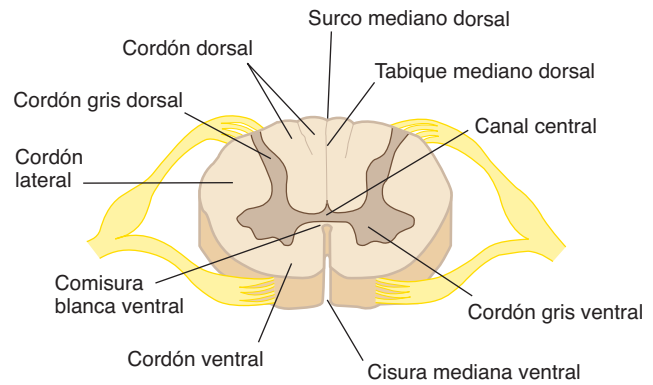


FIGURA 5-5 Anatomía de la médula espinal mostrada en un corte transversal. Nótese que los términos “dorsal” y “posterior” se emplean en forma indistinta, lo mismo que “ventral” y “anterior”.

Dirección de las raíces

Hasta el tercer mes de vida fetal, la médula espinal es tan larga como el canal vertebral. Después de ese momento, la columna vertebral se extiende con más rapidez que la médula de modo que, al nacer, la médula se extiende aproximadamente al nivel de la tercera vértebra lumbar. En adultos, el extremo de la médula suele hallarse al nivel de la primera o segunda vértebra lumbar. Debido a las diferentes tasas de crecimiento de la médula y columna, los segmentos de médula se desplazan hacia arriba con respecto a sus vértebras correspondientes, con la mayor discrepancia en los segmentos inferiores (figura 5-4). En la región lumbosacra, las raíces nerviosas descienden casi verticalmente por debajo de la médula para formar la **cola de caballo (cauda equina)** (figuras 5-3 y 5-4).

Raíces ventrales

Las raíces ventrales (o anteriores) constituyen vías de salida motora de la médula espinal. Las raíces ventrales llevan axones de gran diámetro de neuronas motoras alfa hacia las fibras extrafusales del músculo estriado; axones más pequeños de las neuronas motoras gamma que inervan al músculo intrafusar de los husos musculares (figura 5-7); fibras autónomas preganglionares en los niveles torácico, lumbar superior y sacro intermedio (véase capítulo 20); y unos cuantos axones aferentes de diámetro pequeño que provienen de células en los ganglios de la raíz dorsal y que transmiten información sensorial de las vísceras torácicas y abdominales.

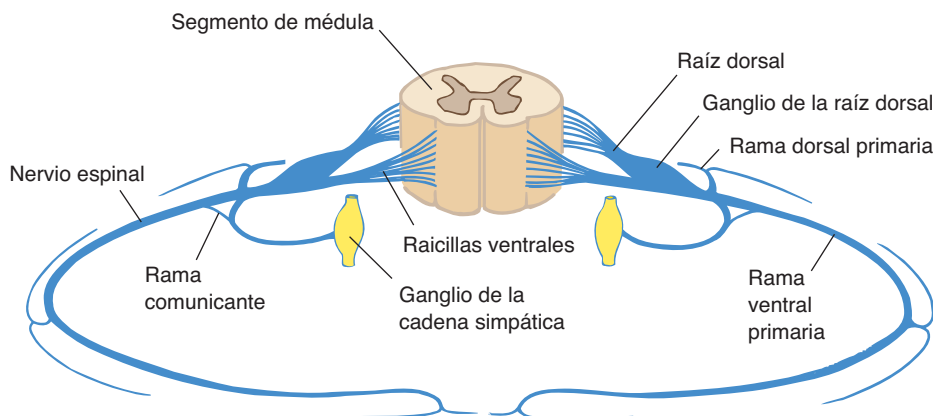
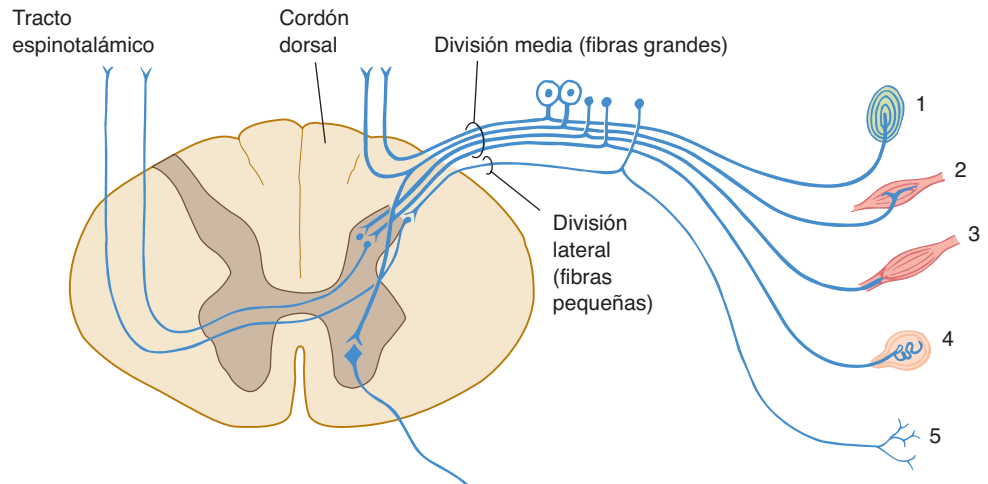


FIGURA 5-6 Ilustración esquemática de un segmento de médula con sus raíces, ganglios y ramas.

FIGURA 5-7 Esquema que ilustra un segmento de la médula espinal con su raíz dorsal, células ganglionares y órganos sensoriales. 1: corpúsculo de Pacini; 2: huso muscular; 3: órgano tendinoso de Golgi; 4: terminación encapsulada; 5: terminación nerviosa libre.



Raíces dorsales

Las raíces dorsales (posteriores) son principalmente sensoriales. Cada raíz nerviosa dorsal (excepto, en general, C1) contiene fibras aferentes de las células nerviosas en su ganglio. Las raíces dorsales contienen fibras que provienen de estructuras cutáneas y profundas (cuadro 3-2). Las fibras más grandes (Ia) provienen de husos musculares y participan en los reflejos espinales; las fibras de tamaño mediano (A beta) transmiten impulsos de los mecanorreceptores en la piel y articulaciones. La mayoría de los axones en las raíces nerviosas dorsales son pequeños (C, no mielinizados; A delta, mielinizados) y transmiten información de estímulos nocivos (p. ej., dolor) y térmicos.

Ramificaciones de nervios espinales típicos

A. División primaria posterior

Consiste en la ramificación media, que en casi todos los casos es principalmente sensorial, y una ramificación lateral, sobre todo motora.

B. División primaria anterior

Más grandes que la división primaria posterior, las divisiones primarias anteriores forman los plexos cervical, braquial y lumbosacro. En la región torácica son segmentarias, como nervios intercostales.

C. Ramas comunicantes

Las ramas unen a los nervios espinales con el tronco simpático. Sólo los nervios torácico y lumbar superior contienen ramas comunicantes de sustancia blanca, pero la rama de sustancia gris está presente en todos los nervios espinales (figura 5-6).

D. Ramas meníngeas o meníngeas recurrentes

Estos nervios, llamados también **nervios senovertebrales**, son bastante pequeños; proyectan innervaciones sensoriales y vasomotoras a las meninges.

Tipos de fibras nerviosas

Las fibras nerviosas se pueden clasificar no sólo con base en su diámetro y velocidad de conducción (cuadros 3-2 y 3-3), sino también según su base anatomofisiológica.

A. Fibras somáticas eferentes

Estas fibras motoras inervan los músculos esqueléticos. Se originan en grandes células en el cordón anterior de sustancia gris de la médula espinal y forman la raíz ventral del nervio espinal.

B. Fibras somáticas aferentes

Estas fibras transmiten información sensorial desde la piel, articulaciones y músculos al SNC. Sus cuerpos celulares son células unipolares en los ganglios espinales que están interpuestas en el curso de las raíces dorsales (ganglios de la raíz dorsal). Las ramificaciones periféricas de estas células ganglionares se distribuyen a las estructuras somáticas; las ramificaciones centrales transmiten los impulsos sensoriales por las raíces dorsales hacia el cordón dorsal de sustancia gris y los tractos ascendentes de la médula espinal.

C. Fibras viscerales eferentes

Las **fibras autónomas** son fibras motoras que inervan las vísceras. Las **fibras simpáticas** de los segmentos torácicos y de L1 y L2 se distribuyen por todo el organismo a las vísceras, glándulas y músculo liso. Las **fibras parasimpáticas**, que están presentes en los tres nervios sacros intermedios, van a las vísceras pélvicas y del abdomen inferior.

(Otras fibras parasimpáticas corren a la par de los nervios craneales III, VII, IX y X.)

D. Fibras viscerales aferentes

Estas fibras transmiten información sensorial desde las vísceras. Sus cuerpos celulares que se encuentran en los ganglios de la raíz dorsal.

Dermatomas

El componente sensorial de cada nervio espinal está distribuido por un **dermatoma**, una porción segmentaria bien definida de la piel (figura 5-8).

- Debido a que en muchos pacientes no hay una raíz dorsal C1, no existe un dermatoma C1 (cuando llega a existir este dermatoma como variante anatómica, abarca una pequeña área en la parte central del cuello, cerca del occipucio).

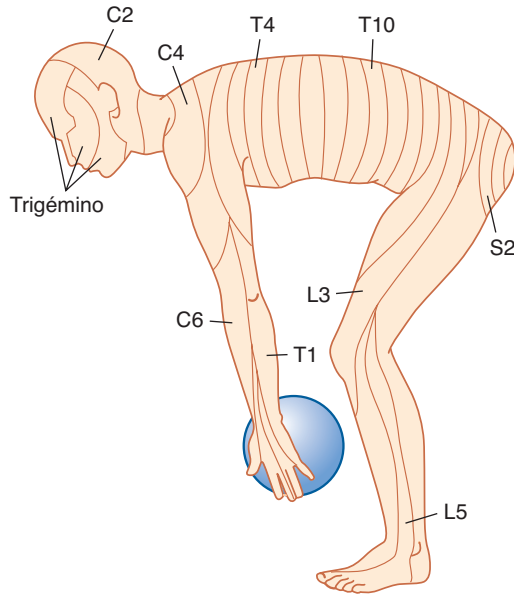


FIGURA 5-8 Distribución segmentaria del cuerpo visto en una postura aproximadamente cuadrúpeda.

- Los dermatomas para C5, C6, C7, C8 y T1 están confinados al brazo y los dermatomas de C4 y T2 están contiguos sobre el tórax anterior.
- Los dedos pulgar, medio y meñique están dentro de los dermatomas C6, C7 y C8, respectivamente.
- El pezón está al nivel de T4.
- El ombligo está al nivel de T10.

Los territorios de los dermatomas tienden a traslaparse, lo cual dificulta determinar la ausencia de una sola inervación segmentaria con base en las pruebas sensoriales (figura 5-9).

Miotomas

El término **miotoma** se refiere a la musculatura esquelética inervada por axones motores en una raíz espinal determinada. La exploración de las funciones motoras (véase apéndice B) puede ser muy útil para determinar el grado de la lesión en un nervio, segmento de la médula espinal o tracto, en especial cuando se combina con un examen sensorial cuidadoso. Como se indica en el apéndice B, la mayoría de los músculos están inervados por axones motores que provienen de varias raíces espinales adyacentes.

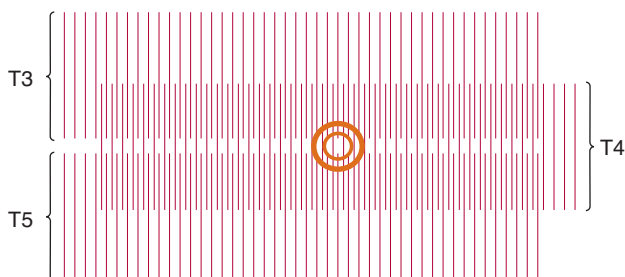


FIGURA 5-9 Diagrama de la posición del pezón en los campos sensoriales cutáneos de las raíces espinales torácicas tercera, cuarta y quinta que muestran la superposición de las áreas cutáneas.

CUADRO 5-2 Músculos indicadores de los segmentos.

Raíz	Músculo	Principal función
C3, C4	Diafragma	Respiración
C5	Deltoides	Abducción del brazo
C5	Bíceps	Flexión del antebrazo
C6	Supinador largo	Flexión del antebrazo
C7	Tríceps	Extensión del antebrazo
L3, L4	Cuadríceps femoral	Extensión de la rodilla
L5	Extensor largo del dedo gordo	Dorsiflexión del dedo gordo
S1	Gastrocnemio	Flexión plantar

Modificado, con autorización, de Vinken PJ, Bruyn GW editors: Handbook of Clinical Neurology, vol 2. Amsterdam, North Holland, 1969.

Sin embargo, en muchos casos las lesiones a una sola raíz espinal pueden causar debilidad y atrofia de un músculo. El cuadro 5-2 lista los músculos indicadores de los segmentos cuya debilidad o atrofia puede sugerir una lesión que compromete a una sola raíz nerviosa o a un par de raíces nerviosas adyacentes.

