

**ANATOMIA DINAMICA Y FUNCIONAL
DEL
SISTEMA NERVIOSO Y
ORGANOS DE LOS SENTIDOS**

Dr. Jorge Parra Navas

VB

CONTENIDO

CAPITULO I

FILOGÉNESIS. Centralización. Encefalización. Telencefalización.

ONTOGÉNESIS. Formación de la placa, canal y tubo neural. Vesículas embrionarias y sus derivados. Cresta neural y sus derivados. Origen de las meninges. Origen de los plexos coroides y del líquido cefalorraquídeo.

CAPITULO II

MÉDULA ESPINAL. Su desarrollo ontogenético. Capa matriz. Capa del manto. Capa marginal. Placa alar y basal. Sus derivados. Origen de los ganglios raquídeos y raíces dorsales.

MÉDULA ESPINAL. Forma. Dimensiones. Peso. Engrosamientos. Relaciones. Medios de fijación. Correlación médula-conducto raquídeo. Cola de caballo.

MÉDULA ESPINAL. Morfología externa. Surcos de la cara anterior y posterior. Límites de los cordones. Origen del nervio espinal. Raíz anterior y raíz posterior. Ganglio raquídeo. Trayecto y relaciones de las raíces y nervio espinal. Terminación de los nervios espinales.

MENINGES. Duramadre raquídea. Piamadre. Aracnoides.

MÉDULA ESPINAL. Morfología interna. Conducto central. Sustancia gris y sustancia blanca.

SUSTANCIA GRIS. Columna anterior. Columna posterior. Columna lateral. Comisura gris. Citoarquitectura de la médula. Núcleos y áreas funcionales de la sustancia gris.

SUSTANCIA BLANCA. Haces ascendentes. Haces descendentes. Sistematización de los cordones medulares. Vías de conducción de la médula. Vías sensitivas. Vías motoras. Vascularización de la médula.

ANATOMÍA APLICADA. El reflejo. Su definición. Circuito Gamma y sus características. Neurona motora superior. Neurona motora inferior. Manifestaciones clínicas de las lesiones. Disociaciones de la sensibilidad. Disociación tabética. Disociación siringomielica. Hemisección medular (síndrome de Brown Sequard). Sus manifestaciones clínicas. Shock medular. Determinación del nivel de lesión según las manifestaciones clínicas. Inervación motora segmentaria del cuerpo.

CAPITULO III

TALLO ENCEFÁLICO. Límites y dimensiones. **Morfología externa:** cara anterior, posterior y laterales. Piso del cuarto ventrículo. **Morfología interna:** sustancia gris y sustancia blanca. **Sustancia gris:** factores que influyen en su organización. Decusación motora. Decusación sensitiva. Formación del cuarto ventrículo. Presencia de fibras arciformes. Columnas motoras, sensitivas y vegetativas. Núcleos que de ellas derivan. **Sustancia gris homóloga:** núcleos somatomotores, somatosensitivos, visceromotores y viscerosensitivos. **Sustancia gris propia:** núcleos propios del bulbo, protuberancia y mesencéfalo. **Formación reticular:** definición. Ubicación. Características histológicas. Columnas reticulares, medial, central y lateral. Núcleos y grupos celulares ubicados en ellas. Conexiones aferentes y eferentes. Clasificación topográfica. Función.

SUSTANCIA BLANCA. Haces ascendentes, de origen medular, de origen bulbar, de origen protuberancial, de origen mesencefálico. Haces descendentes, de origen cortical, de origen subcortical, de origen mesencefálico, de origen protuberancial, de origen bulbar. Sistematización blanca del bulbo, protuberancia y mesencéfalo.

ANATOMÍA APLICADA. Manifestaciones de las lesiones de las vías sensitivas por debajo o por encima de sus decusaciones. Irritación de los núcleos vestibulares. Manifestaciones clínicas de las lesiones de la vía piramidal, por encima y por debajo de su decusación. Signos dependientes de los núcleos abducentis, inferior del facial e hipogloso por lesión de la vía corticonuclear. Manifestaciones producidas por lesiones combinadas de los haces piramidales y los eferentes (nervios craneales) de los núcleos somatomotores. Parálisis alterna bulbar, protuberancial y peduncular. Rigidez de descerebración.

CAPITULO IV

EL CEREBELO. **Morfología externa:** cara superior, cara inferior. Escotaduras anterior y posterior. Circunferencia. Región petropontocerebelosa. Elementos que la atraviesan. División filogenética: archicerebelo, paleocerebelo y neocerebelo. División anatómica: lóbulo floculonodular. Lóbulo anterior y lóbulo posterior. **Morfología interna:** mielo

y citoarquitectura cerebelosa. Capa molecular. Capa de células de Purkinje. Capa granulosa. Fibras trepadoras y musgosas. Núcleos cerebelosos: fastigi, emboliforme, globoso y dentado. Sus aferencias y eferencias. Conexiones del cerebelo. Funciones del cerebelo. El cerebelo como computadora. El cerebelo como amortiguador. El cerebelo como comparador. Su papel en el tono, la postura y el equilibrio.

ANATOMÍA APLICADA. Manifestaciones que derivan de su lesión y/o de sus pedúnculos. El síndrome cerebeloso.

CAPITULO V

EL CEREBRO. Estudio del telencéfalo. Topografía cortical. Surcos, cisuras y circunvoluciones de las caras cerebrales. Cito y mieloarquitectura de la corteza cerebral. Areas funcionales corticales. El movimiento voluntario. El sistema límbico. Estructuras corticales y subcorticales que lo forman. Conexiones intrínsecas y extrínsecas. Su significación funcional.

CAPITULO VI

EL CEREBRO. Estudio del diencefalo. **EL TALAMO:** morfología externa. Relaciones. Morfología interna. Clasificación filogenética, anatómica y funcional de sus núcleos. Conexiones. Su significación funcional. El síndrome talámico. **EL EPITÁLAMO,** cuerpo pineal o epífisis. Comisura habenuar. Comisura blanca posterior. Habénula. **EL HIPOTÁLAMO:** morfología externa. Relaciones. Morfología interna. Su organización en regiones. Núcleos que lo forman. Conexiones. Su significación funcional. **EL CUERPO ESTRIADO:** morfología externa. Relaciones del núcleo caudado y del núcleo lenticular. Morfología interna. Su organización filogenética. Conexiones. Su significación funcional.

CAPITULO VII

EL CEREBRO. Morfología interna: comisuras telencefálicas. Morfología externa e interna del **CUERPO CALLOSO** y **FORNIX.** **CÁPSULA INTERNA:** su morfología general y porciones constituyentes. **CENTRO OVAL,** fibras que lo forman: fibras de asociación, fibras comisurales, aferentes y eferentes-corticales. **CAVIDADES CEREBRALES:** ventrículo medio, su ubicación y constitución. Ventrículos laterales: ubicación y constitución de sus tres prolongaciones.

CAPITULO VIII

EL CEREBRO. Circulación arterial. Polígono de Willis. Su constitución por los sistemas vertebral y carotideo. Origen, trayecto y distribución de las arterias: **CEREBRAL ANTERIOR. COMUNICANTE ANTERIOR. CEREBRAL MEDIA. CEREBRAL POSTERIOR. COMUNICANTE POSTERIOR.** Circulación venosa. Venas superficiales. Venas profundas. Venas de la base. Círculo venoso. **ENVOLTURAS CEREBRALES: DURAMADRE,** su superficie exterior e interior. Tienda del cerebelo. Hoz del cerebro. Hoz del cerebelo. Tienda de la hipófisis. Compartimientos intracraneales. Senos de la duramadre. Seno longitudinal superior. Senos laterales. Senos cavernosos. Senos petrosos. Seno longitudinal inferior. Seno recto. Seno occipital. Anastomosis intersinusales. Vena de Trolard. Vena de Labbé.

MENINGE BLANDA: ARACNOIDES Y PIAMADRE. Espacio subaracnoideo. Cisternas del compartimiento cerebral. Cisterna optoquiasmática. Cisterna silviana. Cisterna Ambiens. Cisterna Póntica. Cisterna Cerebelosa superior. Cisterna magna. Granulaciones aracnoideas.

CAPITULO IX

VÍAS DE CONDUCCIÓN NERVIOSA. Vías aferentes somáticas generales. Sensibilidad profunda consciente e inconsciente. Vías especiales: visión, audición, vestibular. Vías aferentes viscerales: sensibilidad general y dolorosa. Sensibilidad especial: gusto y olfato. Vías eferentes somáticas voluntarias. Vía piramidal: córtico espinal y córtico nuclear. Vías eferentes somáticas involuntarias: vías extrapiramidales. Vías eferentes viscerales. Parasimpático craneal y sacro. El simpático. Cadenas laterovertebrales y prevertebrales. Plexos previscerales.

CAPITULO X

ORGANO DE LA VISIÓN. El ojo y sus anexos. Cápsula de Tenon. Los párpados. Aparato lagrimal. **GLOBO OCULAR;** segmento anterior: córnea. Cámara anterior. Iris. Cámara posterior. Cristalino. Segmento posterior: esclerótica. Coroides. Retina. Estructura de la retina.

ORGANO DE LA AUDICIÓN. OÍDO EXTERNO: pabellón auricular y conducto auditivo externo. **OÍDO MEDIO:** pared externa y membrana timpánica. Pared interna o laberíntica. Pared anterior y trompa de eustaquio. Pared posterior y antro mastoideo. Pared superior y Tegmen timpani. Pared inferior o yugular. **CONTENIDO DEL OÍDO MEDIO:** cadena de huesecillos. Músculo del martillo y músculo del estribo. **OÍDO INTERNO,** laberinto óseo: vestíbulo, conductos semicirculares y caracol. Laberinto membranoso: utrículo, sáculo, conductos semicirculares y conducto coclear. Receptor acústico: órgano de corti. Espacios y líquidos del oído interno. Mecanismo de estimulación del órgano de corti. Tipos de sordera. Distribución del nervio vestibulococlear.

ORGANO DEL GUSTO. La lengua. Su configuración externa. Su constitución anatómica. Hueso hioides y músculos de la lengua. Mucosa lingual.

ORGANO DEL OLFATO. Nariz: su constitución. **FOSAS NASALES:** vestíbulo nasal y fosas nasales propiamente dichas. Sus paredes. Mucosa nasal. Estructura de la mucosa olfatoria. Epitelio respiratorio. Cavidades anexas a las fosas nasales: seno maxilar. Seno frontal. Senos etmoidales. Seno esfenoidal.

ORGANO DEL TACTO. Estructura de la PIEL. **EPIDERMIS.** Sus capas: zona germinativa y zona córnea. **DERMIS.** Sus capas: reticular y papilar. **HIPODERMIS.** Su constitución. Músculos cutáneos y bolsas serosas. Receptores cutáneos: terminaciones libres, discos de Merckel, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Vater-Pacini, corpúsculos de Krause y Ruffini.

CAPITULO XI

TERMINOLOGÍA NEUROANATÓMICA. Basada en la nómina de Wiesbaden, 1965.

Sistema vegetativo.
o visceral. consta de los mismos
elementos que el somático, pero sus
neuronas aferente se ubica en el ganglio
raquídeo, neurona intercalares en la parte
anterior de la comisura gris y la neurona eferente
se ubica fuera del S.N.C, en su gan-
glio denominado ganglio vegetal.

Sistema nervioso
somático.

* neurona intercalar: se
ubica entre la neurona aferente
y la eferente, su función es
conducir el impulso nervioso.

CAPITULO I

Filogénesis y ontogénesis del sistema nervioso

* Neurona eferente: recibe
el impulso nervioso de la
neurona aferente y lo lleva
al músculo.

FILOGENESIS

Comprende el estudio evolutivo del sistema nervioso que se realiza a través de las diferentes especies animales. Para poder comprender la estructura actual del sistema nervioso en el hombre, es útil saber cómo se ha ido modificando este sistema, desde los seres más simples hasta los más complicados y elevados en la escala zoológica. En los animales más simples, en los unicelulares, como la ameba, el protoplasma es a la vez excitable, conductor y contráctil, es decir, la materia protoplasmática actúa a la vez como sistema nervioso y como sistema muscular.

Esta disposición simple y unitaria le permite relacionarse con el medio ambiente reaccionando ante las modificaciones del mismo. En los animales multicelulares, a medida que vamos escalando en las especies animales, observaremos que se van agregando nuevos elementos nerviosos a los ya existentes, desarrollándose un sistema nervioso cada vez más complejo y más funcional que responda a las necesidades del animal. La primera célula nerviosa que aparece como elemento diferenciado y autónomo, lo hace en la periferia del organismo animal. Esta localización periférica se debe a que se origina en la capa embrionaria más externa: el ectodermo. Esta primera neurona presenta una dendrita que va a la superficie corporal y es capaz a través de los receptores (exterorreceptores) de reaccionar ante las modificaciones del medio ambiente. Presenta también un axón que va a la profundidad del organismo poniéndose en contacto con el músculo para transmitirle el mensaje (impulso nervioso) que se ha originado como consecuencia de una variación ambiental y que ha sido captada por los receptores y la dendrita de la célula.

Debido a la función que representa esta primera neurona, recibe el nombre de NEURONA AFERENTE o SENSITIVA. Aparece luego otra neurona que se coloca entre la neurona aferente y el músculo, es decir, su dendrita sinapta con el axón de la neurona aferente y su

axón con el músculo. Esta neurona que está recibiendo el impulso nervioso de la neurona aferente y que a su vez lo lleva al músculo recibe el nombre de NEURONA EFERENTE o MOTORA. Posteriormente hace su aparición otra célula nerviosa que se introduce entre la neurona aferente y la eferente, por su situación ha sido denominada NEURONA INTERCALAR y su función es conducir el impulso nervioso desde la neurona sensitiva hasta la motora. De acuerdo con lo anteriormente expuesto hemos descrito dos cadenas neuronales, a saber, una formada por dos neuronas: aferente y eferente, con una sola sinapsis que va a originar en el futuro al arco reflejo bineural, monosináptico y otra formada por tres neuronas: aferente, intercalar y eferente primordio del arco reflejo polineural y polisináptico. En el primer arco el impulso nervioso viaja más rápidamente, por lo tanto la respuesta es más rápida y localizada. En el segundo arco, por ser polisináptico, el impulso viaja más lento y la respuesta es difusa.

Hasta ahora hemos descrito el desarrollo filogenético del sistema nervioso somático o de la vida de relación. Al lado de este sistema existe otro que se desarrolla al mismo tiempo que lo hacen las vísceras, es el sistema nervioso visceral o vegetativo que en esencia consta de los mismos elementos que el somático, pero varían en cuanto a su ubicación. En el sistema nervioso vegetativo la neurona aferente se sitúa en el ganglio raquídeo, la neurona intercalar se coloca en la parte anterior de la comisura gris (zona preependimaria o visceromotora) y la neurona eferente se coloca fuera del sistema nervioso central, en un ganglio que se denomina ganglio vegetativo. De esta manera se establece la gran diferencia entre los dos sistemas, en el sistema nervioso somático la neurona motora se coloca en el asta anterior medular. En el sistema vegetativo la motoneurona se coloca fuera, en el ganglio vegetativo. El axón de la neurona intercalar vegetativa que va hasta el ganglio vegetativo recibe el nombre de fibra preganglionar. El axón de la neurona ganglionar vegetativa que se dirige a la víscera recibe el nombre de fibra postganglionar.

x que
con el
músculo
le traen
este infor-
mación.



CENTRALIZACION

Es el proceso mediante el cual se forman los centros nerviosos gracias a la reunión y organización de las neuronas que tienen una función común (neurobiotaxis de Kappers 1916-1919), así las neuronas aferentes, que al comienzo de su aparición en la escala zoológica tenían una ubicación en la periferia del organismo, van a dirigirse a la profundidad para constituir en conjunto el ganglio raquídeo. Las neuronas intercalares van a agruparse en el asta posterior para constituir los centros sensitivos de esta asta. Las neuronas eferentes van a colocarse ventralmente para formar los centros motores del asta anterior.

GANGLIO RAQUIDEO

Se presenta como una estructura nerviosa colocada por fuera y a los lados de la médula, en el trayecto de la raíz posterior. Está constituido por tres tipos de neuronas que según la dirección que tomen sus dendritas se clasifican en: 1) Neurona exteroceptiva, cuya dendrita va a la piel y se continúa con los receptores exteroceptivos para captar la sensibilidad superficial (dolor, temperatura y tacto), su axón se dirige al asta posterior y termina haciendo sinapsis con la dendrita de la neurona intercalar colocada en dicha asta. 2) Neurona propioceptiva, cuya prolongación periférica se dirige a los músculos, tendones y articulaciones para continuarse con los receptores propioceptivos colocados en dichas estructuras captando en esa forma la sensibilidad profunda. Su axón se dirige al asta posterior medular donde termina sinaptando con las dendritas de las neuronas intercalares. 3) Neurona vegetativa, su dendrita va a la víscera continuándose con los receptores especializados o interoceptores. Su axón se dirige a la zona preependimaria de la comisura gris medular para hacer sinapsis con la dendrita de la neurona intercalar allí situada.

ASTA POSTERIOR MEDULAR

En ella se agrupan las neuronas intercalares para formar los centros sensitivos. Según su conexión con las neuronas ganglionares se dividen en: 1) Centros exteroceptivos, los que reciben conexión de la neurona ganglionar exteroceptiva. 2) Centros propioceptivos, los que reciben conexión de la neurona ganglionar propioceptiva.

COMISURA GRIS

En la zona preependimaria de la comisura gris se agrupan las neuronas intercalares vegetativas que reciben conexión de la neurona ganglionar vegetativa, a su vez se conectan por su axón con la neurona motora vegetativa situada fuera de la médula, en el ganglio vegetativo.

ASTA ANTERIOR

En ella se agrupan las neuronas eferentes o motoras, para constituir los centros motores del asta anterior. Las neuronas de estos centros pueden recibir conexión de tres tipos de neuronas diferentes, a saber: 1) De las neuronas aferentes ganglionares, para constituir

el arco reflejo monosináptico, base anatómica para el tono y la postura. 2) De las neuronas intercalares del asta posterior, contribuyendo a formar así al arco reflejo polisináptico. 3) De las neuronas de centros supramedulares situados en el tallo cerebral o en el cerebro. Los axones de las neuronas eferentes salen por la raíz anterior medular para dirigirse a los músculos.

GANGLIO VEGETATIVO

Situado por fuera de la médula, está formado por el conjunto de neuronas motoras vegetativas. Reciben conexiones de las neuronas intercalares vegetativas situadas en la zona preependimaria de la comisura gris. A su vez se conectan por sus axones con las vísceras correspondientes.

ENCEFALIZACION

Paralelamente con el desarrollo de las diferentes estructuras que forman la cabeza (piel, músculos, vísceras) se desarrolla también la parte del sistema nervioso central denominada encéfalo.

La encefalización comienza con el desarrollo del cerebro posterior o romboencéfalo, del cerebro medio o mesencéfalo y una parte del cerebro anterior o diencéfalo. Del cerebro posterior y medio se va a originar el tallo encefálico que comprende el bulbo, la protuberancia, los pedúnculos cerebrales y el cerebelo. En el tallo encefálico se va a desarrollar un proceso semejante al de la centralización medular, mediante el cual se van a formar centros sensitivos, motores y vegetativos. Igualmente que en la médula, se formarán ganglios colocados en el trayecto de las vías aferentes; centros sensitivos, semejantes a los de las astas posteriores medulares, donde llegan las vías aferentes; centros motores, que darán origen a las vías eferentes, destinadas a los músculos de la cabeza; centros vegetativos, cuyas eferencias van dirigidas a las vísceras de la cabeza.

El diencéfalo, es la parte del cerebro anterior que se desarrolla primero. Está constituido por tres núcleos, que son: 1) El tálamo, que representa un centro a donde llegan todas las vías de la sensibilidad. 2) El hipotálamo, que constituye un centro integrador del sistema nervioso vegetativo. 3) El núcleo lenticular, cuya parte interna o globo pálido constituye un centro motor involuntario.

Para muchos animales las estructuras encefálicas descritas constituyen todo su cerebro. A medida que ascendemos en la escala zoológica y llegamos a los mamíferos, tiene lugar el desarrollo del resto del cerebro anterior cuyo proceso se denomina telencefalización.

ONTOGENESIS

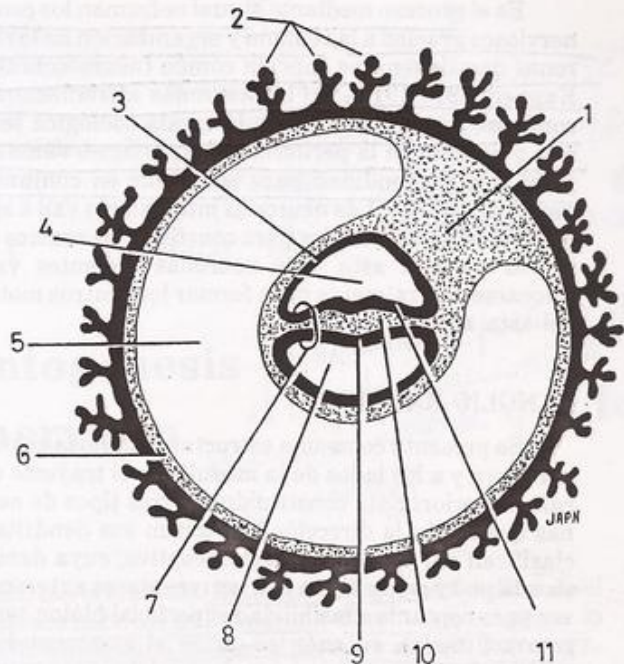
Comprende el estudio del desarrollo del sistema nervioso desde que comienza a formarse en el embrión hasta que alcanza su organización definitiva en el adulto.

El primer esbozo del sistema nervioso comienza en la tercera semana de la gestación a partir de un engrosamiento ectodérmico: la placa neural, que se ubica por delante del nódulo primitivo o de Hensen y de la línea

primitiva. Tanto la línea primitiva como el nódulo primitivo constituyen una zona de crecimiento sumamente activa. A partir de la línea primitiva se va formar el mesodermo, el cual se ubicará entre el ectodermo supra-yacente y el endodermo subyacente, formándose así el embrión trilaminar (Fig. 1). Las células pluripotenciales del nódulo de Hensen crecen y emigran en sentido cefálico para constituir un tallo sólido y alargado, subyacente a la placa neural: es el notocordio, futura columna vertebral. De esta manera las placas neural y notocordio tienen la misma longitud. La placa neural continúa su desarrollo, produciéndose a todo lo largo de la misma una invaginación que junto con el crecimiento de sus bordes, la transforman en un canal: el canal neural (Figs. 2 y 2A). El canal neural se profundiza y sus bordes crecen cada vez más hasta ponerse en contacto y fusionarse, transformándose el canal en un tubo: el tubo neural (Fig. 2B).