DIVISIONES INTERNAS DE LA MÉDULA ESPINAL

Sustancia gris

A. Cordones

Un corte transversal de la médula espinal muestra una masa interna de sustancia gris en forma de H que está rodeada de sustancia blanca (figura 5-5). La sustancia gris está formada por dos porciones simétricas unidas en la línea media por una conexión transversal (comisura) de sustancia gris que contiene el pequeño canal central o sus remanentes. El cordón gris **ventral** (o **anterior**) (también llamado **asta ventral** o **anterior**) está al frente del canal central. Contiene células de origen de las fibras de las raíces ventrales, incluyendo neuronas motoras alfa y gamma (neuronas motoras “inferiores”).

El **cordón** (o **asta**) **gris intermediolateral** es la porción de sustancia gris entre los cordones grises dorsal y ventral; es una proyección lateral prominente en las regiones torácica y lumbar superior, pero no en la región sacra media. Contiene células preganglionares para el sistema nervioso autónomo. Dentro de los segmentos espinales **T1 a L2**, las **neuronas simpáticas preganglionares** dentro del cordón gris intermediolateral dan origen a axones que salen de la médula espinal dentro de las raíces ventrales y que luego viajan a los ganglios simpáticos a través de las ramas comunicantes de sustancia blanca. En los segmentos espinales **S2, S3 y S4**, hay **neuronas parasimpáticas sacras** dentro del cordón gris intermediolateral. Estas neuronas dan origen a axones parasimpáticos preganglionares que dejan la médula espinal dentro de las raíces ventrales sacras. Después de prolongarse a las vísceras pélvicas dentro de los nervios pélvicos, estos axones parasimpáticos establecen sinapsis con las neuronas parasimpáticas posganglionares que se proyectan a las vísceras pélvicas.

El **cordón gris dorsal** (también llamado **asta posterior** o **dorsal**) se proyecta casi hasta el surco posterolateral (o dorsolateral).

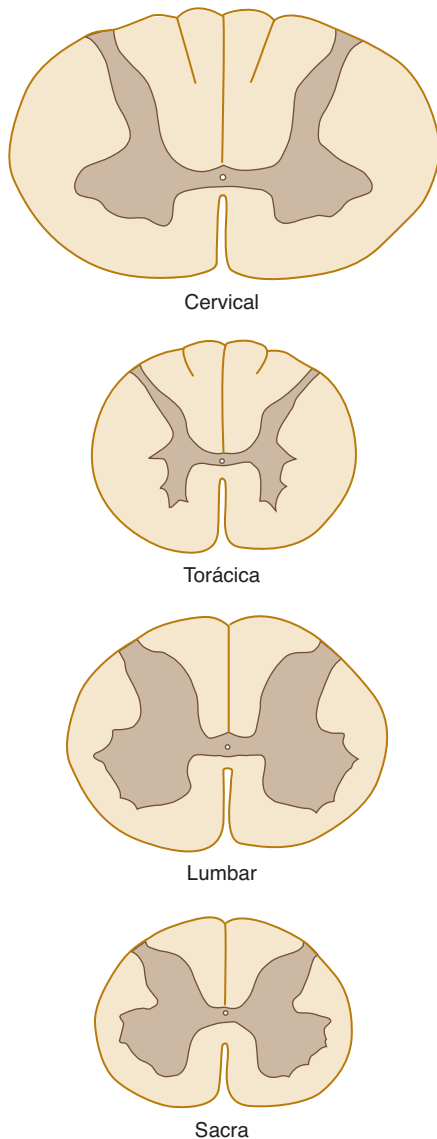


FIGURA 5-10 Cortes transversales de médula espinal a varios niveles.

Un haz compacto de pequeñas fibras, el **fascículo dorsolateral (tracto de Lissauer)**, que forma parte de la vía del dolor, se encuentra en la periferia de la médula espinal.

La forma y cantidad de sustancia gris varían a diferentes niveles de la médula espinal (figura 5-10). La proporción de sustancia gris con respecto a sustancia blanca es mayor en los ensanchamientos lumbar y cervical. En la región cervical, el cordón gris dorsal es comparativamente estrecho y el cordón ventral es amplio y expansivo, en especial en los cuatro segmentos cervicales inferiores. En la región torácica, tanto el cordón dorsal como el ventral son estrechos y existe un cordón lateral. En la región lumbar, los cordones dorsal y ventral son amplios y expandidos. En el cono medular, la sustancia gris tiene el aspecto de dos masas ovales, una de cada lado de la columna, conectadas por una amplia comisura gris.

B. Láminas

Un corte transversal de la sustancia gris de la médula espinal muestra un número de láminas (capas de células nerviosas),

denominadas **láminas de Rexed** por el neuroanatomista que las describió (figura 5-11).

1. Lámina I. Esta delgada capa marginal contiene neuronas que responden a estímulos nocivos y que envían axones al tracto espinotalámico contralateral.

2. Lámina II. También conocida como **sustancia gelatinosa**, esta lámina está formada por pequeñas neuronas, algunas de las cuales responden a estímulos nocivos. La **sustancia P**, un neuropéptido implicado en las vías que median la sensibilidad al dolor, se encuentra en grandes concentraciones en las láminas I y II.

3. Láminas III y IV. Se conocen en conjunto como **núcleo propio**. Su principal aferencia es de las fibras que transmiten información de los sentidos de posición y tacto ligero.

4. Lámina V. Esta capa contiene células que responden tanto a estímulos nocivos como a estímulos viscerales aferentes.

5. Lámina VI. Es la capa más profunda del asta dorsal y contiene neuronas que responden a señales mecánicas de las articulaciones y piel.

6. Lámina VII. Se trata de una gran zona que contiene medialmente las células del **núcleo dorsal (cordón de Clarke)** al igual que una gran porción del cordón gris ventral. La columna de Clarke contiene células que dan origen al **tracto espinocerebeloso posterior**. La lámina VII también contiene el **núcleo intermedio-lateral** (o cordón celular intermediolateral) en las regiones torácica y lumbar superior. Las fibras simpáticas preganglionares se proyectan de las células en este núcleo, a través de las raíces ventrales y ramas comunicantes blancas, a los ganglios simpáticos.

7. Láminas VIII y IX. Tales capas representan grupos de neuronas motoras en las porciones media y lateral de la columna gris

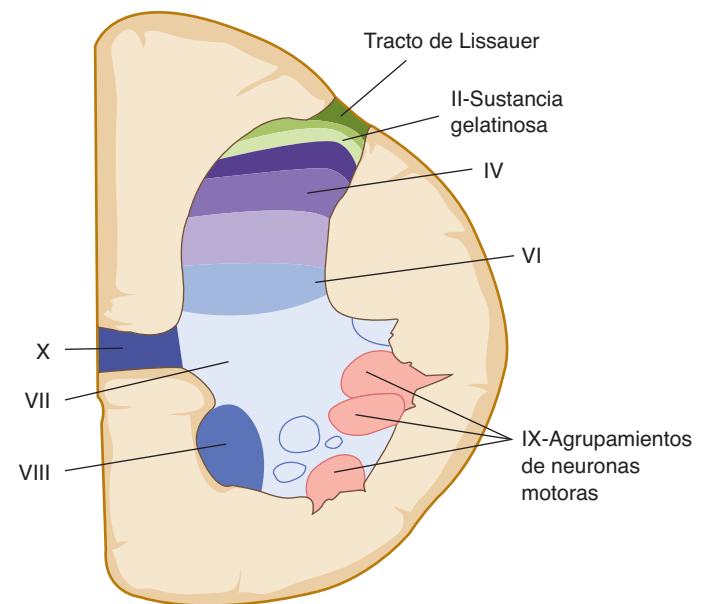


FIGURA 5-11 Láminas de la sustancia gris de la médula espinal (se muestra sólo la mitad).

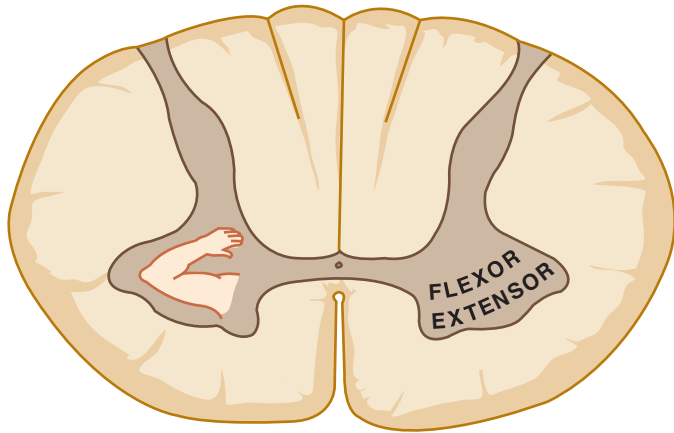


FIGURA 5-12 Diagrama que muestra la localización funcional de grupos de neuronas motoras en el asta gris ventral del segmento cervical inferior de la médula espinal.

ventral. La porción media (también llamada **columna medial de neuronas motoras**) contiene las neuronas motoras inferiores (NMI) que inervan la musculatura axial (es decir, músculos del tórax y partes proximales de los miembros). La **columna lateral de neuronas motoras** contiene NMI para los músculos distales en brazos y piernas. En general, los músculos flexores están inervados por neuronas motoras localizadas cerca del canal central, en tanto que los músculos extensores están inervados por neuronas motoras localizadas a nivel más periférico (figura 5-12).

8. Lámina X. Representa las pequeñas neuronas alrededor del canal central o sus remanentes.

Sustancia blanca

A. Cordones

La médula espinal tiene cordones (funículos) de sustancia blanca—dorsal (también llamado posterior), lateral y ventral (también denominado anterior)— alrededor de los cordones espinales de sustancia gris (figura 5-5). El cordón dorsal se encuentra entre el surco medio posterior y el surco posterolateral. En las regiones cervical y torácica superior, el cordón dorsal se divide en la porción medial (**fascículo grácil**) y una porción lateral (**fascículo cuneiforme**). El cordón lateral se encuentra entre los surcos posterolateral y anterolateral. El cordón ventral se localiza entre el surco anterolateral y la cisura media anterior.

B. Tractos

La sustancia blanca de la médula espinal está compuesta de fibras nerviosas mielinizadas y no mielinizadas. Las fibras mielinizadas de rápida conducción forman haces (fascículos) que ascienden o descienden a diversas distancias. Las células gliales (oligodendrocitos, que forman mielina, y astrocitos) se encuentran entre las fibras. Los haces de fibras con una función común se denominan **tractos**. Los cordones lateral y ventral de sustancia blanca contienen tractos que no están bien delimitados y que pueden superponerse en sus áreas transversales; los tractos del cordón dorsal están claramente definidos por tabiques de glia.

VÍAS EN LA SUSTANCIA BLANCA

Sistemas de fibras descendentes

A. Tracto corticoespinal

A partir de la corteza cerebral (principalmente la corteza motora precentral, o área 4, y el área premotora, o área 6) surge un gran haz de axones mielinizados que descienden a través del tronco encefálico por un tracto denominado **pirámide bulbar**, que después cruza (decusa) y desciende en los cordones blancos laterales; estos tractos contienen más de un millón de axones, la mayoría mielinizados.

Los tractos corticoespinales contienen los axones de las neuronas motoras superiores (es decir, neuronas del cerebro y tronco encefálico subcortical, que descienden y proveen información a las células del asta anterior de la médula espinal). Estas células del asta anterior, que tienen proyecciones directas al músculo y que controlan la contracción muscular, se denominan **neuronas motoras inferiores**.

La gran mayoría de los axones en el sistema corticoespinal cruzan en la **decusación piramidal** dentro de la médula y descienden dentro del **tracto corticoespinal lateral** (figura 5-13 y cuadro 5-3). Estas fibras concluyen a través del cordón gris ventral y en la base del cordón dorsal. Algunas de las NMI que inervan los músculos en las extremidades distales reciben información monosináptica directa del tracto corticoespinal lateral; otras NMI están inervadas por interneuronas (a través de conexión polisináptica).

El tracto corticoespinal lateral es relativamente nuevo en términos filogenéticos y está presente sólo en mamíferos y en primates altamente desarrollados. Proporciona las vías descendentes que controlan los movimientos voluntarios, muy especializados y fraccionados.

Además del tracto corticoespinal lateral, que decusa y que es la vía motora descendente más grande, existen dos vías motoras descendentes más pequeñas en la médula espinal. Estas vías no presentan cruzamiento.

Cerca de 10% de las fibras corticoespinales que descienden del hemisferio no presentan decusación en el bulbo raquídeo, descienden sin cruzarse en el **tracto corticoespinal anterior** (o **ventral**) y están localizadas en el cordón anterior de sustancia blanca de la médula espinal. Después de descender dentro de la médula espinal, muchas de estas fibras se cruzan, a través de la comisura blanca anterior, y después se prolongan hasta las neuronas (que proyectan a las NMI), pero se conectan directamente con las NMI contralaterales.

Por último, una pequeña fracción (0 a 3%) de los axones corticoespinales descienden, sin cruzarse, como fibras dentro del tracto corticoespinal lateral. Esta pequeña población de axones sin decusación concluye en la base del asta posterior y la sustancia gris intermedia de la médula espinal. Aquí proporciona información sináptica (probablemente a través de circuitos polisinápticos) a las NMI que controlan la musculatura axial (es decir, tórax y miembros proximales) implicada en mantener la postura corporal.