EMBRION HUMANO TRILAMINAR

Fig. 1



FORMACION DEL TUBO Y CRESTA NEURAL

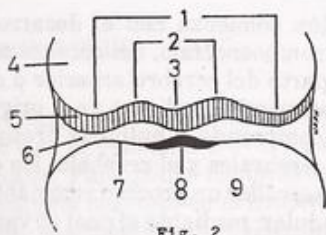


Fig. 2

- 1 Placa neural
- 2 Pliegue neural
- 3 Canal neural
- 4 Cavidad amniótica
- 5 Ectodermo
- 6 Mesodermo
- 7 Endodermo
- 8 Notocordio
- 9 Saco vitelino

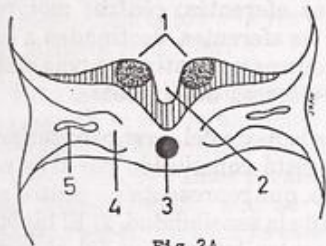


Fig.2A

- 1 Cresta neural
- 2 Canal neural
- 3 Notocordio
- 4 Somito
- 5 Celoma intra-embriionario

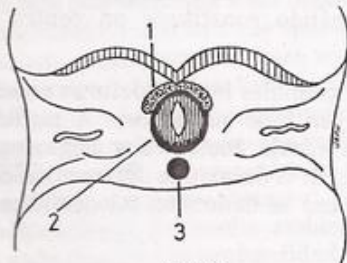


Fig.2B

- 1 Cresta neural
- 2 Tubo neural
- 3 Notocordio

La formación del tubo neural conlleva dos hechos importantes: 1) Las células de los pliegues neurales que son el producto del crecimiento de los bordes de la placa, en el momento de unirse para formar el tubo, van a formar en el punto de fusión a la cresta neural (Fig. 2B). De esta manera la cresta neural se presenta al comienzo

- 1 Pedículo de fijación
- 2 Trofoblasto
- 3 Amnios
- 4 Cavidad amniótica
- 5 Celoma extra embrionario
- 6 Mesodermo extra embrionario
- 7 Disco embrionario
- 8 Saco vitelino secundario
- 9 Endodermo
- 10 Mesodermo
- 11 Ectodermo

como una banda a todo lo largo del tubo neural en su porción dorsal, coincidiendo en la línea de unión de los pliegues. 2) El sistema nervioso desde sus comienzos, es hueco por dentro, característica estructural que conserva hasta su desarrollo definitivo en el adulto. El tubo neural presenta orificios en sus extremos que se denominan neuroporo rostral y neuroporo caudal, ambos representan una comunicación entre el tubo neural y la cavidad amniótica del embrión. Esta comunicación es transitoria ya que posteriormente los neuroporos se obliteran en el transcurso de la cuarta semana, primero lo hace el neuroporo rostral y luego el neuroporo caudal. Igualmente, en esta cuarta semana se forman en el extremo cefálico del tubo neural tres vesículas: las vesículas cerebrales primitivas (Fig. 3). Las paredes de estas vesículas se desarrollan para dar origen al tejido nervioso y neurológico del encéfalo. Estas vesículas se distinguen así: prosencéfalo o cerebro anterior; mesencéfalo o cerebro medio; rombencéfalo o cerebro posterior.

Durante la quinta semana estas vesículas sufren transformaciones, el prosencéfalo da origen a dos vesículas laterales: las vesículas telencefálicas o telencéfalo; la porción central del prosencéfalo, va a desarrollarse con el nombre de diencéfalo. El mesencéfalo no sufre división. Del rombencéfalo se originan dos vesículas: el metencéfalo, de su porción cefálica y el mielencéfalo, de su porción caudal. Ver figuras 3A y 3B.

VESÍCULAS ENCEFÁLICAS EMBRIONARIAS

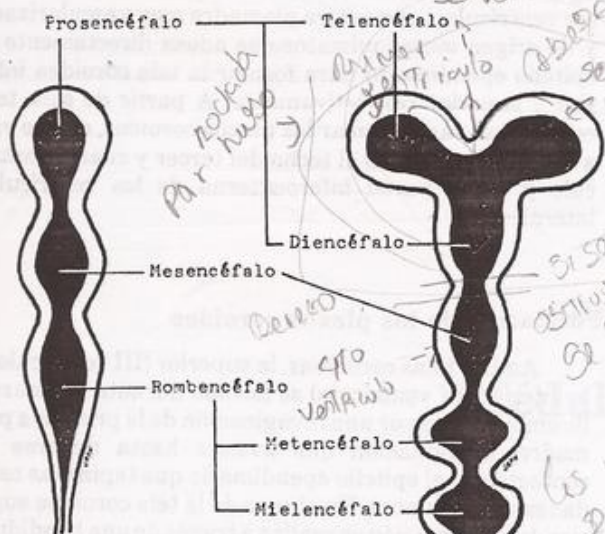


Fig. 3

Fig. 3A

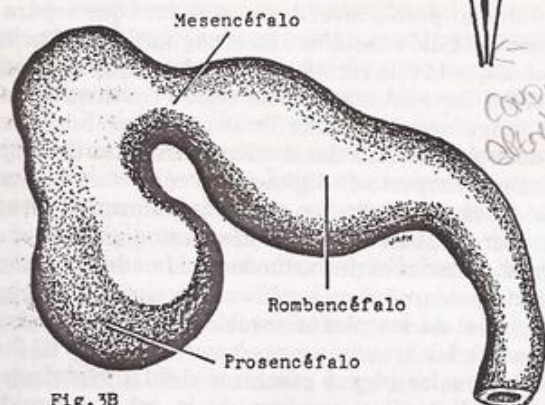


Fig. 3B

Estructuras que derivan de las vesículas embrionarias y del resto del tubo neural

Del telencéfalo van a originarse: la corteza cerebral, el núcleo caudado y el putamen. Del diencéfalo se originan: el tálamo, el hipotálamo, el globo pálido, la neurohipófisis y la epífisis. Del mesencéfalo se origina: los pedúnculos cerebrales, de su porción ventral y la lámina cuadrigémina o colicular de su porción dorsal. Del metencéfalo se origina la protuberancia, ventralmente y el cerebelo dorsalmente. Del mielencéfalo se origina la médula oblonga o bulbo y del resto del tubo neural se origina la médula espinal.

Derivados de la cresta neural

De la misma forma como se fusionaron los labios del canal neural para formar la cresta neural que corresponde al tronco, así mismo los pliegues neurales se unen a nivel del cerebro posterior y medio para formar la cresta neural de la cual se van a originar los ganglios correspondientes a los nervios facial, estatoacústico, glossofaríngeo, neumogástrico y trigémino. Las prolon-

gaciones axónicas de las células de los ganglios correspondientes a los nervios: facial, glossofaríngeo y neumogástrico una vez que han penetrado al cerebro posterior se juntan para formar el fascículo solitario. De la cresta neural que corresponde al tronco se van a formar los ganglios raquídeos (Fig. 4). Las eferencias de las células de estos ganglios van a penetrar a la médula espinal formando la raíz posterior. Las prolongaciones periféricas de estas mismas células se unen a los axones de las células derivadas de la placa ventral medular para formar el nervio periférico.

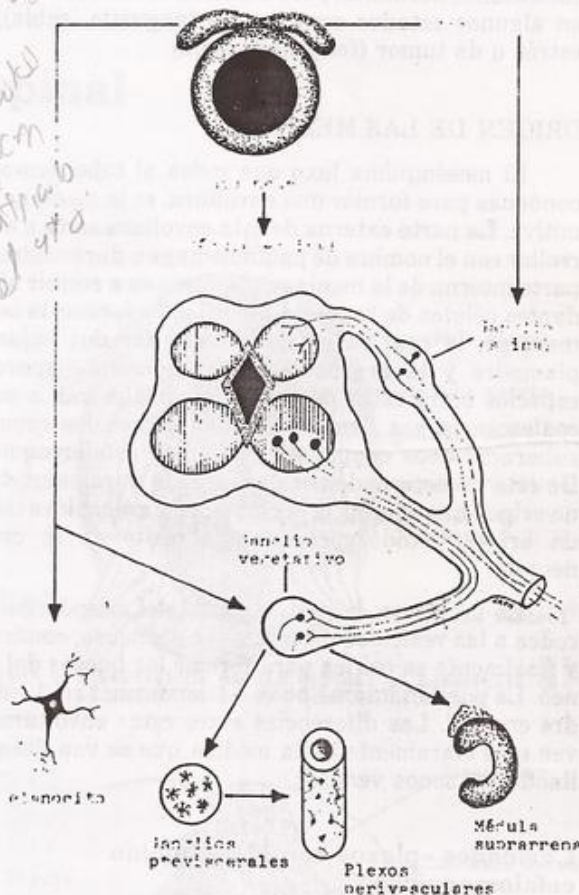


Fig. 4
DERIVADOS DE LA CRESTA NEURAL

En cuanto a los ganglios vegetativos, tanto los ganglios simpáticos como parasimpáticos, también se derivan de la cresta neural. El sistema simpático lo hace por intermedio de los ganglios raquídeos primitivos correspondientes a la región torácica y lumbar superior. El parasimpático craneal lo hace por intermedio de los ganglios primitivos de los nervios: glossofaríngeo, neumogástrico, oculomotor y trigémino. El ganglio ótico recibe contribución del ganglio del glossofaríngeo. El ganglio pterigopalatino y el ganglio submaxilar reciben del ganglio del facial.

Otros derivados de la cresta neural son: las células cromafines de la médula suprarrenal y las células pig-

mentadas, (Fig. 4). Estas últimas, llamadas también melanoblastos, sintetizan y almacenan melanina y cuando están suficientemente llenas del pigmento se denominan melanocitos, los cuales se distribuyen en los tejidos conjuntivos y epiteliales de gran parte del cuerpo. Las células cromafines o feocromocitos se presentan formando cordones de una sola célula de grosor a lo largo de los sinusoides venosos medulares suprarrenales, que a su vez desembocan en la vena suprarrenal del hilio. Estas células que sintetizan, almacenan y segregan noradrenalina y adrenalina reciben fibras preganglionares simpáticas. Su secreción no es muy alta en condiciones normales, pero aumenta considerablemente en algunos estados emocionales (angustia, rabia), de estrés o de tumor (feocromocitoma).

ORIGEN DE LAS MENINGES

El mesénquima laxo que rodea al tubo neural se condensa para formar una envoltura, es la meninge primitiva. La parte externa de esta envoltura se va a desarrollar con el nombre de paquimeninge o duramadre. La parte interna de la meninge primitiva va a recibir abundantes células de la cresta neural para formar la leptomeninge, la cual va estar formada por dos hojas: la piamadre y la aracnoides. Posteriormente aparecen espacios entre estas dos hojas, los cuales van a sufrir coalescencia y a llenarse de líquido, son los espacios subaracnoides ocupados por líquido cefalorraquídeo. De esta manera podemos decir que la duramadre tiene un origen mesodérmico, la piamadre y aracnoides tienen un origen ectodérmico, especialmente de la cresta neural.

En la cabeza, la parte externa del mesodermo que rodea a las vesículas primitivas se condensa, condriifica y finalmente se osifica para formar los huesos del cráneo. La porción interna se va a transformar en duramadre craneal. Las diferencias entre estas envolturas se ven más claramente en la medida que se van desarrollando los senos venosos.

Cavidades -plexos coroides- líquido cefalorraquídeo

Las cavidades y ventrículos del sistema nervioso comienzan a originarse desde la formación misma del tubo neural. Los ventrículos laterales representan las cavidades de las vesículas telencefálicas. El ventrículo medio representa a la primitiva cavidad del diencefalo. Ambos ventrículos laterales se comunican con el ventrículo medio a través de los agujeros interventriculares o de Monro. La cavidad del rombencéfalo va a originar el cuarto ventrículo, el cual se comunica, por su parte superior, con el ventrículo medio por intermedio del acueducto de Silvio, el cual a su vez representa la primitiva cavidad del mesencéfalo. Por abajo la cavidad rombencéfala se continúa con la cavidad del tubo neural que dará origen el conducto endimario de la médula espinal y el conducto central del bulbo raquídeo. El cuarto ventrículo se comunica también con el espacio subaracnoideo a través de unas aberturas situadas en la porción caudal del techo del ventrículo. Estas aberturas son tres,

una medial, el agujero de Magendie y dos laterales, los agujeros de Luschka. A nivel del techo del cuarto y tercer ventrículo, la primitiva piamadre muy vascularizada y de origen mesenquimatoso se adosa directamente al epitelio endimario para formar la tela corioidea inferior y superior respectivamente. A partir de esta tela corioidea se van a formar los plexos coroides, que se van a ubicar entonces en el techo del tercer y cuarto ventrículo y en la pared inferoexterna de los ventrículos laterales.