Un pequeño porcentaje de fibras del tracto corticoespinal se proyectan a la columna gris dorsal y funcionan como modificadores de la información aferente (sensorial), permitiendo que el cerebro suprima, o filtre, ciertos estímulos entrantes y que preste atención a otros (véase capítulo 14).

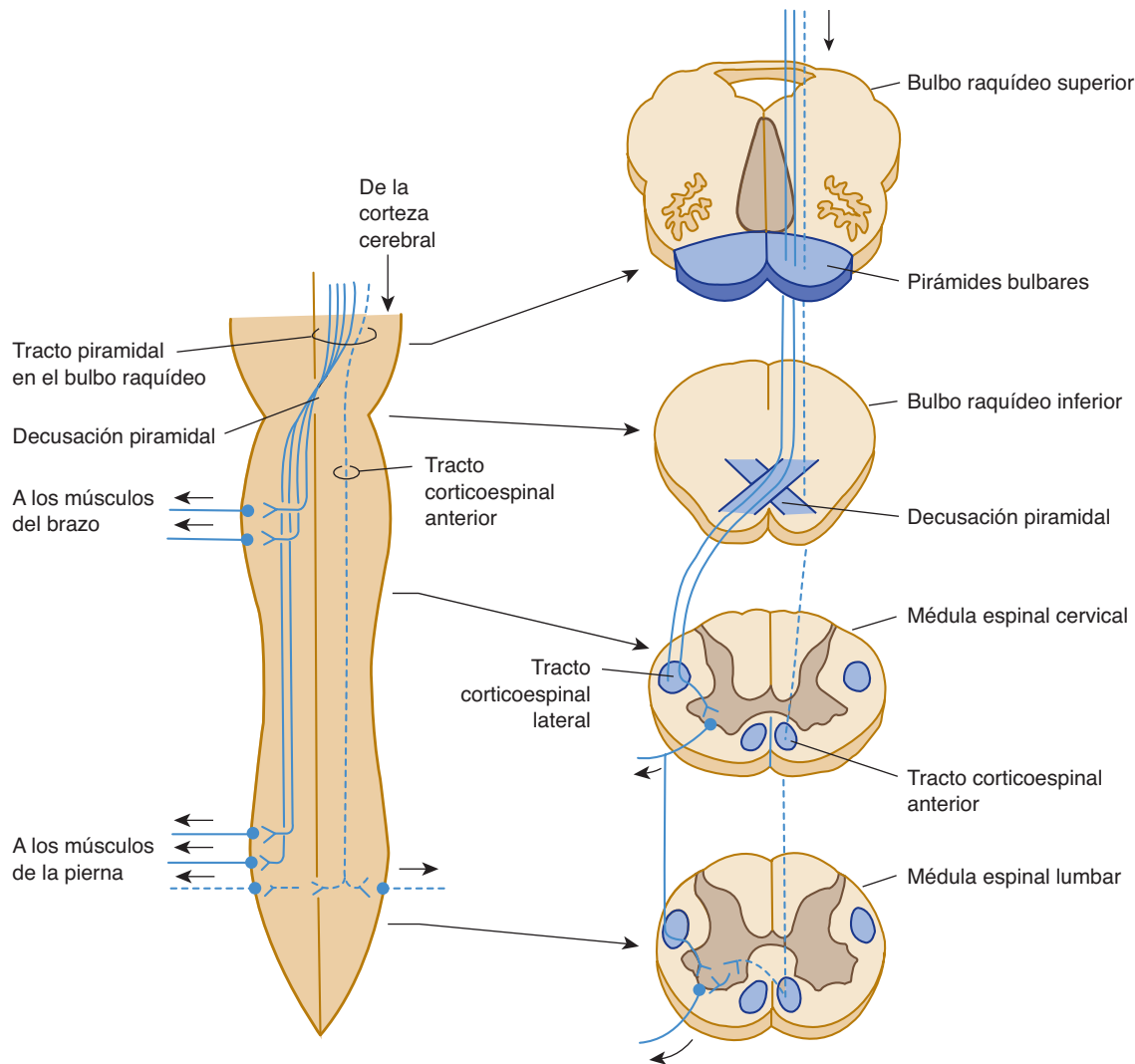


FIGURA 5-13 Esquema que ilustra el curso de las fibras del tracto corticoespinal en la médula espinal, junto con cortes transversales a niveles representativos. Este y los siguientes esquemas muestran la médula en posición erecta.

B. Tractos vestibuloespinales

Existen dos componentes principales de los tractos vestibuloespinales.

Las fibras del **tracto vestibuloespinal lateral** provienen del núcleo vestibular lateral en el tronco encefálico y cursan hacia abajo, sin cruzarse, en el cordón ventral de sustancia blanca de la médula espinal.

Las fibras del **tracto vestibuloespinal medial** provienen del núcleo vestibular medial en el tronco encefálico y descienden dentro de la médula espinal cervical, con componentes cruzados y no cruzados, hasta terminar a niveles cervicales. Las fibras de ambos tractos vestibuloespinales proporcionan información sináptica a las interneuronas en las láminas VII y VIII de Rexed, que envían proyecciones a NMI tanto alfa como gamma. Las fibras de los tractos vestibuloespinales dan información excitatoria a las neuronas motoras inferiores de los músculos extensores.

El sistema vestibuloespinal facilita los movimientos rápidos en reacción a cambios repentinos en la posición del cuerpo (p. ej., caída) y proporcionan control esencial de los músculos antigravitatorios.

C. Tracto rubroespinal

Este sistema de fibras surge en el núcleo rojo contralateral en el tronco encefálico y desciende por los cordones blancos laterales. El tracto envía proyecciones a las interneuronas en los cordones grises espinales y representa un papel en la función motora (véase capítulo 13).

D. Sistema reticuloespinal

Este tracto proviene de la formación reticular del tronco encefálico y desciende tanto por el cordón ventral como por el lateral de sustancia blanca. Cuenta con fibras descendentes cruzadas y no cruzadas. Las fibras que terminan en las neuronas del cordón gris dorsal pueden modificar la transmisión de sensación del cuerpo, en especial de dolor. Aquellas que terminan en las neuronas grises ventrales influyen en las neuronas motoras gamma y, por ende, en diversos reflejos espinales.

E. Sistema autónomo descendente

Con origen en el hipotálamo y el tronco encefálico, este sistema de fibras poco definidas envía proyecciones a las neuronas simpáti-

CUADRO 5-3 Sistema de fibras descendentes en la médula espinal.

Sistema	Función	Origen	Terminación	Localización en la médula
Tracto corticoespinal (piramidal) lateral	Funcionamiento motor fino (controla la musculatura distal) Modulación de las funciones sensoriales	Corteza motora y premotora	Células del asta anterior (interneuronas y neuronas motoras inferiores)	Cordón lateral (cruza en el bulbo raquídeo en la decusación piramidal)
Tracto corticoespinal anterior	Funcionamiento motor grueso y postural (musculatura proximal y axial)	Corteza motora y premotora	Células del asta anterior (interneuronas y neuronas motoras inferiores)	Cordón anterior (sin cruzarse hasta después de descender, donde algunas fibras presentan decusación)
Tracto vestibuloespinal	Reflejos posturales	Núcleo vestibular lateral y medial	Interneuronas y neuronas motoras del asta anterior (para extensores)	Cordón ventral
Rubroespinal	Funcionamiento motor	Núcleo rojo	Interneuronas del asta ventral	Cordón lateral
Reticuloespinal	Modulación de la transmisión sensorial (especialmente dolor) Modulación de reflejos espinales	Formación reticular del tronco encefálico	Asta dorsal y ventral	Cordón anterior
Autónomo descendente	Modulación de funciones autónomas	Hipotálamo, núcleos del tronco encefálico	Neuronas autónomas preganglionares	Cordones laterales
Tectoespinal	Giro reflejo de la cabeza	Mesencéfalo	Interneuronas del asta ventral	Cordón ventral
Fascículo longitudinal medial	Coordinación de movimientos de cabeza y ojos	Núcleos vestibulares	Sustancia gris cervical	Cordón ventral

cas preganglionares en la médula espinal toracolumbar (cordón lateral) y a las neuronas parasimpáticas preganglionares en los segmentos sacros (véase capítulo 20). Las fibras descendentes en este sistema modulan las funciones autónomas, como la presión arterial, pulso y frecuencia respiratoria, y sudoración.

F. Tracto tectoespinal

Este tracto proviene del colículo superior en el techo (*tectum*) del mesencéfalo y después sigue por el cordón ventral blanco contralateral para proporcionar información sináptica a las interneuronas de la sustancia gris ventral. Este tracto causa el movimiento de giro de la cabeza en respuesta a estímulos visuales o auditivos repentinos.

G. Fascículo longitudinal medial

Es un tracto que proviene de los núcleos vestibulares en el tronco encefálico. A medida que desciende, cursa cerca del tracto tectoespinal y se mezcla con él. Algunas de sus fibras descienden dentro de la médula espinal cervical para concluir en las interneuronas grises ventrales. Coordina los movimientos de cabeza y ojos. Los dos sistemas de fibras descendentes están presentes de cada lado y descienden sólo hasta los segmentos cervicales de la médula.

Sistemas de fibras ascendentes

Todos los axones aferentes en las raíces dorsales tienen sus cuerpos celulares en los ganglios de la raíz dorsal (cuadro 5-4). Los diferentes sistemas ascendentes se cruzan a distintos niveles. En

general, los axones ascendentes tienen sinapsis dentro de la médula espinal antes de su decusación.

A. Tractos del cordón dorsal

Estos tractos, que forman parte del **sistema del lemnisco medial**, transmiten sensaciones bien localizadas de tacto fino, vibración, discriminación entre dos puntos y propiocepción (sentido de posición) que provienen de la piel y de las articulaciones; ascienden, sin cruzarse, por el cordón blanco dorsal de la médula espinal hasta la parte inferior del tronco encefálico (figura 5-14). El **fascículo grácil** cursa junto al tabique mediano posterior; transmite información desde la mitad inferior del cuerpo, con fibras que surgen desde los segmentos inferiores y más mediales. El **fascículo cuneiforme** se encuentra entre el fascículo grácil y el cordón gris dorsal; transmite información de la mitad superior del cuerpo, con fibras que van desde los segmentos inferiores (torácicos) y más mediales que los superiores (cervicales). De este modo, un cordón dorsal contiene fibras de todos los segmentos de la mitad ipsilateral del cuerpo dispuestas en forma **somatotópica** ordenada de medial a lateral.

Las fibras ascendentes de los fascículos grácil y cuneiforme terminan en las neuronas de los **núcleos grácil y cuneiforme (núcleos de la columna dorsal)** en el bulbo raquídeo inferior. A su vez, estas neuronas de segundo orden envían sus axones cruzando la línea media a través de la **decusación del lemnisco** (también llamada **tracto arqueado interno**) y por el **lemnisco medial** hasta el **tálamo**. Desde los **núcleos ventrales posterolaterales del tálamo**, la información sensorial se retransmite hacia la **corteza somatosensorial**.

CUADRO 5-4 Sistemas de fibras ascendentes en la médula espinal.

Nombre	Función	Origen	Terminación	Ubicación en la médula espinal
Sistema del cordón dorsal	Tacto fino, propiocepción, discriminación entre dos puntos	Piel, articulaciones, tendones	Núcleos de los cordones dorsales. Neuronas de segundo orden tienen proyección al tálamo contralateral (cruce en el bulbo raquídeo en la decusación del lemnisco o sensitiva)	Cordón dorsal
Tractos espinotalámicos	Dolor agudo, temperatura, tacto grueso	Piel	Asta dorsal. Las neuronas de segundo orden tienen proyecciones al tálamo contralateral (cruzan en la médula espinal al nivel de su ingreso)	Cordón ventrolateral
Tracto espinocerebeloso dorsal	Mecanismos de movimiento y posición	Husos musculares, órganos tendinosos de Golgi, receptores de tacto y presión (vía el núcleo dorsal [cordón de Clarke])	Paleocorteza cerebelosa (a través del pedúnculo cerebeloso inferior)	Cordón lateral
Espinocerebeloso ventral	Mecanismos de movimiento y posición	Husos musculares, órganos tendinosos de Golgi, receptores de tacto y presión	Paleocorteza cerebelosa (a través del pedúnculo cerebeloso superior contralateral e ipsilateral)	Cordón lateral
Vía espinoreticular	Dolor profundo y crónico	Estructuras somáticas profundas	Formación reticular del tronco encefálico	Vía difusa, postsináptica en el cordón ventrolateral

B. Tractos espinotalámicos

Los axones sensoriales de pequeño diámetro que transmiten las sensaciones de dolor intenso (nocicepción), temperatura y tacto grueso localizado cursan hacia arriba, después de ingresar en la médula espinal a través de la raíz dorsal, por uno o dos segmentos en la periferia del asta dorsal. Estos tramos cortos de fibras ascendentes se denominan **fascículo dorsolateral** o **tracto de Lissauer**, después establecen sinapsis con las neuronas del cordón dorsal, en especial en las láminas I, II y V (figuras 5-11 y 5-16). Después de una o más sinapsis, las fibras subsiguientes cruzan al lado opuesto de la médula espinal y luego ascienden dentro de los tractos espinotalámicos, también llamados **sistema ventrolateral** (o **anterior**). De hecho, estos tractos espinotalámicos consisten en dos vías adyacentes: el **tracto espinotalámico anterior**, que lleva información sobre el tacto ligero, y el **tracto espinotalámico lateral**, que transmite hacia el cerebro la sensibilidad al dolor y temperatura.