Formación de los plexos coroides

Ambas telas coroides, la superior (III ventrículo) y la inferior (IV ventrículo) se forman durante el desarrollo embrionario por una invaginación de la primitiva piamadre, invaginación que avanza hasta ponerse en contacto con el epitelio endimario que tapiza las cavidades ventriculares. En el caso de la tela corioidea superior, la invaginación se realiza a través de una hendidura de los hemisferios cerebrales, es la hendidura cerebral de Bichat. La tela corioidea inferior se forma por mecanismo similar pero a nivel de la hendidura que separa el cerebelo del tallo encefálico. La invaginación pial primitiva hace que la tela corioidea posea dos hojas de piamadre, entre las cuales no existe tejido nervioso pero sí vasos sanguíneos y algunas fibras nerviosas. Los plexos coroides que se van a desarrollar entre estas dos hojas piales tienen aspecto de digitaciones cubiertas de microvellosidades cuyas paredes se han transformado en epitelio secretor. El estroma de las digitaciones y microvellosidades es derivado de la piamadre y contiene vasos aferentes, eferentes y fibras nerviosas. La irrigación arterial de los plexos coroides del IV ventrículo proviene de las arterias cerebelosas inferiores. El flujo arterial para los plexos coroides del III ventrículo y ventrículos laterales proviene de la arteria corioidea anterior, rama directa de la carótida interna y de las ramas coroides de la cerebral posterior. El endotelio de los capilares cerebrales poseen una característica estructural que los hacen impermeables al paso de un gran número de sustancias, es decir, tienen una permeabilidad selectiva, condición ésta que en parte explica la existencia de la barrera hematoencefálica y por otro lado sirve de base a los que piensan que el líquido cefalorraquídeo es producto de un proceso de secreción activa de los plexos coroides y no un simple proceso de filtración. Para el clínico es más importante saber dónde se produce, cómo circula y dónde se reabsorbe el líquido cefalorraquídeo, de estos procesos hablaremos a continuación.

La producción del líquido cefalorraquídeo por parte de los plexos coroides se realiza en forma continua a una velocidad de 2 a 3 cc por hora. El volumen total del LCR en el adulto normal es de aproximadamente 150 cc de los cuales 75 cc se encuentran en la cabeza, de estos últimos, 25 cc se encuentran llenando los ventrículos laterales. De acuerdo a la velocidad de producción, el líquido permite una renovación diaria de 40 cc a 70 cc. Una vez formado el LCR, circula a través de los ventrículos. De los ventrículos laterales pasa al ventrículo medio por intermedio del agujero interventricular de Monro; del ventrículo

minadas
(acchioni)

y reab-
biendo
cual se
función
y 180
superior,
se por
ción
mente
del
uido.

CAPITULO II

Médula espinal

DESARROLLO ONTOGENETICO

La médula espinal es la porción del sistema nervioso central que obedece a una organización metamérica, deriva de la porción caudal del tubo neural. Cuando el tubo neural se cierra, sus paredes sólo están formadas por una capa de células neuroepiteliales, las cuales están limitadas por dentro y por fuera por las membranas limitante interna y limitante externa respectivamente. Estas células de aspecto cilíndrico, tienen carácter pluripotencial (Sauer-1935-36), es decir, ellas van a originar todas las neuronas y células macrogliales. A medida que se desarrolla el embrión, las paredes del tubo se engruesan, en especial las paredes laterales, por lo cual, en los cortes transversales del tubo se ve en forma ovalada. Este aumento de grosor se debe en primer lugar, a un crecimiento longitudinal de las células neuroepiteliales cuyos extremos rebasan a la limitante externa, en segundo lugar, a divisiones mitóticas que sufren estas mismas células. El resultado del crecimiento y de la multiplicación celular es la formación de tres zonas concéntricas a la luz del tubo neural. (Figs. 5 y 5A). La zona más interna se denomina **zona ventricular**, **capa matriz** o **ependimaria primitiva**, constituida por las porciones nucleadas de las células cilíndricas. **Por fuera**, se forma la **zona intermedia** o **capa del manto**, constituida por células emigrantes, producto de las divisiones de las células de la capa matriz. Por último, **externa** a la zona intermedia, se forma la **capa marginal**, integrada por las prolongaciones citoplasmáticas de las células de las capas precedentes que en el futuro van a constituir la sustancia blanca medular (Fig. 5A). En esta capa marginal se van a agregar posteriormente células neuróglícas, células del endotelio vascular y células mesenquimatosas perivasculares. Conforme progresa el desarrollo, las paredes del tubo se engruesan cada vez más y aparecen dos surcos limitantes, uno en cada pared lateral, que sirve para dividir a las zonas interna e intermedia en placa ventral o basal y en placa dorsal o alar. Esta división implica una gran importancia anatomofuncional, ya que, las células de la placa basal van a originar las motoneuronas del asta anterior y lateral y las células de la placa dorsal van a formar las neuronas intercalares del asta posterior.

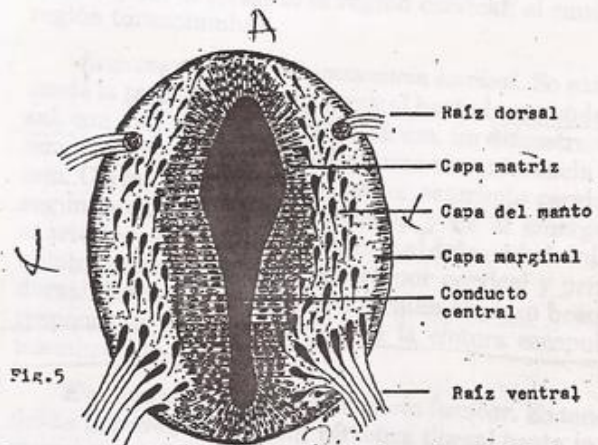


Fig. 5
Corte transversal de médula espinal en desarrollo de un embrión humano de cuatro semanas de edad.

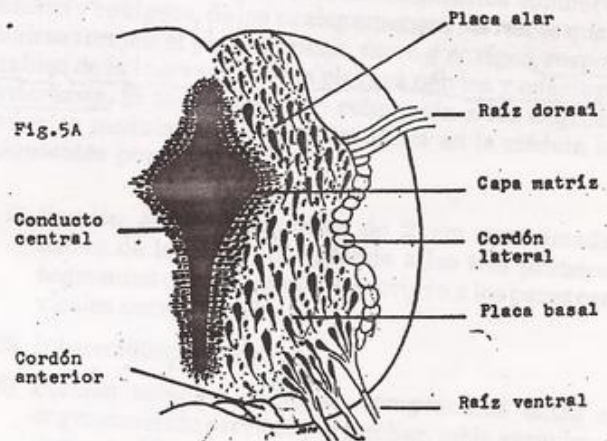


Fig. 5A
Corte transversal de médula espinal en embrión humano de seis semanas de edad.

Placa alar. Como se ha dicho, los neuroblastos de la placa alar van a originar los grupos neuronales del asta posterior quienes estarán recibiendo las prolongaciones axónicas de las neuronas ganglionares. Los axones de los neuroblastos alares se dirigirán a hacer sinapsis con las neuronas de la placa basal o bien pasarán a engresar los cordones medulares.

Placa basal. Las células de la placa ventral se van a diferenciar en Alfa, Beta y Gamma. La histogénesis de las células Beta es desconocida. Los axones de las células Alfa y Gamma crecen para salir por la cara anterolateral de la médula en forma de raíz anterior o ventral. Los eferentes Alfa van a terminar en la placa motriz de los músculos esqueléticos. Los eferentes Gamma lo hacen en los músculos intrafusales de los husos neuromusculares de éstos mismos músculos.

Los neuroblastos de la parte dorsal de la placa basal en las regiones torácicas y lumbar superior van a formar el asta lateral, los axones de estas células van a constituir las fibras preganglionares simpáticas que se van a sumar a los eferentes Alfa y Gamma en la constitución de la raíz anterior. De la misma manera en la región sacra los neuroblastos dorsales de la placa basal van a formar otra columna; los axones de estas células emergerán de la médula como fibras preganglionares parasimpáticas acompañando a las raíces ventrales.

Otros tipos de neuronas del asta anterior, como las interneuronas inhibitorias de Renshaw, se originan de los neuroblastos de la placa basal, otras, pueden ser el resultado de emigraciones de la placa alar.

Origen de los ganglios raquídeos y raíces dorsales

Los ganglios raquídeos se originan a partir de las células de las crestas neurales que emigran fuera del tubo neural para colocarse dorsolateralmente a la médula. Las prolongaciones citoplasmáticas centrales de los neuroblastos ganglionares crecen en dirección a la médula para formar las raíces posteriores. Las prolongaciones periféricas de estas mismas células se unen a las raíces ventrales para formar el nervio espinal mixto o periférico.

A medida que el ganglio raquídeo avanza en su desarrollo, las células que lo constituyen abandonan su forma bipolar porque sus extremos se aproximan hasta que se unen, transformándose en una célula monopolar en forma de T.

Una explicación de cómo crecen las fibras nerviosas hasta alcanzar los órganos a los cuales están funcionalmente ligados, es hasta ahora insatisfactoria. Se sabe que el extremo de las prolongaciones neuronales presentan unos conos de crecimiento que están en permanente actividad explorando el medio para hallar una vía adecuada a lo largo de la cual se realizará el crecimiento. Este crecimiento, más que en fibras aisladas, se realiza en un conjunto de ellas, es decir, en haces. Otro hecho importante, es la relación que siempre existe entre el cono de crecimiento del terminal axónico y una célula glial. No es del todo conocido cómo influye esta célula glial en el proceso de crecimiento de la fibra nerviosa.

Consideraciones generales

La médula espinal (*medulla spinalis*) es la porción del sistema nervioso central ubicada en el conducto raquídeo que a manera de tallo cilíndrico desciende desde el encéfalo. Su porción cefálica se continúa con el bulbo, el límite entre ambas estructuras se halla señ-

lado por un entrecruzamiento fibrilar: la decusación piramidal (*decussatio pyramidum*), este nivel se corresponde con el borde superior del atlas. Su extremo caudal se afila, de ahí el nombre de cono medular, corresponde a la primera vértebra lumbar o al borde superior de la segunda vértebra lumbar, a continuación sigue una porción estrecha y fibrosa: el *filum terminale*, porción que no llegó alcanzar una diferenciación nerviosa y que a manera de ligamento va a fijarse en la base del coxis.

Dimensiones y peso. Desde su extremo superior, en los límites con el bulbo, hasta el vértice del cono terminal, la médula mide aproximadamente 45 cm con un peso de 30 gr. El *filum terminale* tiene una anchura variable de uno a dos milímetros y una longitud de 20 a 25 cm.

Forma. Como se dijo al principio, su aspecto es el de un largo cilindro, aunque imperfecto, pues su diámetro transversal es mayor que los otros diámetros y por otra parte presenta dos grandes engrosamientos fusiformes, que ocupan: el cefálico, la región cervical; el caudal: la región toracolumbar.

Engrosamiento o intumescencia cervical. Se extiende desde la tercera vértebra cervical hasta la segunda dorsal, con una longitud de 10 a 12 cm, un diámetro de 14 mm, en su porción más ancha y una circunferencia de 38 mm. Corresponde desde el tercer segmento cervical al segundo dorsal, ambos inclusive y de él emergen el cuarto par cervical, origen principal del nervio frénico, el quinto, sexto, séptimo y octavo por cervical y primero dorsal. Estos pares al unirse forman el plexo braquial, responsable de la inervación de la cintura escapular y miembro superior.

Engrosamiento o intumescencia lumbar. Extendido desde la novena o décima vértebra dorsal hasta la primera o segunda lumbar, tiene una longitud variable de 7 a 9 cm; su grosor puede alcanzar 12 mm y su circunferencia 35 mm. Comprenden los segmentos lumbares, sacros y coxis, de los cuales emergen las raíces que al unirse forman el plexo lumbar, sacro y coxis, responsables de la inervación de la cintura pélvica y miembros inferiores. Si tomamos como referencia a los engrosamientos medulares, se puede estudiar en la médula las siguientes porciones:

- 1) Porción cervical superior, de 2 cm aproximadamente de longitud, comprende a los tres primeros segmentos cervicales que dan origen a los pares cervicales correspondientes.
- 2) Intumescencia cervical.
- 3) Porción torácica o dorsal, comprendido entre el engrosamiento cervical y el lumbar, mide aproximadamente 18 a 22 cm. Da origen a los once últimos pares torácicos.
- 4) Intumescencia lumbar.
- 5) Cono terminal o medular corresponde al final del engrosamiento lumbar, se halla rodeado por los nervios de la cola de caballo.
- 6) *Filum terminale*, cordón, delgado, fibroso y no nervioso, que prolonga la médula hasta el coxis.

ecusación
se corre-
no caudal
sponde a
lor de la
una por-
ción que
y que a
se del

ior, en
termi-
peso
riable
cm
el de
etro
otra
nes,
: la

de
r-
14
18
al
1

Fig. 6.