Los tractos espinotalámicos, al igual que el sistema del cordón dorsal, muestran organización somatotópica (figura 5-15). La sensación proveniente de las partes sacras del cuerpo se transmite en las partes laterales de los tractos espinotalámicos, en tanto que los impulsos que se originan en las regiones cervicales se transmiten a través de fibras en las partes medias de los tractos espinotalámicos. Los axones de estos tractos se proyectan rostralmente después de enviar ramificaciones a la formación reticular en el tronco encefálico y se proyectan al tálamo (núcleos ventroposterolateral e intralaminar del tálamo).

C. Correlaciones clínicas

Se cruzan las neuronas de segundo orden del sistema del cordón dorsal y de los tractos espinotalámicos; sin embargo, el patrón de decusación es diferente. Los axones de las neuronas de segundo orden del sistema del cordón dorsal cruzan en la decusación del lemnisco sensorial en el bulbo raquídeo; estos axones sensoriales

de segundo orden se denominan **fibras arqueadas internas** en el sitio en el que se cruzan. En contraste, los axones de las neuronas de segundo orden en los tractos espinotalámicos cruzan en cada nivel segmentario de la médula espinal. Este hecho ayuda a determinar si una lesión se encuentra en el cerebro o en la médula espinal. Con las lesiones en el tronco encefálico o superiores, los déficit en la percepción de dolor, tacto y propiocepción son contralaterales a la lesión. Por el contrario, con las lesiones en la médula espinal, el déficit en la percepción del dolor es contralateral, en tanto que las demás deficiencias son ipsilaterales. El Ejemplo clínico 5-1 es ilustrativo al respecto.

D. Vía espinoreticular

El poco definido tracto espinoreticular cursa dentro de la porción ventrolateral de la médula espinal; inicia en las neuronas medulares y termina (sin cruzarse) en la formación reticular del tronco encefálico. Este tracto representa una importante función en la sensación de dolor, en especial en el dolor crónico y profundo (véase capítulo 14).

E. Tractos espinocerebelosos

Dos vías ascendentes (de menor importancia en la neurología humana) proporcionan información de la médula espinal al cerebelo (figura 5-17 y cuadro 5-4).

1. Tracto espinocerebeloso dorsal. Las fibras aferentes de músculo y piel (que transmiten información de los husos musculares, órganos tendinosos de Golgi y receptores de tacto y presión) ingresan en la médula espinal a través de las raíces dorsales a los niveles T1 a L2 y establecen sinapsis con neuronas de segundo orden en el **núcleo dorsal** (**columna de Clarke**). Las fibras aferentes que se originan en los niveles sacro y lumbar inferior ascienden dentro de la médula espinal (dentro de los cordones dorsales) hasta llegar a la porción inferior del núcleo dorsal.

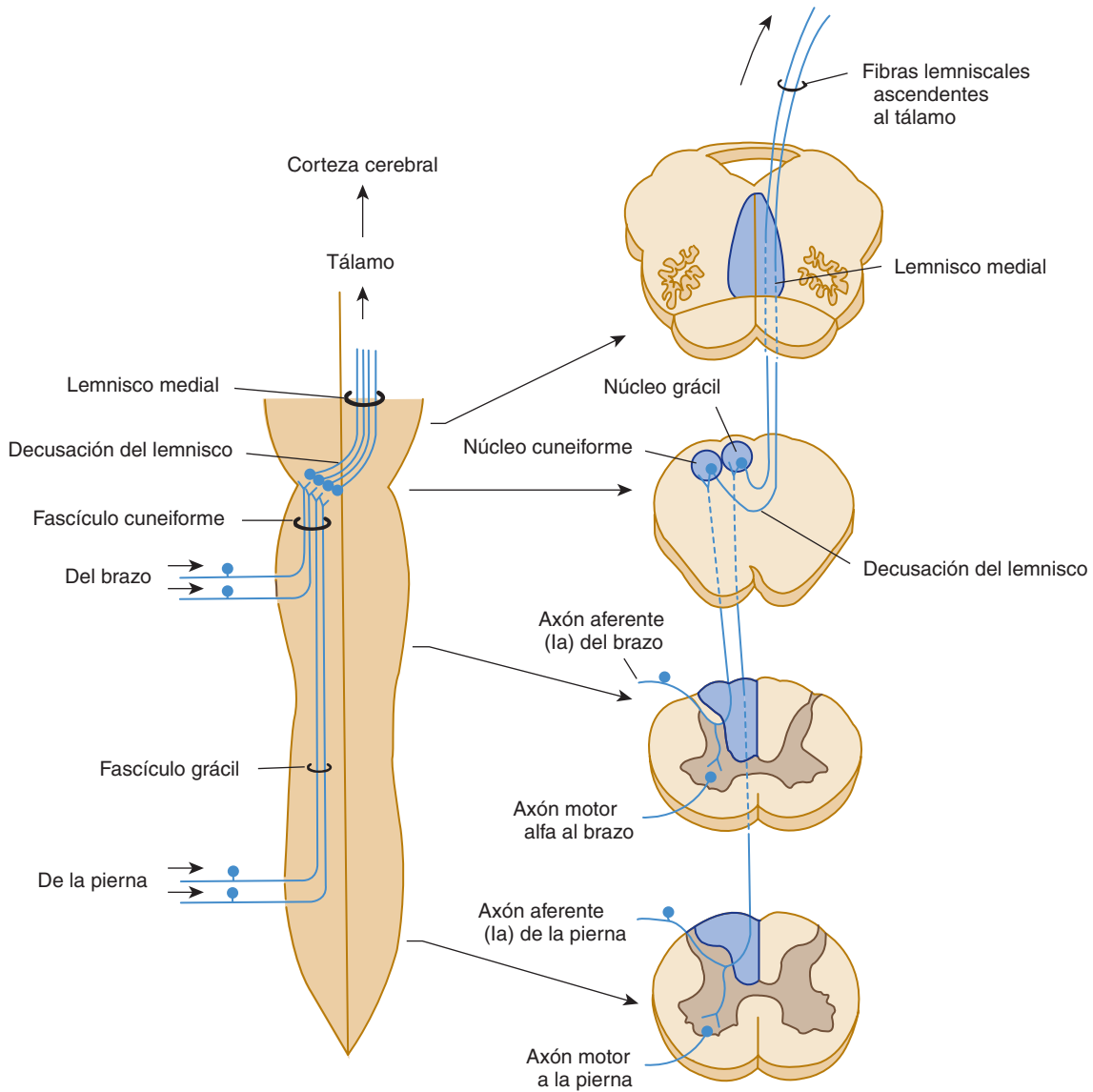


FIGURA 5-14 Sistema del cordón dorsal en la médula espinal.

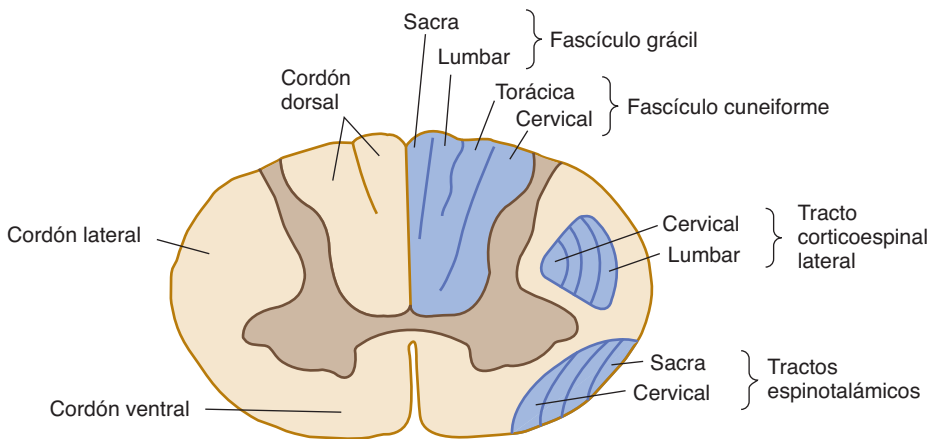


FIGURA 5-15 Organización somatotópica (disposición por segmentos) en la médula espinal.

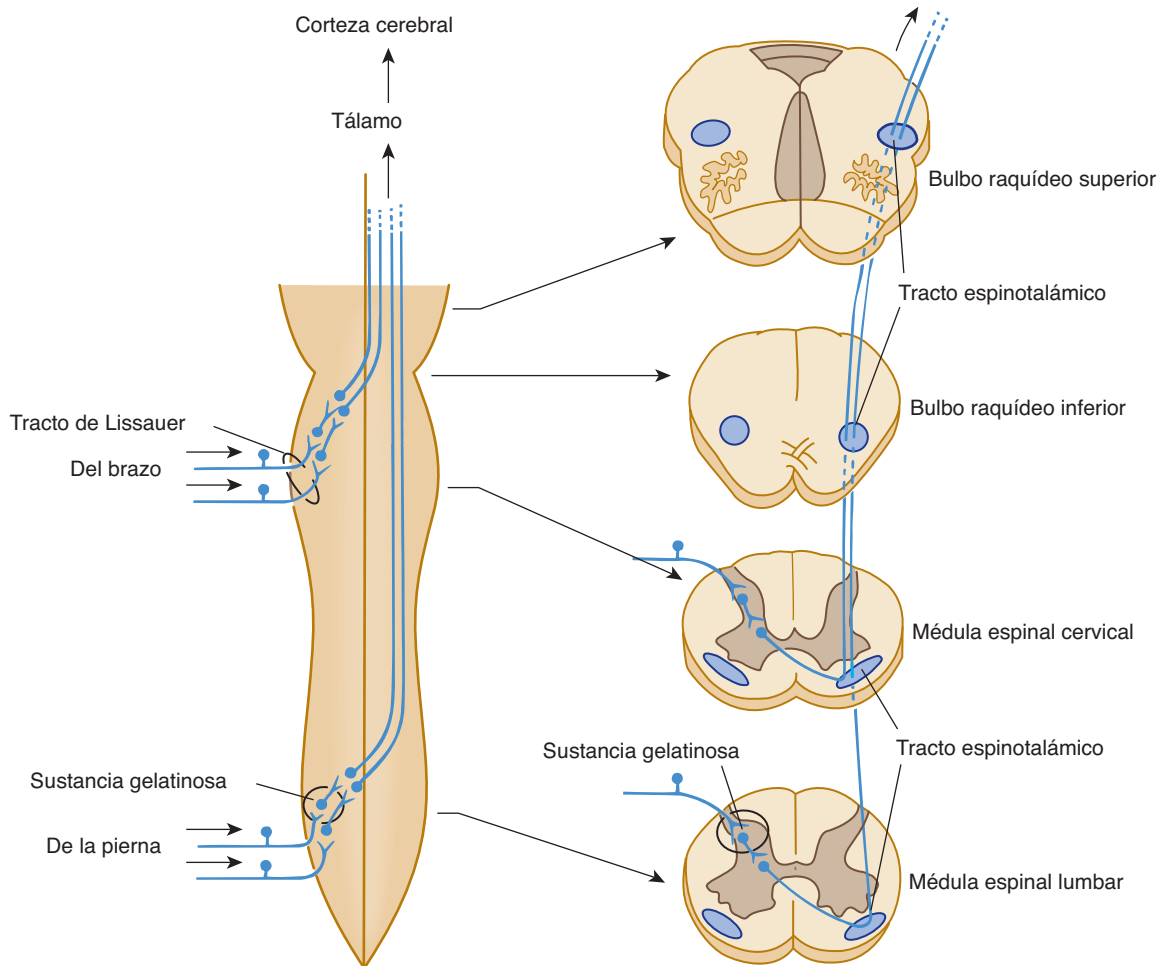


FIGURA 5-16 Sistema espinotalámico (ventrolateral) en la médula espinal.

EJEMPLO CLÍNICO 5-1

Un electricista de 27 años recibió una puñalada por la espalda al nivel torácico medio. Al examinarlo, no podía mover la pierna derecha y mostraba una debilidad moderada en la flexión, abducción y aducción de los dedos en la mano derecha. Presentaba pérdida del sentido de posición en la pierna derecha y no podía apreciar la sensación de vibración con el diapasón colocado sobre los dedos de sus pies o en las prominencias óseas del tobillo, rodilla o cresta iliaca de su lado derecho. Había pérdida de la sensación de dolor y sensibilidad a la temperatura por debajo de T2 del lado izquierdo.

Después de practicársele imágenes por resonancia magnética, que mostraban lesión hemorrágica que comprometía a la médula espinal al nivel de C8-T1, el paciente fue llevado a la sala de operaciones. Se retiró un coágulo que estaba comprimiendo parcialmente la médula y se recuperaron varios fragmentos óseos del canal espinal. El cirujano observó que la médula espinal del paciente estaba parcialmente seccionada, del lado derecho, al nivel de C8. Los déficit del paciente no presentaron mejoría.