MEDULA CERVICAL

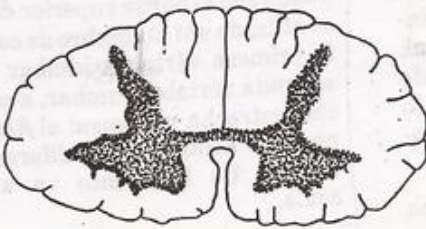


Fig. 6-A

MEDULA DORSAL



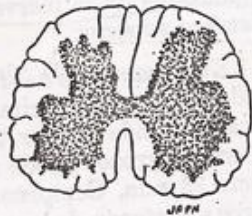
Fig. 6-B

MEDULA LUMBAR



Fig. 6-C

MEDULA SACRA



Relación

Relaciones

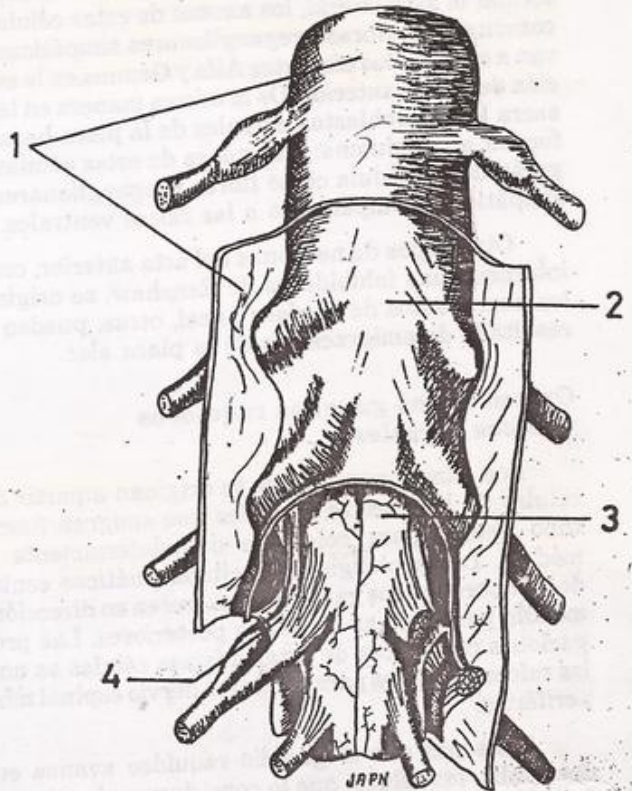
Enclaustrada en el conducto raquídeo, la médula se relaciona, por delante con los cuerpos vertebrales y los discos fibrocartilaginosos que los separan; por detrás, con la base de las apófisis espinosas, las láminas vertebrales y los ligamentos amarillos que las unen; a los lados, con los pedículos vertebrales y los agujeros de conjunción que se encuentran entre ellos.

Entre continente y contenido, vale decir, entre conducto óseo y médula, existe un espacio: el espacio perimedular, ocupado por unas membranas: las meninges. La más externa de ellas es la duramadre. Existe un espacio entre la duramadre y el conducto óseo, es el espacio epidural, ocupado por plexos venosos y tejido celulograsoso. Subyacente a la duramadre se encuentra un compartimiento ocupado por la aracnoides, la piamadre y el espacio entre ambas: el espacio subaracnoideo. (Fig. 7).

Medios de fijación. Las envolturas blandas y osteofibras constituyen para la médula medios de protección y fijación. Otros elementos fijadores son: 1) Por su extremo craneal, su continuación con el encéfalo. 2) Por su extremo caudal, su fijación al coxis por el ligamento

ENVOLTURAS DE LA MEDULA ESPINAL

Fig. 7



- 1 Duramadre
- 2 Aracnoides
- 3 Piamadre
- 4 Ligamento dentado

coxígeo, que no es más, que el *filum terminal* envuelto por una prolongación de la duramadre. 3) Lateralmente, por los ligamentos dentados, los cuales se presentan como dos largas cintas fibrosas extendidas desde el agujero occipital hasta el cono terminal. Los ligamentos dentados presentan: una cara anterior, en relación con las raíces anteriores; una cara posterior, en relación con las raíces posteriores; un borde interno, que se une a la piamadre medular; un borde externo, festoneado, constituido por una sucesión de arcos separados entre sí por unos salientes que a manera de dientes se fijan en la superficie interna de la duramadre raquídea. Los arcos se hallan situados exactamente enfrente de los agujeros que la duramadre tiene destinado al paso de los nervios raquídeos. (Fig. 7).

Correlación médula-conducto raquídeo Cola de caballo

Según se ha expresado en párrafos precedentes, la médula sólo llega por su extremo inferior hasta la

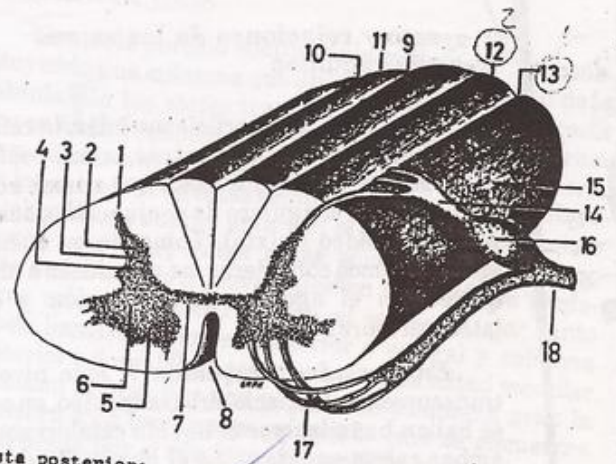
segunda vértebra lumbar, de ahí en adelante se continúa por medio del *filum terminal*. Esta diferencia de longitud entre la columna vertebral y la médula produce las siguientes consecuencias: 1) Los agujeros de conjunción, a nivel de los cuales se encuentra el ganglio raquídeo y por donde salen los nervios espinales, se encuentra cada vez más bajo con respecto a la emergencia del nervio que le corresponde salir por él, esta diferencia, repetimos, se hace mayor en los segmentos lumbares y sacros, por lo tanto los nervios que salen de estos segmentos tienen que recorrer un trayecto intrarraquídeo antes de salir por el agujero de conjunción. Este trayecto será más largo mientras más bajo sea el segmento considerado. Visto así, el conjunto de nervios que emergen de la intumescencia lumbar antes de salir de la columna, envuelven a la intumescencia misma, al cono medular y al *filum terminal* como lo harían las crines en la cola del caballo, de ahí el nombre de cola de caballo que se le da a este conjunto de estructuras. 2) Por debajo de la segunda vértebra lumbar no existe médula en lo que resta del conducto vertebral y en el conducto sacrocóxigeo, sólo hay *filum terminal*, los nervios de la cola de caballo y el fondo de saco dural.

Morfología externa

Vista por su cara anterior, la médula presenta en la línea media un surco que la recorre en toda su longitud, es el surco medio anterior, que tiene una profundidad de aproximadamente 3 mm y está recorrido en estado fresco por la arteria espinal anterior. A cada lado de este surco, emergen las raíces anteriores de los pares raquídeos. La porción que se halla comprendida entre el surco medio anterior y las raíces anteriores, constituye el cordón anterior de la médula. Vista por su cara posterior, la médula presenta igualmente un surco longitudinal, menos profundo que el anterior, es el surco medio posterior, el cual es continuado hacia el interior de la médula por un tabique neuróglia, es el tabique medio posterior, cuyo extremo interno llega hasta la comisura gris medular (Fig. 8). A cada lado del surco medio posterior existen dos surcos, de ellos el más lateral, es el surco colateral posterior, que marca la penetración de las raíces posteriores. El otro surco, medial al anterior, es el surco paramedio posterior, interpuesto entre el surco medio posterior y el surco colateral posterior. Entre el surco medio posterior y el colateral posterior (raíces posteriores) existe el cordón posterior de la médula. Este cordón en la región cervical y torácica alta está dividido por el surco paramedio posterior en dos fascículos, uno medial: el fascículo delgado o de Goll; el otro lateral: el fascículo cuneiforme o de Burdach. La porción de la médula comprendida entre las raíces anteriores y posteriores constituye el cordón lateral (Fig. 8). La superficie del cordón lateral, recubierta por la piamadre, permite la inserción del borde interno del ligamento dentado a todo lo largo del referido cordón.

Origen del nervio raquídeo. Formados por la unión de las raíces anteriores y posteriores, los nervios raquídeos nacen por pares a derecha e izquierda de la médula espinal. Comprenden 31 pares, distribuidos así: 8 nervios cervicales, de los cuales, el primero pasa entre el occipital y el atlas, el octavo entre la séptima vértebra

Fig. 8



Asta posterior:
1 Vértice
2 Cabeza
3 Cuello
4 Base

Asta anterior:
5 Cabeza
6 Base

7 Comisura gris
8 Surco medio anterior
9 Surco medio posterior
10 Surco paramedio posterior

11 Fascículo gracilis
12 Fascículo cuneatus
13 Surco colateral posterior
14 Raíz posterior
15 Cordón lateral
16 Ganglio raquídeo
17 Raíz anterior
18 Nervio periférico

MÉDULA ESPINAL

cervical y la primera dorsal. 12 nervios dorsales o taráxicos, de los cuales, el primero pasa entre la primera y segunda vértebras dorsales, el último (décimosegundo), entre la última vértebra dorsal y la primera lumbar. 5 nervios lumbares, de los cuales, el primero sale entre la primera y segunda vértebras lumbares, el quinto, entre la quinta vértebra lumbar y el sacro. 5 nervios sacros, de los cuales los cuatro primeros salen por los agujeros sacros, el quinto lo hace entre el sacro y el coxis. 1 nervio cóxigeo que sale por debajo del asta cóxigea, correspondiendo al espacio entre la primera y segunda vértebras cóxigeas.

Raíz anterior. Está constituida por los eferentes Alfa y Gamma del asta anterior y por las fibras preganglionares provenientes de la zona preependimaria de la comisura gris.

Raíz posterior. Se forma por los axones de las células ganglionares que se dirigen a la médula, penetrando a ella por el surco colateral posterior. Estos axones una vez en el interior medular se dividen en T, dando una rama ascendente y otra descendente.

Ganglio raquídeo. Ubicado en el curso de la raíz posterior, topográficamente se halla situado a nivel del agujero de conjunción. Las neuronas que lo forman son monopolares, su única prolongación después de un breve recorrido se divide en dos ramas, una de ellas actúa como dendrita y se distribuye en el organismo para recoger las diferentes modalidades sensitivas, la otra funciona como un axón, es la que al dirigirse a la médula va a formar la raíz posterior.

Trayecto y relaciones de las raíces y nervio raquídeo

Una vez en la superficie medular, la raíz anterior se dirige hacia afuera y hacia atrás, la raíz posterior lo hace hacia afuera y adelante hasta que ambas se unen y juntas pasan por el agujero de conjunción, constituyendo el nervio raquídeo (mixto). Tomando en cuenta este trayecto debemos considerar las relaciones a nivel intrarraquídeo, en el agujero de conjunción y en el canal laterovertebral.

En el conducto raquídeo. A este nivel, cada raíz transcurre en el espacio subaracnoideo, en consecuencia se hallan bañadas por el líquido cefalorraquídeo. Entre ambas raíces se interpone el ligamento dentado, que a manera de tabique transversal se extiende entre la médula y la duramadre. Por debajo de la primera vértebra lumbar ya no existe ligamento dentado por lo cual las raíces nacidas del engrosamiento lumbar entran en contacto entre sí para formar la cola de caballo. En este trayecto las raíces van acompañadas de las arterias radicales. La arteria radicular anterior va por delante de la raíz anterior, la arteria radicular posterior va por detrás de la raíz posterior. Al encontrar a la duramadre las raíces la atraviesan por orificios separados, siempre acompañadas de las arterias radicales. En este momento raíz y arteria se ven envueltos por sendas prolongaciones de la duramadre y la aracnoides que a manera de manguito los rodean, formándoles un fondo de saco que está en comunicación directa con el espacio subaracnoideo, penetrando en esta forma en el agujero de conjunción. En la región lumbar la porción del conducto raquídeo que se encuentra a los lados de la médula, es particularmente estrecho debido a la prominencia que hace el disco intervertebral por delante y las articulaciones vertebrales por detrás. A este nivel las raíces lumbares pueden ser más fácilmente comprimidas que el resto de las raíces.