El caso proporciona un ejemplo del **síndrome de Brown-Séquard** producto de lesiones o transecciones unilaterales de la

médula espinal, ocurridas más comúnmente en el contexto de heridas punzocortantes o por arma de fuego. Se presentan debilidad y pérdida del sentido de posición y vibración ipsilateral por debajo de la lesión como resultado de transección del tracto corticoespinal lateral y de los cordones dorsales. La pérdida de sensibilidad al dolor y temperatura se manifiesta unos cuantos segmentos por debajo del nivel de la lesión debido a la decusación de las fibras que ingresan al tracto espinotalámico unos cuantos segmentos en sentido rostral al nivel de entrada de la raíz nerviosa.

La segregación de axones de segundo orden que transmiten la sensibilidad al dolor dentro del tracto espinotalámico tiene importancia clínica considerable. Como podría esperarse, la interrupción unilateral del tracto espinotalámico lateral causa pérdida de la sensibilidad al dolor y temperatura que comienza aproximadamente un segmento por debajo del nivel correspondiente a la lesión, en el lado opuesto del cuerpo. En ocasiones, los neurocirujanos pueden aprovechar este hecho cuando llevan a cabo una cordotomía anterolateral en pacientes con síndrome de dolor intratable.

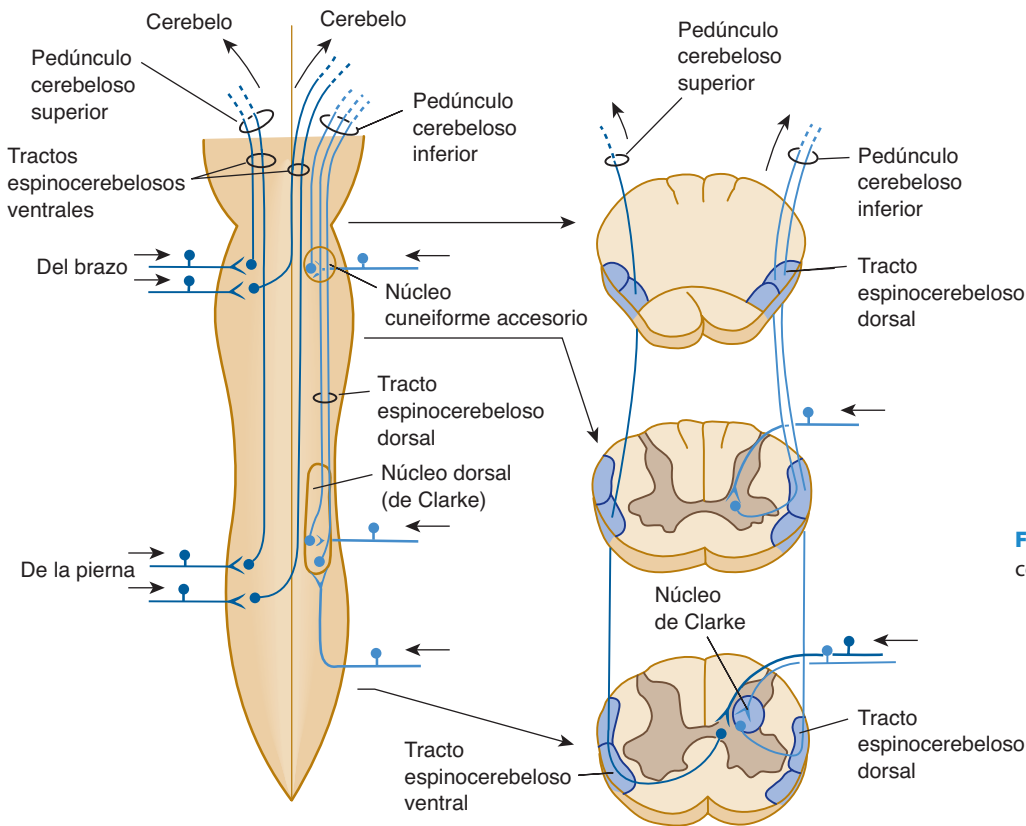


FIGURA 5-17 Sistemas espino-cerebelosos en la médula espinal.

El núcleo dorsal de Clarke no está presente arriba de C8; lo reemplaza, para la extremidad superior, un núcleo homólogo denominado núcleo cuneiforme accesorio. Las fibras de la raíz dorsal que se originan en los niveles cervicales hacen sinapsis con neuronas de segundo orden en este último núcleo.

Las neuronas de segundo orden del núcleo dorsal de Clarke forman el tracto espino-cerebeloso dorsal; las neuronas de segundo orden del núcleo cuneiforme lateral forman el **tracto cuneocerebeloso**. Ambos tractos permanecen en el lado ipsilateral de la médula espinal, ascendiendo a través del pedúnculo cerebeloso inferior hasta terminar en la corteza paleocerebelosa.

2. Tracto espino-cerebeloso ventral. Es un sistema implicado en el control del movimiento. Neuronas de segundo orden, localizadas en las láminas V, VI y VII en los segmentos lumbar y sacro de la médula espinal, envían axones que ascienden a través del pedúnculo cerebeloso superior a la corteza paleocerebelosa. Los axones de las neuronas de segundo orden se cruzan en su mayoría, aunque no del todo, y este tracto tiene poco valor para la localización de lesiones en la médula espinal.

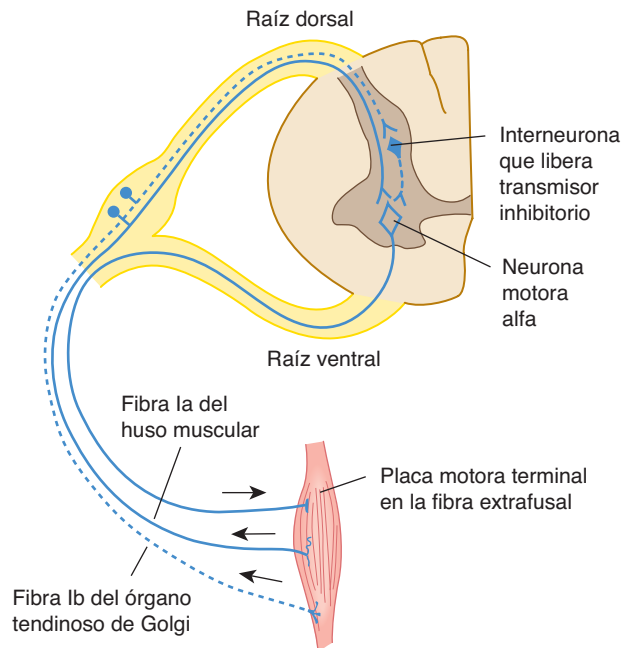


FIGURA 5-18 Diagrama que ilustra las vías responsables del reflejo de estiramiento y del reflejo de estiramiento inverso. El estiramiento estimula al huso muscular y los impulsos ascienden por la fibra Ia para estimular las neuronas motoras (alfa). El estiramiento también estimula el órgano tendinoso de Golgi, que está dispuesto a la par del músculo, y los impulsos que suben por la fibra Ib activan la neurona inhibitoria. Con un estiramiento fuerte, la hiperpolarización resultante de la neurona motora es tan grande que deja de emitir impulsos. (Reproducida, con autorización, de Ganong WF: *Review of Medical Physiology*, 22ª ed. McGraw-Hill, 2005.)

REFLEJOS

Los reflejos son mecanismos inconscientes de respuesta al estímulo. Son extremadamente importantes para el diagnóstico y localización de lesiones neurológicas (véase apéndice B).

Arco reflejo simple

El arco reflejo (figura 5-18) incluye un **receptor** (p. ej., un órgano sensorial especial, órgano terminal cutáneo o huso muscular, cuya

CUADRO 5-5 Resumen de reflejos.

Reflejos	Nervio aferente	Centro	Nervio eferente
Reflejos superficiales			
Corneal	V craneal	Protuberancia anular	VII craneal
Nasal (estornudo)	V craneal	Tronco encefálico y médula superior	VII craneal, V, VII, IX, X craneales y nervios espinales de espiración
Faríngeo y uvular	IX craneal	Bulbo raquídeo	X craneal
Abdominal superior	T7, 8, 9, 10	T7, 8, 9, 10	T7, 8, 9, 10
Abdominal inferior	T10, 11, 12	T10, 11, 12	T10, 11, 12
Cremasteriano	Femoral	L1	Genitofemoral
Plantar	Tibial	S1, 2	Tibial
Anal	Pudendo	S4, 5	Pudendo
Reflejos tendinosos			
Mandíbula	V craneal	Protuberancia anular	V craneal
Bíceps	Musculocutáneo	C5, 6	Musculocutáneo
Tríceps	Radial	C7, 8	Radial
Supinador largo	Radial	C5, 6	Radial
Rotuliano	Femoral	L3, 4	Femoral
Aquiles	Tibial	S1, 2	Tibial
Reflejos viscerales			
Luz	II craneal	Mesencéfalo	III craneal
Acomodación	II craneal	Corteza occipital	III craneal
Cilioespinal	Nervio sensorial	T1, 2	Simpático cervical
Ocilocardiaco	V craneal	Bulbo raquídeo	X craneal
Del seno carotídeo	IX craneal	Bulbo raquídeo	X craneal
Bulbocavernoso	Pudendo	S2, 3, 4	Pélvico autónomo
Vesical y rectal	Pudendo	S2, 3, 4	Pudendo y autónomos
Reflejos anormales			
Extensor plantar (Babinski)	Plantar	L3-5, S1	Extensor largo del dedo gordo

estimulación inicia un impulso); la **neurona aferente**, que transmite el impulso a través del nervio periférico hacia el sistema nervioso central, donde el nervio hace sinapsis con una neurona motora inferior o una neurona intercalada; una o más **neuronas intercaladas (interneuronas)** que, para algunos reflejos, dependen del impulso de la neurona eferente; la **neurona eferente** (en general una NMI), que sale del nervio y transmite el impulso a un efector; y un **efector** (p. ej., un músculo o glándula que produce la respuesta).

La interrupción de este arco reflejo simple en cualquier punto elimina la respuesta.

Tipos de reflejos

Los reflejos importantes para el neurólogo clínico pueden dividirse en cuatro grupos: superficiales (piel y membrana mucosa), tendinosos profundos (miotáticos), viscerales (orgánicos) y patológicos (anormales) (cuadro 5-5). Los reflejos también se pueden clasificar según el nivel de su representación central; por ejemplo, reflejos espinales, bulbares (reflejos posturales y de enderezamiento), mesencefálicos o cerebelosos.

Reflejos espinales

El reflejo espinal segmentario involucra a la neurona aferente y su axón dentro de un nervio periférico y raíz dorsal y a una uni-

dad motora al mismo nivel (figura 5-18). Las reacciones reflejas simples implican patrones específicos de contracción muscular. La demora entre estimulación y efecto es producto del tiempo necesario para la propagación del impulso por las fibras nerviosas implicadas y del retardo sináptico (1 ms para cada sinapsis). Para que se presente un reflejo específico, el arco reflejo (receptores musculares, axones sensoriales dentro de un nervio periférico y raíz dorsal, NMI y su axón, músculo) debe estar intacto; de este modo, la evaluación de los reflejos espinales puede dar información que es sumamente útil en la localización de lesiones que afectan al sistema nervioso.

A. Reflejos de estiramiento y sus sustratos anatómicos

Los reflejos de estiramiento (también llamados **reflejos tendinosos** o **reflejos tendinosos profundos**) proporcionan un mecanismo de retroalimentación para conservar el tono muscular apropiado (figura 5-18).

Estos reflejos dependen de receptores sensoriales especializados (husos musculares), fibras nerviosas aferentes (principalmente fibras Ia) que se extienden de estos receptores a través de las raíces dorsales hasta la médula espinal, dos tipos de NMI (**neuronas motoras alfa y gamma**) que tienen proyecciones al músculo e interneuronas inhibitorias especializadas (**células de Renshaw**).

B. Husos musculares

Son mecanorreceptores especializados localizados dentro de los músculos y proporcionan información sobre la longitud y la tasa de los cambios en la longitud del músculo. Los husos musculares contienen **fibras musculares intrafusales**, que están rodeadas de una cápsula de tejido conjuntivo. (Las fibras musculares intrafusales no deben confundirse con las **fibras extrafusales** o células musculares primarias, que son las unidades contráctiles regulares que proporcionan la fuerza que caracteriza a la contracción muscular.)

Dos tipos de fibras intrafusales (**fibras en saco nuclear** y **fibras en cadena nuclear**) están ancladas a los tabiques del tejido conjuntivo, que corren longitudinalmente dentro del músculo y están dispuestas en paralelo con las fibras musculares extrafusales. Dos tipos de axones aferentes, las fibras **Ia** y **II**, surgen de las terminaciones **primarias** (o **anuloespiniales**) y **secundarias** (o **en ramillete**) en las fibras intrafusales del huso muscular. Estos axones aferentes transmiten impulsos desde el huso muscular a la médula espinal, a través de las raíces dorsales. El huso muscular y sus fibras aferentes proporcionan información sobre la longitud del músculo (**respuesta estática**) y la **tasa del cambio** en la longitud del músculo (**respuesta dinámica**). La respuesta estática es generada por fibras en cadena nuclear; la respuesta dinámica es generada por fibras en saco nuclear. Después de ingresar a la sustancia gris espinal, las fibras aferentes Ia del huso muscular establecen conexiones monosinápticas, excitatorias, con las neuronas motoras alfa.

Los husos musculares están distribuidos en paralelo con las fibras musculares extrafusales. La extensión o estiramiento del músculo distorsiona las terminaciones sensoriales en el huso y genera un potencial de receptor. Esto causa que los axones aferentes del huso muscular (fibras Ia aferentes) emitan una descarga, con una frecuencia que es proporcional al grado de estiramiento (figura 5-19). Por el contrario, la contracción del músculo acorta los husos y conduce a un descenso en la tasa de descarga.

Los reflejos tendinosos profundos se relacionan con la resistencia al estiramiento inapropiado de los músculos y, por ello, contribuyen al mantenimiento de la postura corporal. Las fibras Ia de un huso muscular establecen una unión monosináptica con las neuronas motoras que inervan las fibras musculares extrafusales en el mismo músculo y producen potenciales postsinápticos excitatorios en ellas. El estiramiento de un músculo distiende el huso muscular, lo cual causa una descarga en una fibra aferente Ia en la raíz dorsal. Esto, a su vez, activa las neuronas motoras alfa que corren por el músculo, produciendo que las fibras musculares extrafusales se contraigan, de modo que el músculo se acorte.

Además de excitar en forma monosináptica las neuronas motoras alfa implicadas en el reflejo de estiramiento, las fibras aferentes Ia se proyectan, por medio de interneuronas inhibitorias, a grupos musculares antagonistas. Esta acción proporciona una **inhibición recíproca**, de modo que se excitan los flexores en tanto que se inhiben los extensores (o viceversa) de una manera coordinada.

C. Neuronas motoras alfa

Las fibras musculares extrafusales, responsables de la contracción muscular, están inervadas por grandes neuronas del asta anterior llamadas **neuronas motoras alfa**. Cuando estas neuronas emiten una descarga, los potenciales de acción se propagan, a través de los

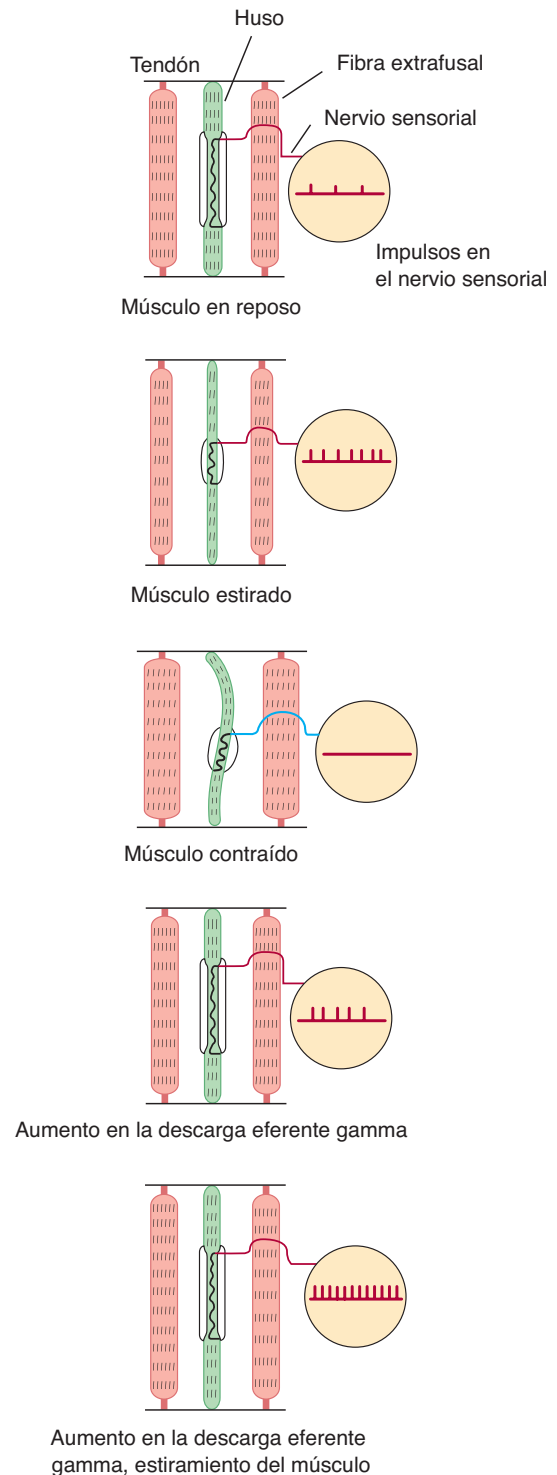
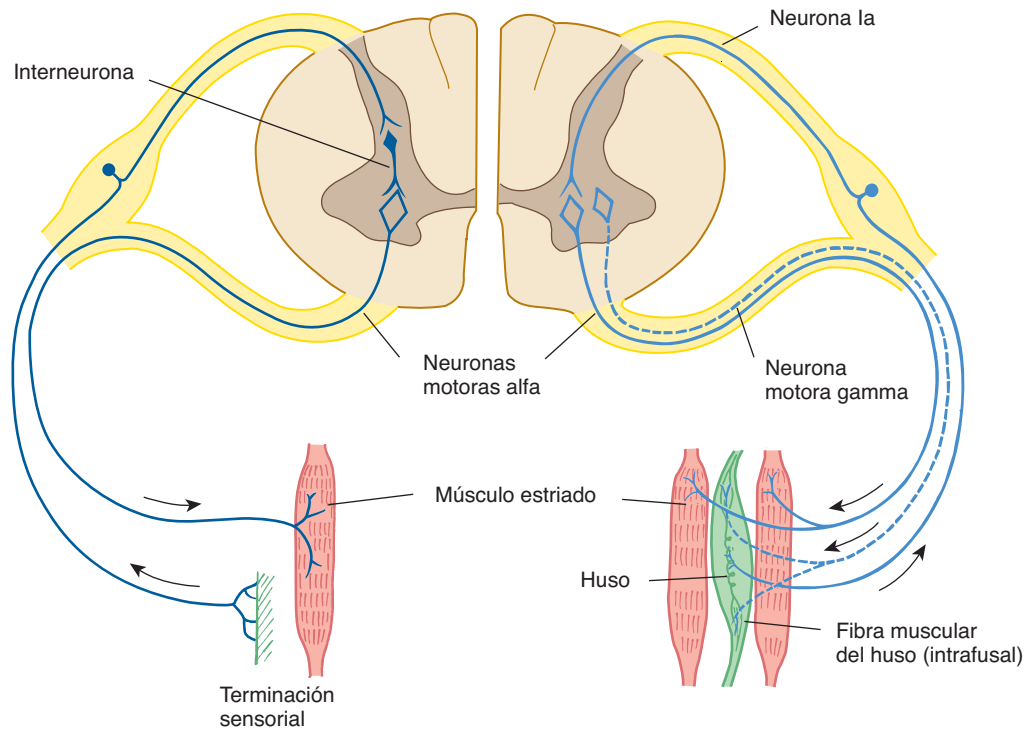


FIGURA 5-19 Efecto de diversas condiciones sobre la descarga en el huso muscular. (Reproducida, con autorización, de Ganong WF: *Review of Medical Physiology*, 22ª ed. McGraw-Hill, 2005.)

axones en las raíces ventrales y nervios periféricos, hasta la placa motora terminal, donde tienen un efecto excitatorio y producen contracción del músculo. Los axones de las neuronas motoras alfa tienen diámetros de 12 a 20 μm , y transmiten con rapidez los potenciales de acción, con velocidades de conducción de 70 a 120 m/s, de modo que llegan con rapidez a sus músculos diana.

FIGURA 5-20 Ilustración esquemática de las neuronas implicadas en el reflejo de estiramiento (mitad derecha) donde se muestra la inervación de las fibras extrafusales (músculo estriado) por parte de las neuronas motoras alfa y de las fibras intrafusales (dentro del huso muscular) por parte de las neuronas motoras gamma. La mitad izquierda del diagrama muestra un arco reflejo inhibitorio, que incluye una interneurona inhibitoria intercalada.



D. Neuronas motoras gamma

Cada huso muscular contiene, al interior de su cápsula, de 2 a 10 pequeñas fibras intrafusales. Estas fibras musculares intrafusales reciben su propia inervación de **neuronas motoras gamma**, que son neuronas motoras pequeñas y especializadas cuyos cuerpos celulares se localizan en el asta ventral (figura 5-20). Las neuronas motoras gamma tienen axones relativamente pequeños (en los grupos A γ , 3 a 6 μ m de diámetro) que conforman cerca de 25 a 30% de las fibras en la raíz ventral. Las descargas en las neuronas motoras gamma excitan las fibras musculares intrafusales para provocar en ellas una contracción. Esta acción no conduce directamente a una contracción muscular detectable, debido a que las fibras intrafusales son pequeñas. No obstante, las descargas de las neuronas motoras gamma sí aumentan la tensión en el huso muscular, lo cual aumenta la sensibilidad al estiramiento general del músculo. De este modo, el sistema de neurona motora alfa/fibra muscular intrafusales establece la “ganancia” en el huso muscular. Las tasas de descarga de las neuronas motoras alfa están reguladas por la actividad descendente desde el cerebro. Al modular los umbrales para los reflejos de estiramiento, las influencias descendentes regulan el tono muscular.

E. Células de Renshaw

Son interneuronas localizadas en el asta ventral que se proyectan a las neuronas motoras alfa y son inhibitorias. Las células de Renshaw reciben información sináptica excitatoria a través de colaterales, que se extienden de las neuronas motoras alfa. Estas células son parte de los circuitos de retroalimentación que previenen la hiperactividad en las neuronas motoras alfa.

F. Órganos tendinosos de Golgi

Un segundo conjunto de receptores, los órganos tendinosos de Golgi, está presente en los tendones de los músculos. Estos recep-

tores del estiramiento están dispuestos a la par de las fibras musculares extrafusales y activan el estiramiento o la contracción del músculo. Las fibras del grupo Ib se proyectan de los órganos tendinosos, a través de las raíces dorsales, hasta la sustancia gris espinal. Allí terminan en las interneuronas que inhiben a la neurona motora alfa que inerva el músculo agonista, con lo cual median el **reflejo de estiramiento inverso** (figura 5-18). Como resultado de este sistema de retroalimentación, estos receptores especializados previenen la hiperactividad de las neuronas motoras alfa.

G. Correlaciones clínicas

Si las fibras de las neuronas motoras alfa en la raíz ventral o en el nervio periférico se cortan o sufren una lesión, se reduce la resistencia del músculo al estiramiento. El músculo se vuelve débil y flácido y tiene poco tono.

El examen de los reflejos tendinosos profundos puede dar valiosa información diagnóstica; por ejemplo, la pérdida de todos los reflejos tendinosos profundos puede sugerir una polineuropatía (p. ej., síndrome de Guillain-Barré), en tanto que la pérdida o reducción de un reflejo tendinoso profundo específico (p. ej., pérdida del reflejo rotuliano en un lado) sugiere lesión a las fibras nerviosas aferentes o eferentes en los nervios o raíces que inervan ese reflejo.

Los músculos extensores grandes que sostienen al cuerpo se mantienen constantemente activos por coactivación de las neuronas motoras alfa y gamma. La transección de la médula espinal reduce de manera aguda el tono muscular por debajo del nivel de la lesión, lo cual indica que los axones supraespinales descendentes modulan las neuronas motoras alfa y gamma. En la fase *crónica* después de la transección de la médula espinal, existe hiperactividad de los reflejos de estiramiento por debajo del nivel de la lesión, lo cual produce **espasticidad**. Este trastorno es resultado de la pérdida de influencias moduladoras descendentes. La espasticidad

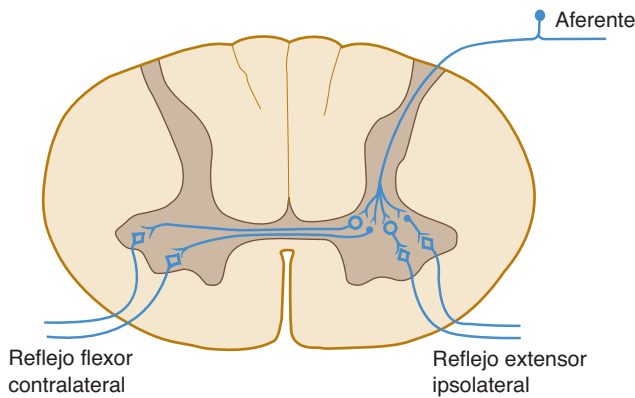


FIGURA 5-21 Esquema que ilustra los reflejos polisinápticos ipsolaterales y cruzados.

puede ser incapacitante y a menudo se trata con baclofeno, un agonista del ácido gamma aminobutírico. Sin embargo, en algunos pacientes, el aumento en el tono de la extensión en las extremidades inferiores espásticas es útil, ya que proporciona al menos una marcha espástica con las piernas rígidas después del daño al sistema corticoespinal (p. ej., después de un accidente cerebrovascular).