En el agujero de conjunción. En este sitio se encuentra, en la mayoría de las veces, el ganglio raquídeo. Inmediatamente por fuera del ganglio se une la raíz anterior y posterior para formar el nervio espinal. Existe excepción para el cuarto y quinto nervio lumbar puesto que su mayor desarrollo hace que la luz del agujero sea más estrecha para ellos.

La disposición de los elementos en el agujero de conjunción es como sigue: centralmente se encuentra el nervio espinal y la arteria espinal envueltos en una vaina de la duramadre, concéntricamente a ellos, los rodean dos anillos, uno linfático y por fuera de éste un plexo venoso, ambos separan nervio y arteria del periostio del agujero.

En el canal laterovertebral. A este nivel, los nervios raquídeos tienen un trayecto bastante vertical. Profundamente situados, se hallan aplicados por tractos fibrosos a la cara posterior de los discos intervertebrales. Tal disposición lo hace particularmente vulnerables a dislocaciones de los discos intervertebrales y a procesos inflamatorios o de exostosis de la región.

Terminación de los nervios raquídeos. Después de haberse formado, los nervios raquídeos se dividen en dos

ramas: una anterior y otra posterior, la rama posterior o dorsal está destinada a los músculos y tegumentos del dorso. La rama anterior o ventral se agrupa para formar los plexos, braquial, lumbar y sacrocoxígeo. Las ramas ventrales torácicas permanecen individuales para formar los nervios intercostales. Las ramas ventrales desde T₁ a L₂ están conectadas con los ganglios simpáticos laterovertebrales por medio del rami comunicante blanco. Los nervios cervicales y lumbares por debajo de L₂ no tienen rami comunicante blanco. En cambio, todos los pares raquídeos (31) reciben de la cadena laterovertebral el rami comunicante gris.

Envolturas y espacios perimedulares. Entre la superficie medular y el periostio del conducto raquídeo existen las siguientes membranas: la más externa, de consistencia dura y aspecto fibroso, cuyo papel fundamental es servir de sostén y protección, es la duramadre o paquimeninge. Subyacente, otra membrana, laxa y blanda: la leptomeninge. La leptomeninge a su vez está constituida por dos hojas, de éstas, la más externa es la aracnoides, la más interna es la piamadre.

DURAMADRE RAQUIDEA (Dura mater spinalis)

Tiene la forma de un cilindro hueco, contenido en el conducto vertebral, ella a su vez envuelve a la médula espinal. Se extiende por arriba hasta el agujero occipital, por abajo llega hasta la segunda vértebra sacra. Para su descripción vamos a considerar dos superficies: externa e interna y dos extremos: cefálico y caudal.

Superficie externa. Por fuera, la duramadre se relaciona con un espacio: el espacio epidural, el cual la separa de la pared del conducto raquídeo. Este espacio contiene plexos venosos y tejido celulograsoso. Por delante, esta superficie se une al ligamento vertebral común posterior; a los lados, la duramadre envía vainas que envuelven a los nervios espinales hasta su emergencia del agujero de conjunción. (Fig. 7).

Superficie interna. Lisa y pulida, se relaciona con la aracnoides. A los lados forma el tabique transversal y festoneado que conocimos con el nombre de ligamento dentado (Fig. 7).

Extremo cefálico. Este extremo se fija al cuerpo del axis y al borde del agujero occipital por encima del cual se continúa con la duramadre craneal. Un poco por debajo del agujero occipital la duramadre es perforada por las dos arterias vertebrales.

Extremo caudal. En forma de fondo de saco, corresponde a la segunda vértebra sacra. No contiene médula, sino a los nervios de la cola de caballo. A partir de la segunda vértebra sacra la duramadre se aplica directamente al filum terminal para constituir junto con éste el ligamento coxígeo que va fijarse en el coxis.

PIA MADRE (Pia mater spinalis)

Representa la hoja interna de la leptomeninge, se encuentra en contacto directo con la sustancia nerviosa insinuándose en sus surcos y fisuras. Por ella transcurren los vasos destinados a la médula, es la membrana nutricia. Su superficie externa se halla separada de la aracnoides por el espacio subaracnoideo, por lo tanto, es

bañada por el líquido cefalorraquídeo. Esta superficie externa, a los lados presta inserción al borde interno del ligamento dentado. El extremo craneal de la piamadre se continúa con la piamadre cefálica. El extremo caudal, termina como meninge, en la base del filum terminal.

ARACNOIDES (*Arachnoidea spinalis*)

Representa la hoja parietal de la leptomeninge. Se encuentra desprovista de vasos, su superficie interna corresponde a la piamadre, de la cual está separada por el espacio subaracnoideo y el líquido cefalorraquídeo. Este espacio es atravesado por filamentos conjuntivos que van desde la aracnoides a la piamadre, por los ligamentos dentados y por las raíces de los nervios espinales. Su superficie externa se relaciona con la duramadre, un espacio virtual: el espacio subdural se encuentra entre ambas, pues en condiciones normales la aracnoides y la duramadre se hallan en contacto directo. A los lados de esta superficie externa, salen prolongaciones que rodean a las raíces espinales hasta su penetración en el agujero de conjunción, prolongando hasta el mismo el espacio subaracnoideo, recordemos aquí que la duramadre también envía prolongaciones semejantes.

El extremo craneal de la aracnoides se continúa sin demarcación con la aracnoides cefálica. Su extremo caudal llega al igual que la duramadre hasta la segunda vértebra sacra, allí termina uniéndose al filum terminal. ✕

MORFOLOGIA INTERNA

Para el estudio de la estructura interna de la médula vamos a considerar los siguientes aspectos:

- 1) Conducto central de la médula.
- 2) Sustancia nerviosa, formada por:
 - a) Sustancia gris.
 - b) Sustancia blanca.

CONDUCTO CENTRAL DE LA MEDULA (Conducto del epéndimo)

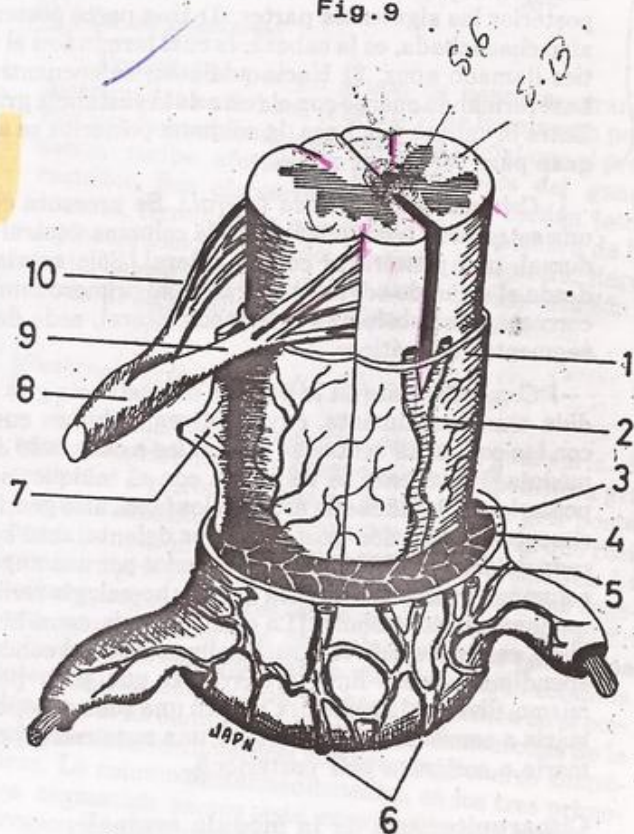
✕ Se presenta como un conducto longitudinal que ocupa toda la altura de la médula. En los cortes transversales aparece como un pequeño punto medial situado por detrás del fondo del surco medio anterior. Estrecho en todo su trayecto y a veces hasta obliterado parcialmente, se continúa por su extremo superior con el IV ventrículo, por abajo llega a penetrar en el filum terminal unos 5 a 10 mm. A nivel del cono medular el conducto presenta una dilatación que puede llegar a medir de 8 a 10 mm de longitud, es el ventrículo terminal de Krause, vestigio de la porción caudal del tubo neural que no se redujo en esta porción. El conducto ependimario contiene líquido cefalorraquídeo y está tapizado por un epitelio cilíndrico ciliado llamado epéndimo, el cual a su vez está rodeado de una zona compuesta por células gliales, neuronas y fibras nerviosas que constituyen la sustancia gelatinosa central o periependimaria. La sustancia gris que rodea a la sustancia gelatinosa central corresponde a la comisura gris. ✕

SUSTANCIA GRIS

Ocupa la porción central de la médula espinal, constituyendo una columna que abarca toda la longitud de la médula. En los cortes transversales (Fig. 8) se aprecia que en cada hemimédula la sustancia gris tiene la forma de media luna o de coma, con la concavidad hacia afuera. De los extremos de estas semilunas, el anterior, recibe el nombre asta o cuerno anterior; el posterior, el de asta o cuerno posterior. Estas astas sólo se aprecian como tales en los cortes transversales, en realidad son verdaderas columnas, como se dijo al comienzo, por tanto deben llamarse columna anterior o ventral y columna posterior o dorsal. Las columnas de cada mitad medular se hallan unidas por una porción de sustancia gris: la comisura gris (*commissura grisea*), la cual se encuentra atravesada por el conducto central. En la médula torá-

MEDULA ESPINAL

Fig. 9



- 1 Piamadre
- 2 Arteria espinal anterior
- 3 Espacio subaracnoideo
- 4 Aracnoides
- 5 Duramadre
- 6 Venas espinales anteriores
- 7 Ligamento dentado
- 8 Ganglio espinal
- 9 Raíz anterior
- 10 Raíz posterior

cica existe un pequeño saliente ubicado en la concavidad de las semilunas, intercolocado entre las columnas anterior y posterior, es la columna lateral (asta lateral). Por todo lo expuesto, la morfología general de la sustancia gris recuerda a la letra hache mayúscula (H)

Columna anterior (asta anterior). Más voluminosa que la posterior, la columna anterior se proyecta hacia adelante, su contorno irregular y festoneado está cubierto por la sustancia blanca del cordón anterolateral. Su parte anterior se ha denominado cabeza; su parte posterior, la que forma cuerpo con el resto de la sustancia gris, es la base.

Columna posterior (asta posterior). Más alargada y angosta que la anterior, se proyecta hacia atrás hasta llegar muy cerca de la superficie medular, que a este nivel presenta el surco colateral posterior, sólo una pequeña franja de sustancia blanca, la zona marginal de Lissauer (haz dorsalateral) la separa de la superficie exterior. Topográficamente se distinguen en la columna posterior las siguientes partes: 1) Una parte posterior, algo ensanchada, es la cabeza, la cual termina en el vértice llamado apex. 2) Hacia adelante, se encuentra la base formando cuerpo con el resto de la sustancia gris. 3) Entre la cabeza y la base, la columna posterior se adelgaza para formar el cuello.

Columna lateral (asta lateral). Se presenta como una estructura triangular, entre la columna ventral y la dorsal, que penetra al cordón lateral. Sólo es visible desde el segundo segmento torácico al primero lumbar, corresponde la columna intermediolateral, sede de los segmentos simpáticos.

Comisura gris. Es la porción de sustancia gris tendida transversalmente, cuyos extremos hacen cuerpo con las columnas ventrales y dorsales a cada lado de la médula. Por detrás se relaciona con el tabique medio posterior y a los lados de éste con los fascículos gracilis y cuneatus del cordón posterior. Por delante, está separada del fondo del surco medio anterior por una angosta columna de sustancia blanca que por homología recibe el nombre comisura blanca. La comisura gris, como hemos visto, es atravesada longitudinalmente por el conducto endimario, una línea transversal que pase por el mismo, divide a la comisura gris en una zona preependimaria o comisura gris anterior y una zona retroependimaria o comisura gris posterior.