H. Reflejos polisinápticos

En contraste con el reflejo extensor de estiramiento (p. ej., rotuliano, del tendón de Aquiles), los reflejos polisinápticos cruzados no se limitan a un músculo; en general involucran muchos músculos en el mismo lado o en el lado contrario del cuerpo (figura 5-21). Estos reflejos tienen varias características fisiológicas:

- 1. Acción recíproca de antagonistas.** Los flexores se excitan y los extensores se inhiben en un lado del cuerpo; ocurre lo contrario en el lado opuesto del cuerpo.
- 2. Divergencia.** Los estímulos de unos cuantos receptores están distribuidos a muchas neuronas motoras en la médula espinal.
- 3. Sumación.** Los estímulos consecutivos o simultáneos subumbral se pueden combinar para iniciar el reflejo.
- 4. Jerarquía.** Cuando dos reflejos antagonistas se producen de manera simultánea, uno supera al otro.

Los **axones propioespinales**, localizados en la periferia de la sustancia gris espinal, son los axones de las neuronas del circuito

local que transmiten impulsos hacia arriba y hacia abajo a lo largo de varios segmentos, para coordinar los reflejos que involucran varios segmentos. Algunos investigadores nombran tracto propioespinal a estos axones.

LESIONES EN LAS VÍAS MOTORAS

Las lesiones en las vías motoras, el músculo o su unión mioneural, o el nervio periférico, dan por resultado, en todos los casos, alteraciones en el funcionamiento motor (figura 5-20; también véase capítulo 13). En los trastornos de la médula espinal se distinguen dos tipos principales de lesiones: de las neuronas motoras superiores e inferiores (cuadro 5-6).

Lesiones de las neuronas motoras inferiores

Una neurona motor inferior, la célula motora que se ocupa de la actividad de los músculos esqueléticos estriados, consiste en un cuerpo celular (localizado en el cordón gris anterior de la médula espinal o del tronco encefálico) y su axón, que pasa a la placa terminal motora del músculo por medio de los nervios periféricos o craneales (figura 5-22). Las neuronas motoras inferiores se consideran como la vía final común debido a que muchos impulsos neurales se canalizan por ellas hasta el músculo; es decir, los tractos corticoespinal, rubroespinal, olivoespinal, vestibuloespinal, reticuloespinal o tectoespinal, al igual que las neuronas intersegmentarias e intrasegmentarias, actúan sobre ellas.

Las lesiones de las NMI pueden estar localizadas en las células del cordón gris ventral de la médula espinal o tronco encefálico o en sus axones, que constituyen las raíces ventrales de los nervios espinales o craneales. Las lesiones pueden ser resultado de traumatismo, toxinas, infecciones (p. ej., poliomielitis, que puede afectar sólo a las neuronas motoras inferiores), trastornos vasculares, procesos degenerativos, neoplasias o malformaciones congénitas que afectan a las NMI en el tronco encefálico o médula espinal. La compresión de los axones de la raíz ventral (es decir, axones de NMI en la médula espinal) por discos intervertebrales herniados es una causa común de disfunción de estas neuronas. Los signos de las lesiones de las NMI incluyen **parálisis flácida** de los músculos afectados (cuadro 5-6); **atrofia** muscular con degeneración de las fibras musculares después de haber transcurrido algún tiempo; **disminución o ausencia de reflejos tendinosos profundos** (hiporreflexia o arreflexia) del músculo comprometido, y ausencia de reflejos patológicos (lo cual se analiza más adelante). Es posible que se presenten fasciculaciones y fibrilaciones.

CUADRO 5-6 Lesiones inferiores versus superiores de las neuronas motoras.

Variable	Lesión de neurona motora inferior	Lesión de neurona motora superior
Debilidad	Parálisis flácida	Parálisis espástica
Reflejos tendinosos profundos	Disminuidos o ausentes	Aumentado
Reflejo de Babinski	Ausente	Presente
Atrofia	Puede ser notable	Ausente o resultado de desuso
Fasciculaciones y fibrilaciones	Puede estar presente	Ausente

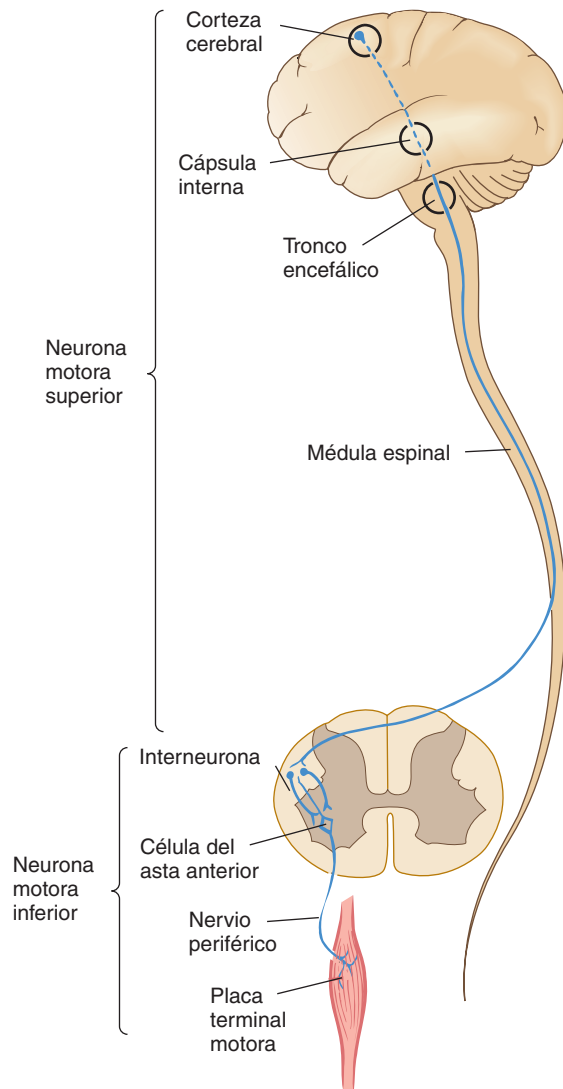


FIGURA 5-22 Vías motoras divididas en las regiones de las neuronas motoras superiores e inferiores.

Lesiones de las neuronas motoras superiores

El daño a los hemisferios cerebrales o al cordón blanco de la médula espinal puede causar signos de lesión de neuronas motoras superiores. Estos signos incluyen **parálisis o paresia** (debilidad) **espástica** de los músculos comprometidos (cuadro 5-6), **poca o ninguna atrofia muscular** (simplemente atrofia por desuso), **reflejos tendinosos profundos hiperactivos**, con disminución o ausencia de reflejos superficiales, y reflejos y signos patológicos, en especial el reflejo plantar extensor (**signo de Babinski**) (figura 5-23).

Las lesiones de las neuronas motoras superiores se observan comúnmente como resultado de accidentes cerebrovasculares, los cuales pueden dañar a estas neuronas en la corteza, y de infecciones y tumores, que pueden lesionar a las neuronas motoras superiores ya sea en el cerebro o a medida que descienden por la médula espinal. Los tractos corticoespinal, rubroespinal y reticuloespinal están muy cercanos o se superponen dentro del cordón blanco lateral. En general, la interrupción del tracto corticoespinal se acompaña de interrupción de los otros dos tractos, lo cual

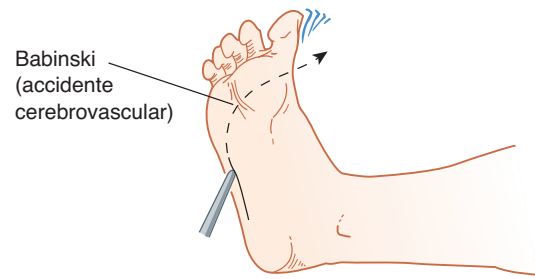


FIGURA 5-23 Prueba de reflejos plantares extensores.

produce espasticidad e hiperreflexia. Las lesiones aisladas del tracto corticoespinal son poco comunes; cuando llegan a ocurrir, causan pérdida del control motor fino (p. ej., pérdida de la destreza en dedos individuales), pero tienden a dejar sin afectación a los grupos musculares axiales (es decir, aquellos localizados de manera proximal en los miembros) que controlan el movimiento motor grueso de tórax y miembros.

Trastornos del tejido muscular o de las terminaciones neuromusculares

Es posible que el tejido muscular anormal sea incapaz de reaccionar en forma normal a los estímulos que le transmiten las NMI. Este efecto se manifiesta por debilidad, parálisis o contracción tetánica causadas por alteraciones en el músculo mismo o en la unión neuromuscular. La **miastenia grave** y el síndrome miasténico (Lambert-Eaton) son trastornos de la unión neuromuscular que se presentan con debilidad. Las **distrofias musculares** y las **miopatías inflamatorias** (como la polimiositis) son trastornos típicos de los músculos que se caracterizan por disfunción muscular (debilidad en presencia de tejido aparentemente normal).

Localización de las lesiones de la médula espinal

En la localización de las lesiones medulares es importante hacer las siguientes preguntas:

- 1) ¿A qué nivel inicia la anomalía (es decir, hay un **nivel sensorial** debajo del cual está alterada la sensación)? ¿La función motora está alterada por debajo de un nivel miotómico específico?
- 2) ¿Cuáles tractos están implicados?
- 3) ¿De qué lado están localizadas?
- 4) ¿Cuáles modalidades sensoriales están comprometidas (todas las modalidades, lo cual sugiere compromiso de los cordones lateral y dorsal; sentido de vibración y posición, que sugiere disfunción del cordón dorsal; o pérdida disociada de la sensibilidad del dolor y temperatura, que sugiere una lesión que afecta las fibras espinotalámicas, posiblemente en la parte central de la médula donde se cruzan)?

Una **lesión segmentaria** (lesión que afecta sólo un segmento de la médula espinal) daña las neuronas motoras en el sitio de la lesión (causando disfunción de NMI a ese nivel) y también los tractos descendentes (produciendo disfunción de neuronas motoras superiores por debajo del sitio de la lesión).

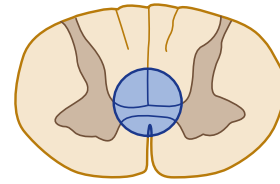
Tipos de lesiones de la médula espinal

Varios sitios típicos de lesiones patológicas en la médula espinal producen síndromes característicos:

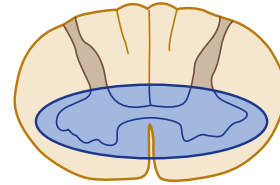
- 1) Una **lesión central pequeña** puede afectar las fibras cruzadas del tracto espinotalámico de ambos lados sin afectar otros tractos ascendentes o descendentes. Como resultado, es posible que estas lesiones produzcan anomalías sensoriales disociadas con pérdida de la sensibilidad al dolor y temperatura en dermatomas apropiadas, pero con una conservación del sentido de vibración y posición. Esto ocurre, por ejemplo, en la *siringomielia* (véase la siguiente sección) (figura 5-24A).
- 2) Una **lesión central grande** compromete, además de las vías relacionadas con dolor y temperatura, porciones de los tractos adyacentes, sustancia gris contigua o ambas. En consecuencia, puede haber debilidad de las NMI en los segmentos afectados, junto con disfunción de neuronas motoras superiores y, en algunos casos, pérdida del sentido de vibración y posición en niveles inferiores a la lesión (figura 5-24B).
- 3) Una **lesión al cordón dorsal** afecta los cordones dorsales, sin dañar otras partes de la médula espinal. De este modo, existe compromiso de la sensación propioceptiva y de vibración, pero otras funciones son normales. El compromiso aislado de los cordones dorsales ocurre en la **tabes dorsal**, una forma de sífilis terciaria (véase discusión posterior), que afortunadamente es rara en la actualidad debido a la disponibilidad de antibióticos (figura 5-24C).
- 4) Una **lesión periférica irregular** (p. ej., herida punzocortante o compresión de la médula) afecta las vías largas y la sustancia gris; se suprimen las funciones por debajo del nivel de la lesión. En la práctica, muchas heridas penetrantes en la médula espinal (heridas por puñalada o por arma de fuego) causan lesiones irregulares (figura 5-24D).
- 5) La **hemisección completa** de la médula produce un **síndrome de Brown-Séquard** (véase discusión posterior; figuras 5-24E y 5-25).

Las lesiones fuera de la médula (lesiones extramedulares) pueden afectar la función de la médula en sí como resultado de lesión mecánica directa o daño isquémico secundario producto del compromiso de las estructuras vasculares o por vasoespasmo.

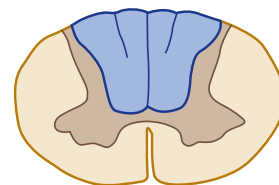
- 6) Un **tumor de la raíz dorsal** (como un neurofibroma o un schwannoma) afecta las neuronas sensoriales de primer orden de un segmento y puede causar dolor al igual que pérdida sensorial. Es posible que se pierdan los reflejos tendinosos profundos al nivel apropiado debido a daño a las fibras Ia (figura 5-24F).
- 7) Un **tumor de las meninges** o del **hueso** (masas extramedulares) puede comprimir la médula espinal contra una vértebra, causando disfunción de los sistemas de fibras ascendentes y descendentes (figura 5-24G). Es posible que los tumores creen metástasis al espacio epidural, causando compresión de la médula. Los discos intervertebrales herniados también llegan a comprimir la médula espinal. Esta compresión puede ser tratable si se le diagnostica con prontitud. La sospecha de compresión de la médula espinal requiere, por ende, intensos estudios diagnósticos con carácter de urgencia.