Citoarquitectura de la médula espinal

La sustancia gris medular, como el resto de la sustancia gris del sistema nervioso central, se encuentra formada por los cuerpos neuronales y sus prolongaciones desprovistas de mielina, por células neuróglícas y por vasos sanguíneos, todo lo cual contribuye a dar su color gris característico. Las neuronas que la integran son de dos tipos fundamentalmente: la neurona Golgi I y la neurona Golgi II. La primera de axón largo y la segunda de axón corto. Los axones de las neuronas Golgi I se comportan de la siguiente manera: 1) Unos salen de la médula con las raíces anteriores, por lo cual las neuronas que lo poseen se denominan radicales. 2) Otros pasan a formar parte de los cordones medulares, dando a las neuronas de la cual provienen el nombre de

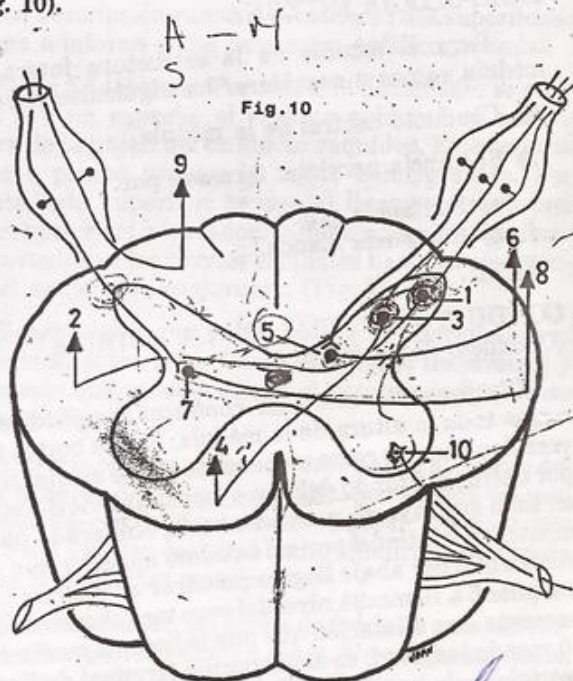
cordonaes. Los axones de las neuronas Golgi II, de breve recorrido, se comportan así: 1) Permanece en el mismo segmento medular, en cuyo caso, la neurona originaria se llamará intrasegmentaria, a este grupo pertenecen las neuronas intercaladas. 2) El axón se dirige a segmentos supra o infrayacentes, por tal motivo la neurona se llamará intersegmentaria. Los axones de las neuronas cordonaes e intercalares pueden ser homo y contralaterales. Los axones de las neuronas radicales siempre son homolaterales. Los axones de las células ganglionares pueden en un momento dado formar parte de la sustancia gris o de la sustancia blanca aunque su cuerpo se encuentre en el ganglio raquídeo.

La distribución de las neuronas medulares no es un hecho fortuito, por el contrario están organizadas en forma tal que aquellas que tienen funciones similares se agrupan formando núcleos o centros nerviosos.

Núcleos y áreas funcionales de la sustancia gris

Columna dorsal. Dos regiones que reciben abundantes aferencias ganglionares por intermedio de las raíces posteriores están presentes en la columna dorsal, son la zona exteroceptiva y la zona propioceptiva.

Zona exteroceptiva. Llamada así porque sus componentes neuronales constituyen la segunda neurona (deutoneurona) de la vía de la sensibilidad superficial. De ella forman parte los siguientes núcleos: (ver Fig. 10).



- 1 Núcleo gelatinoso (Rolando)
- 2 Haz espinotalámico dorsal.
- 3 Núcleo de la cabeza (Waldeyer)
- 4 Haz espinotalámico ventral.
- 5 Núcleo torácico (Clarke)
- 6 Haz espinocerebeloso directo.
- 7 Núcleo de la base (Bechterew)
- 8 Haz espinocerebeloso cruzado
- 9 Fibras gangliobulbares
- 10 Neurona somatomotora

VIAS MEDULARES ASCENDENTES
NUCLEOS DEL ASTA POSTERIOR

Núcleo de la sustancia gelatinosa de Rolando

Presente en todos los niveles medulares, está constituido por neuronas Golgi I y Golgi II. Topográficamente está ubicado por detrás de la cabeza de la columna posterior y tiene una forma de "V" invertida. Por detrás de él, ocupando el apex de la columna dorsal, colindante con la zona de Lissauer (haz dorsolateral) se halla un grupo neuronal que constituye la capa zonal o marginal de Waldeyer.

Conexiones. Recibe aferencias de las neuronas exteroceptivas del ganglio raquídeo. Sus eferencias son cruzadas, se dirigen al cordón lateral de la médula y con él pasan al tallo encefálico para luego terminar en el tálamo, de ahí el nombre de haz espinotalámico lateral que se les da.

Función. Representa la deutoneurona de la vía del dolor y la temperatura.

Núcleo propio (Spongiosus) o de la cabeza (Waldeyer)

Ocupa la cabeza de la columna dorsal, por delante del núcleo gelatinoso. (Fig. 10-3).

Conexiones. Recibe aferencias exteroceptivas ganglionares. Sus eferencias, también cruzadas, como las del núcleo de Rolando, pasan al cordón anterior y con él van al tallo, terminando luego en el tálamo con el nombre de haz espinotalámico ventral.

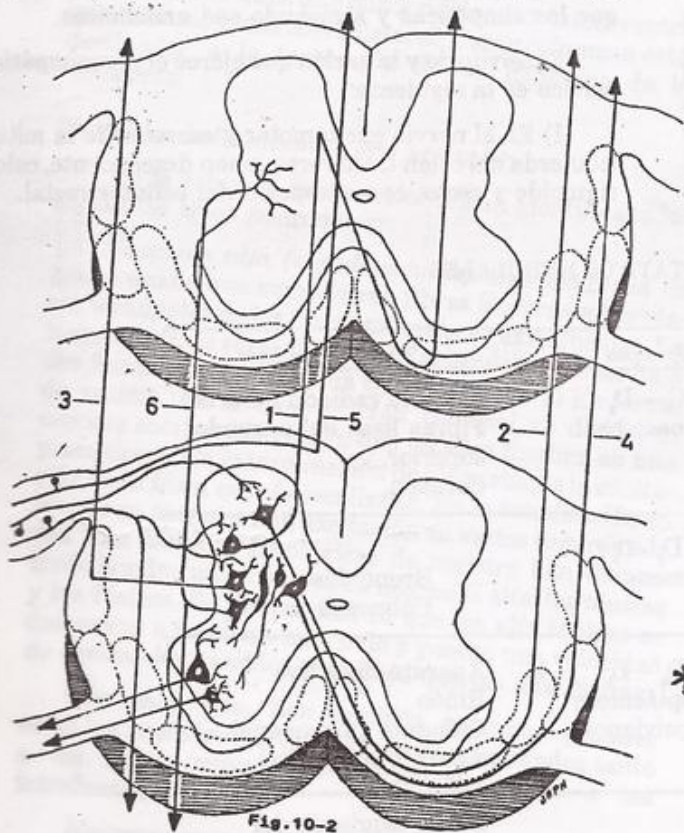


Fig. 10-2

- 1 Haz espinotalámico ventral
- 2 Haz espinotalámico dorsal
- 3 Haz espinocerebeloso directo
- 4 Haz espinocerebeloso cruzado
- 5 Haz gangliobulbar
- 6 Fibras intersegmentarias

Función. Representa la deutoneurona de la vía del tacto protopático.

* Núcleo dorsal o torácico (Clarke)

Se encuentra en la parte medial de la base de la columna posterior. Tiene contacto íntimo con el cordón posterior (fascículo cuneiforme) y a veces hasta lo invade. En altura se extiende sin interrupción desde el octavo segmento cervical hasta el tercero lumbar. (Fig. 10-5).

Conexiones. Recibe aferencias propioceptivas ganglionares correspondientes al tronco y miembros inferiores. Sus eferencias se dirigen homolateralmente al cordón lateral, por el cual ascienden hasta llegar al bulbo y finalmente terminan en el cerebelo con el nombre de haz espinocerebeloso directo o dorsal (Flechsig).

Función. Constituye la deutoneurona de la vía de la sensibilidad profunda inconsciente del tronco y extremidades inferiores.

* Núcleo de Bechterew

Constituido por un grupo de neuronas grandes, diseminadas en la base (Fig. 10-7) de la columna posterior por fuera del núcleo torácico. Al igual que el precedente, recibe aferencias propioceptivas del ganglio raquídeo. Sus eferencias se dirigen al cordón lateral opuesto, terminan en el cerebelo con el nombre de haz espinocerebeloso cruzado, ventral o de Gowers. Representa, como el núcleo torácico, una segunda estación de la vía de la sensibilidad profunda inconsciente.

* Sustancia gris intermedia (comisura gris)

Dividida por la línea transversal endimaria, en comisura gris anterior o preependimaria y comisura gris posterior o retroependimaria. La comisura gris posterior está constituida por neuronas vegetativas que reciben información visceral, es la zona viscerosensitiva. La comisura gris anterior está formada por neuronas vegetativas preganglionares, es la zona visceromotora. En esta zona se describen dos columnas, una medial: la columna intermediomedial; la otra, lateral: la columna intermediolateral, esta última hace protrusión en el cordón lateral formando el asta lateral. Las neuronas de la columna intermediolateral son preganglionares simpáticas. La columna intermediomedial, en los tres primeros segmentos sacros está constituida por neuronas preganglionares parasimpáticas.

* Centros de la columna intermediolateral

Como se dijo anteriormente, está formada por neuronas cuyos axones emergen con las raíces anteriores medulares, después de recorrer cierto trayecto, salen de ellas para unirse al ganglio laterovertebral simpático en forma de comunicante blanco. Se identifican los siguientes centros:

- 1) Centro ciloespinal de Budge, el cual abarca los segmentos desde C₈ hasta T₂. Las fibras preganglionares de estos segmentos se dirigen a los tres ganglios sim-

la vía de
de la
cordón
sta lo
de el
(Fig.
gan-
infe-
e al
r al
ibre
la
mi-

ganglios cervicales: superior, medio e inferior, este último al unirse con el primer ganglio torácico forma el ganglio estrellado. Cada fibra preganglionar no hace estación en los tres ganglios, sino en uno de ellos. De los ganglios cervicales simpáticos salen fibras posganglionares amielínicas (comunicante gris), que se integran al nervio periférico, con él van al plexo cardíaco y sin hacer sinapsis en él, terminan en la musculatura cardíaca, constituyendo la vía cardioceleradora. Otras fibras preganglionares, en especial las del ganglio superior, viajan alrededor de la carótida interna (plexo carotídeo) y sus ramas, con ella termina en la musculatura radiada del iris, forman la vía iridodilatadora. Así mismo por la vía del plexo carotídeo algunas fibras terminan en la musculatura lisa del elevador del párpado superior.

2) Centro pulmonar, que comprende los segmentos: T₃-T₄-T₅. Sus fibras se dirigen a los ganglios torácicos superiores, incluido el ganglio estrellado. De estos ganglios, las fibras posganglionares se desplazan alrededor de las arterias bronquiales contribuyendo junto con el neumogástrico a formar el plexo pulmonar, llegando de esta manera al pulmón. Es de hacer notar que las fibras posganglionares simpáticas no hacen sinapsis en el plexo pulmonar, sólo lo atraviesan.

3) Centros espláncnicos abdominopelvianos. Comprenden los segmentos T₆ hasta L₂. Las eferencias de estos segmentos se dirigen a los ganglios simpáticos torácicos inferiores. Las fibras posganglionares del séptimo, octavo y noveno ganglios torácicos constituyen al nervio espláncnico mayor, con él se dirigen al ganglio semilunar del plexo solar donde terminan sinaptando con sus neuronas. Las fibras posganglionares del décimo y undécimo ganglio torácico constituyen al nervio

espláncnico menor, terminan en la médula de la glándula suprarrenal y en el plexo solar. Algunas fibras preganglionares pueden dirigirse al duodécimo ganglio torácico, cuyas fibras posganglionares forman el nervio espláncnico inferior. Este nervio es inconstante, cuando existe, se anexa al espláncnico menor y con él termina en el plexo solar. Recordemos que el plexo solar, del cual nos ocuparemos más adelante, está constituido por tres pares de ganglios, que son: los semilunares, los aorticorreinales y los mesentéricos superiores. Las eferencias de estos ganglios forman plexos alrededor de los vasos arteriales y con ellos terminan en las vísceras abdominopélvicas.