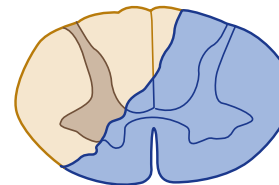
A. Lesión central pequeña



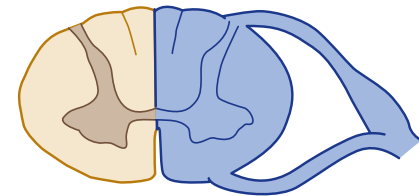
B. Lesión central grande



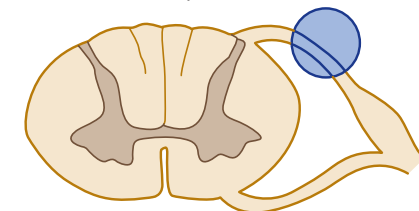
C. Lesión del cordón dorsal



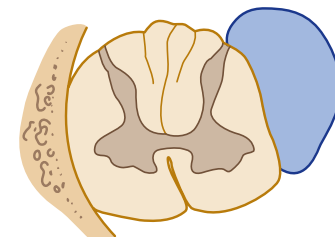
D. Lesión irregular



E. Hemisección completa



F. Tumor en la raíz dorsal



G. Compresión de la médula dentro de la vértebra por masa extramedular

FIGURA 5-24 Esquema que ilustra los diversos tipos (A-G) de lesiones en la médula espinal.

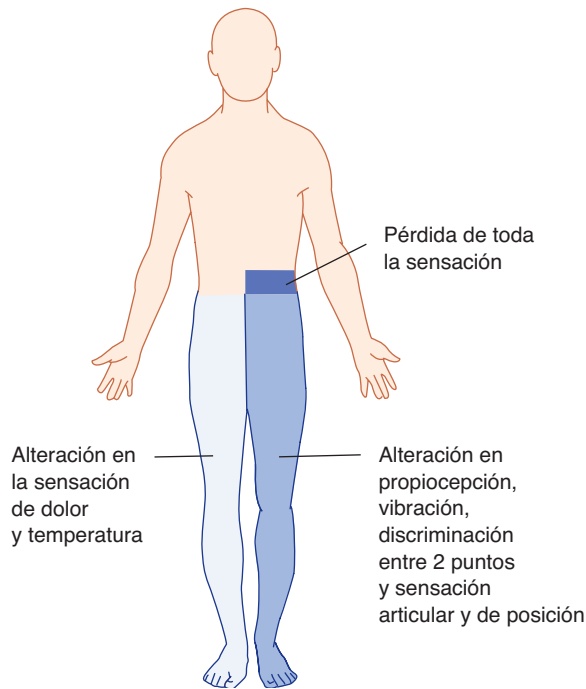


FIGURA 5-25 Síndrome de Brown-Séquard con lesión del lado izquierdo al nivel de la décima vértebra torácica (no se muestran las deficiencias motoras).

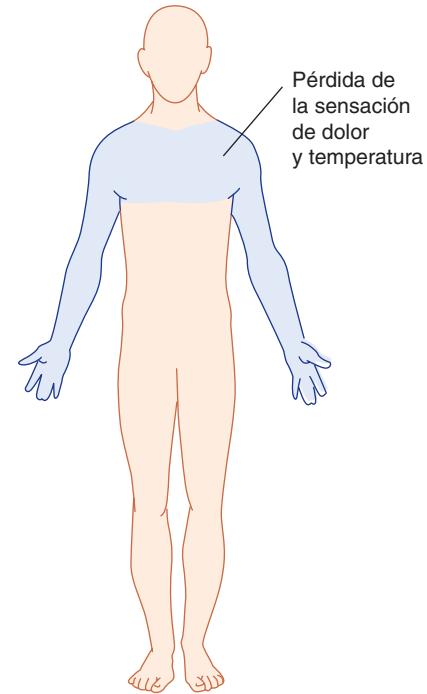


FIGURA 5-26 Siringomielia que compromete la porción cervicotorácica de la médula espinal.

EJEMPLOS DE TRASTORNOS ESPECÍFICOS DE LA MÉDULA ESPINAL

Compresión de la médula espinal

La compresión de la médula espinal —debida, por ejemplo, a un tumor extramedular como un meningioma, neurofibroma o cáncer metastásico, absceso epidural o rotura de un disco intervertebral— puede lesionar la médula espinal y progresar con rapidez a paraplejía o cuadriplejía irreversible si no se trata con prontitud. De este modo, los pacientes en los que se sospecha una compresión de la médula espinal, por ejemplo, pacientes con debilidad en las piernas o con deficiencias sensoriales, deberían ser evaluados de manera urgente.

Siringomielia

La siringomielia se caracteriza por pérdida de la sensación de dolor y temperatura a diversos niveles segmentarios, aunque el paciente por lo general conserva la sensación de tacto y presión, al igual que de vibración y posición (**anestesia disociada**) (figura 5-26). Debido a que, en general, la lesión compromete la parte central de la médula espinal y está confinada a un número limitado de segmentos, afecta los tractos espinotalámicos cruzados sólo en estos segmentos y provoca un patrón de pérdida *segmentaria* de la sensación de dolor y temperatura. Cuando ocurre este tipo de lesión en la región cervical, se presenta un patrón de pérdida sensorial en forma de capucha. Si la lesión también afecta la sustancia gris ventral, puede haber lesiones de NMI (figura 5-27).

Tabes dorsal

La tabes dorsal, una forma de neurosífilis terciaria, se caracteriza por daño a las raíces y cordones dorsales. Como resultado de este daño, se presenta alteración en propiocepción y sentido de vibración, junto con pérdida de los reflejos tendinosos profundos, que no pueden provocarse debido a que la vía aferente la ha sido dañada. Los pacientes exhiben “ataxia sensorial”. En general está presente el **signo de Romberg** (incapacidad para mantener una postura erguida con los pies juntos y los ojos cerrados, debido a pérdida de la información propioceptiva entrante). En ocasiones existen **articulaciones de Charcot** (destrucción de superficies articulares como resultado de lesión repetida a las articulaciones insensibles). También se presentan alteraciones sensoriales subjetivas que se conocen como **crisis tabéticas** y que consisten en intensos dolores espasmódicos en estómago, laringe y otras vísceras.

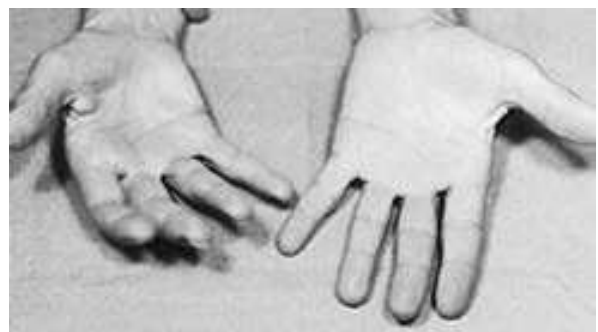


FIGURA 5-27 Emaciación de los músculos pequeños de las manos en una mujer con siringomielia.

Síndrome de Brown-Séquard

Este síndrome es producido por hemisección de la médula espinal como resultado, por ejemplo, de heridas de bala o por apuñalamiento, siringomielia, tumor de la médula espinal o hematomielia. Los signos y síntomas incluyen parálisis ipsolateral de NMI en los segmentos de la lesión (resultado de daño a las NMI) (figura 5-25); parálisis ipsolateral de neuronas motoras superiores por debajo del nivel de la lesión (resultado del daño al tracto corticoespinal lateral); una zona ipsolateral de anestesia cutánea en el segmento de la lesión (producto de daño a las fibras aferentes que han ingresado a la médula pero que todavía no se cruzan), y pérdida ipsolateral de las sensaciones propioceptivas, vibratorias y de discriminación entre dos puntos, por debajo del nivel de la lesión (resultado del daño a los cordones dorsales). También existe pérdida contralateral de la sensación de dolor y temperatura por debajo de la lesión (producto de daño a los tractos espinotalámicos, que ya se han cruzado por debajo de la lesión). Es posible que se presente hiperestesia, ipsolateral o en ambos lados, en el segmento de la lesión o por debajo de ese nivel. En la práctica, los síndromes de Brown-Séquard “puros” son

CASO 2

Una chica de 15 años de edad fue canalizada a valoración por debilidad en las piernas que tenía un progreso de dos semanas. Dos años antes había comenzado a sentir dolor entre los omóplatos. El dolor, que se extendía al brazo izquierdo y hasta el dedo medio de la mano izquierda, a veces se acentuaba debido a la tos, estornudos o risa. Un quiropráctico había manipulado la columna vertebral; no obstante, había persistido un dolor leve en la parte superior de la espalda. La pierna izquierda y, de manera más reciente, la pierna derecha, habían presentado debilidad y entumecimiento. En los últimos días, la paciente había empezado a tener problemas para iniciar la micción.

El examen neurológico mostró un grado mínimo de debilidad en la extremidad superior y en la muñeca del lado izquierdo. Había una notable disminución en el movimiento voluntario en la pierna izquierda y un poco menos en la derecha. Las articulaciones de la pierna izquierda mostraban aumento en la resistencia al movimiento pasivo y espasticidad. Los reflejos radiales y del bíceps estaban disminuidos del lado izquierdo, pero eran normales del lado derecho; los reflejos rotulianos y aquileos presentaban aumento en ambos lados. Ambas respuestas plantares eran extensoras y los reflejos abdominales estaban ausentes bilateralmente. Había disminución bilateral en la sensación de dolor al nivel de C8 y también en la sensación de tacto ligero al nivel de C7.

¿Dónde está la lesión? ¿Cuál es el diagnóstico diferencial? ¿Qué procedimientos imagenológicos serían más informativos? ¿Cuál es el diagnóstico más probable?

poco comunes debido a que las lesiones de la médula espinal son irregulares.

Degeneración combinada subaguda (esclerosis posterolateral)

La deficiencia en la captación (o metabolismo) de vitamina B₁₂ (cianocobalamina) puede dar por resultado una degeneración en los cordones dorsal y lateral de sustancia blanca. Existe pérdida del sentido de posición, discriminación entre dos puntos y sensación de vibración. Se observan marcha atáxica, debilidad muscular, reflejos tendinosos profundos hiperactivos, espasticidad de las extremidades y signo positivo de Babinski.

Choque espinal

Este síndrome es resultado de transección aguda o lesión grave de la médula espinal por pérdida repentina de la estimulación proveniente de niveles superiores o por una sobredosis de anestésico espinal. Todos los segmentos del cuerpo por debajo del nivel de la lesión se paralizan y no tienen sensación; se suprimen todos los reflejos por debajo de la lesión, incluyendo los reflejos autónomos. En general el choque espinal es transitorio y puede desaparecer en 3 a 6 semanas, seguido por un periodo de incremento en la respuesta refleja.

CASO 3

Un fotógrafo de 66 años de edad fue canalizado para valoración a causa de debilidad progresiva en ambas piernas que había comenzado hace unos nueve meses. Dos meses antes, su brazo había presentado debilidad, pero a menor grado. De manera reciente, el paciente había comenzado a tener dificultades para deglutir alimentos sólidos y su habla se había vuelto “ronca”. Había perdido casi 14 kg (30 libras) de peso.

El examen neurológico mostró pérdida de función en los músculos de la expresión facial, deficiente elevación de la campanilla, voz ronca y pérdida de la movilidad de la lengua. Se notó atrofia muscular en el área de los hombros, en los músculos intrínsecos de las manos y en los músculos proximales de las piernas, siendo ligeramente más pronunciada en la pierna izquierda que en la derecha. Las cuatro extremidades mostraron fasciculaciones en reposo. La fortaleza de todas las extremidades estaba disminuida. Las pruebas cerebelosas fueron normales. Había reducción en todos los reflejos y algunos estaban ausentes; ambas respuestas plantares eran extensoras. Todas las modalidades sensoriales estaban intactas.

La biopsia de músculo reveló diversas etapas de atrofia por desnervación. ¿Cuál es el diagnóstico más probable?

Los casos se analizan en forma adicional en el capítulo 25.

REFERENCIAS

- Binder MD (editor): *Peripheral and Spinal Mechanisms in the Neural Control of Movement*. Elsevier, 1999.
- Brown AG: *Organization in the Spinal Cord*. Springer-Verlag, 1981.
- Byrne TN, Benzel E, Waxman SG: *Diseases of the Spine and Spinal Cord*. Oxford Univ Press, 2000.
- Davidoff RA (editor): *Handbook of the Spinal Cord*, vols 1–3. Marcel Dekker, 1984.
- Kuypers HGJM: The anatomical and functional organization of the motor system. In: *Scientific Basis of Clinical Neurology*. Swash M, Kennard C (editors). Churchill Livingstone, 1985.
- Rexed BA: Cytoarchitectonic atlas of the spinal cord. *J Comp Neurol* 1954;100:297.
- Thach WT, Montgomery EB: Motor system. In: *Neurobiology of Disease*. Pearlman AL, Collins RC (editors). Oxford Univ Press, 1990.
- Willis WD, Coggeshall RE: *Sensory Mechanisms of the Spinal Cord*, 2nd ed. Plenum, 1992.