Centros de la columna intermediomedial

En la columna intermediomedial se encuentran las neuronas preganglionares parasimpáticas. Sólo se han identificado los segmentos desde S₁ hasta S₄. Las fibras preganglionares parasimpáticas se diferencian de sus homólogas simpáticas en que son más largas, ya que el ganglio al que van destinadas está en la víscera misma o muy cerca de ella. Emergen de la médula acompañando a las raíces anteriores del segundo, tercer y cuarto nervio sacro, con ellos se dirigen a los plexos mesentérico e hipogástrico y sin detenerse en ellos, los atraviesan para continuar su camino hacia las vísceras pélvicas. Las fibras posganglionares parasimpáticas son más cortas que las simpáticas y a menudo son amielínicas.

El territorio y la acción que ejerce el parasimpático pélvico es la siguiente:

1) Es el nervio excitomotor y secretor de la mitad izquierda del colon transversal, con descendente, colon sigmoide y recto, con excepción del esfínter rectal.

CENTROS VEGETATIVOS MEDULARES

Columnas	Segmentos	Territorio inervado
	C ₆ - D ₂ Centro cilioespinal de Budge	Músculo radiado del iris. Fibras lisas del párpado superior. Corazón.
INTERMEDIO LATERAL	D ₃ - D ₆ Centro bronco-pulmonar	Bronquios Pulmones
	D ₆ - L ₂ Centros espláncnicos abdominopelvianos	Aparato digestivo Riñón Glándula suprarrenal Aparato urogenital
INTERMEDIO MEDIAL	S ₁ - S ₄	Mitad izquierda del colon transversal. Colon descendente. Colon iliopélvico. Recto. Vagina. Utero. Vagina. Organos eréctiles.

FIGURA 11

2) Es excitador de la musculatura de la pared vesical e inhibidor de su esfínter.

3) Ejerce acción vasodilatadora en los órganos eréctiles genitales (pene, clítoris).

4) Inerva a los testículos, ovarios, trompas, útero y vagina con fibras vasodilatadoras.

De acuerdo al territorio que está bajo su dependencia y a la acción que ejercen, los segmentos sacros S_1 , S_2 , S_3 y S_4 intervienen en una serie de actos como son: la defecación, la micción, la erección y el coito.

Columna gris anterior o ventral

Sus neuronas están organizadas en columnas, algunas de las cuales no son uniformemente continuas. Se describen tres columnas: medial, central y lateral.

Columna medial. Está subdividida en columna medioventral y mediodorsal. Las neuronas de estas columnas inervan a la musculatura axial: músculos de los canales vertebrales, músculos del dorso y de las paredes tóracoabdominales.

Columna central. Ubicada sólo en la médula cervical y lumbosacra. En la región cervical a nivel de los segmentos C_1 , C_2 y C_3 van a constituir el núcleo de origen del nervio frénico, cuyas eferencias van destinadas al diafragma. El destino de los axones de la porción lumbosacra de la columna central es desconocido.

Columna lateral. Subdividida en: lateroventral, laterodorsal y retrodorsolateral. Estas columnas están destinadas a la inervación de los músculos de los miembros.

Neuronas de la columna gris ventral

En la columna gris ventral se han identificado los siguientes tipos neuronales:

Neuronas alfa (esquelomotoras). Son neuronas de gran tamaño que suministran fibras motoras a las placas terminales de las fibras musculares extrafusales. La terminación de estas fibras en el músculo puede ser bajo dos formas: 1) En la forma típica de placa. 2) En forma de racimo, en la cual el axón terminal se divide en muchas colaterales y cada una de ellas finaliza en una placa típica. En la terminación de placa simple la excitación de la fibra es más localizada. En la terminación en racimo se asegura una excitación en varios lugares a la vez. Las técnicas fisiológicas de registro han demostrado igualmente dos tipos de neuronas alfa, las tónicas y las fásicas. Se diferencian en que las alfa tónicas se descargan a un ritmo más bajo y poseen una velocidad de conducción también más baja que las alfa fásicas.

Neuronas beta. Son también neuronas grandes como las precedentes. Sus axones van destinados tanto a las fibras musculares extrafusales como a las intrafusales.

Neuronas gamma (fusimotoras). Más pequeñas que las anteriores, su axón finaliza en las fibras intrafusales de los husos neuromusculares. La terminación de los axones de las neuronas gamma puede ser en placa sim-

ple cuando lo hacen en el centro (ecuador) del huso, o racimo, cuando terminan en los extremos del huso. La estimulación de los eferentes gamma produce la co-tracción de las fibras intrafusales y por consiguiente, excitación de sus terminaciones sensitivas, lo que inicia la contracción del músculo extrafusil por estimulación refleja de las motoneuronas alfa.

* **Células de Renshaw.** Son pequeñas células intercalares que establecen circuitos de inhibición retroactiva sobre las motoneuronas cuando éstas se descargan intensamente.

Organización laminar de la sustancia gris medular

Utilizando una coloración basada en el método de Nissl, que sólo tinte los cuerpos neuronales, Rexed (1952-1954-1964) estableció un esquema, que tomando en cuenta las características morfológicas de las células, le asigna nueve láminas paralelas a la superficie de las astas ventrales y dorsales y una décima lámina alrededor del conducto central.

El esquema de Rexed, brevemente, es el siguiente: (Fig. 12).

Lámina I. Muy delgada, corresponde a la zona marginal de Waldeyer en el apex del asta posterior.

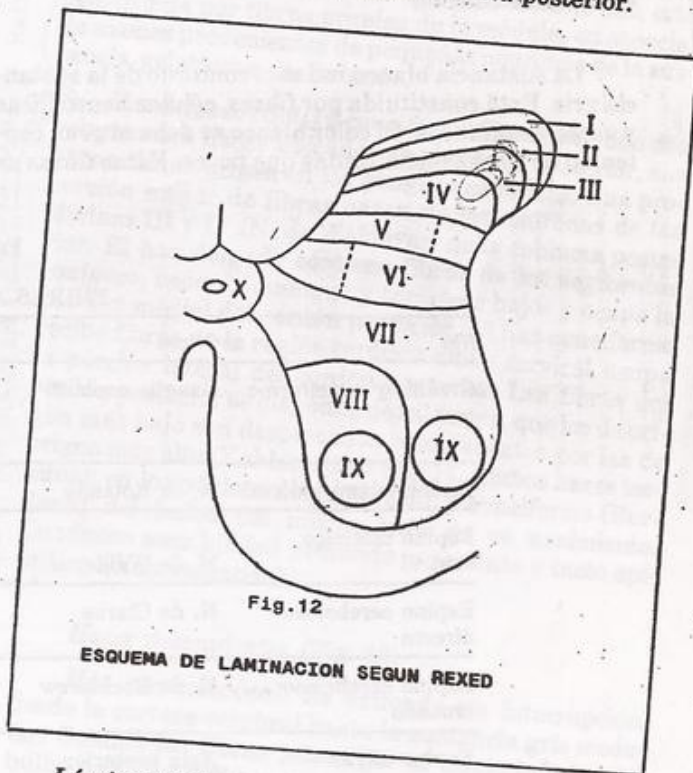


Lámina II. Corresponde a la sustancia gelatinosa de Rolando.

Lámina III-IV. Ocupan la cabeza del asta posterior, por lo tanto corresponden al núcleo propio o de Waldeyer.

Lámina V. Abarca el cuello del asta posterior. Dividida en dos, de los cuales, el tercio externo se encuentra ocupado por una mezcla de cuerpos celulares atrave-

DE 1A A

hacia en todas las direcciones por fibras que dan el aspecto de retículo, de ahí el término de formación reticular que desde Deiters se le da a esta región muy visible en la médula cervical.

Lámina VI. Corresponde a la base del asta posterior. Dos grupos de células la dividen en: una parte que ocupa los dos tercios internos, constituida por una densa población de células pequeñas y una parte que ocupa el tercio externo, que está formada por células más grandes. En esta lámina y parte de la siguiente se ubican los núcleos propioceptivos de Clarke y Betcherew.

Lámina VII. Corresponde a la zona gris intermedia (comisura gris) donde se ubican las columnas intermediomedial e intermediolateral. En su límite posterior también se incluye el núcleo torácico de Clarke.

Lámina VIII. Corresponde a la base del asta anterior.

Lámina IX. Abarca la cabeza del asta anterior, donde se encuentran las células alfa, beta, gamma y de Renshaw.

Lámina X. Corresponde a la sustancia gelatinosa que rodea al conducto central o del epéndimo.

Sustancia blanca

La sustancia blanca rodea el contorno de la sustancia gris. Está constituida por fibras, células neuróglícas y vasos sanguíneos. El color blanco se debe al gran contenido de fibras mielinizadas que posee. Estas fibras se

pueden agrupar en la forma siguiente: 1) Fibras que ingresan por la raíz posterior. Estas fibras al llegar a la médula se dividen en forma de T, dando una rama ascendente y otra descendente. 2) Fibras largas ascendentes, de origen medular y con destino a segmentos encefálicos. 3) Fibras largas descendentes, originadas en centros encefálicos con destino medular. 4) Fibras de asociación intra e intersegmentarias. 5) Fibras emergentes, que van a constituir la raíz anterior, todas ellas contribuyen a formar los cordones medulares.

Utilizando primero un método descriptivo y un criterio topográfico posteriormente, hablaremos en primer lugar, de los haces ascendentes y descendentes y a continuación haremos un estudio de conjunto de estos haces en cada uno de los cordones medulares.

Haces ascendentes. (Fig. 15)

Son fibras que nacidas en la médula o en los ganglios espinales se dirigen a centros supramedulares conduciendo alguna modalidad sensitiva. Como la vía a la que pertenecen, pueden ser exteroceptivas, propioceptivas y visceroreceptivas. Todas estas vías tienen en común: 1) Poseen receptores a nivel cutáneo, musculotendinoso o visceral respectivamente. 2) El impulso nervioso es conducido desde estos receptores hasta el ganglio espinal por dendritas de las neuronas ganglionares correspondientes. 3) Los axones de las neuronas ganglionares se dirigen a los centros exteroceptivos, propioceptivos y visceroreceptivos de la médula. 4) De estos centros parten las fibras que pasan a engrosar los cordones medulares.

FIGURA 15

FIBRAS ASCENDENTES

Haz	Origen	Terminación	Función
Gracilis y cuneiforme	Ganglio espinal	N. gracilis N. cuneiforme	Sensibilidad profunda consciente y tacto epicrítico
Espino talámico dorsal	N. de Rolando	Tálamo	Dolor y temperatura
Espino talámico ventral	N. de Waldeyer	Tálamo	Tacto protopático
Espino cerebeloso directo	N. de Clarke	Cerebelo	Sensibilidad profunda inconsciente
Espino cerebeloso cruzado	N. de Bechterew	Cerebelo	Sensibilidad profunda inconsciente
Espino olivar	Asta posterior	Oliva bulbar	Información exteroceptiva (movimientos automáticos) propioceptiva (extrapiramidal)
Espino reticular	Asta posterior	Formación reticular pontobulbar	Información exteroceptiva y propioceptiva (sensitiva)
Espino tectal	Asta posterior	Colículo superior	Información exteroceptiva y propioceptiva

A.P

Homo

BIBLIOTECA "BELARMINO LARES"

Haces exteroceptivos. Comprende al haz espinotalámico ventral y al haz espinotalámico dorsal.

Haz espinotalámico ventral o anterior. Constituido por los axones de las neuronas del núcleo propio (Waldeyer, láminas III y IV) de la columna posterior, los cuales, un segmento por encima de su origen, cruzan la línea media a nivel de la comisura blanca, para colocarse en el cordón anterior y ascender hasta el diencéfalo, terminando en el tálamo. Este haz conduce la sensibilidad táctil protopática (grosera). La sensibilidad táctil epicrítica (discriminativa) es conducida por los cordones posteriores. Como vemos el tacto utiliza tanto el cordón anterior (tacto protopático) como el cordón posterior (tacto epicrítico) para llegar a centros supramedulares.

Haz espinotalámico dorsal o lateral. Toma su origen en las células de la sustancia gelatinosa de Rolando (lámina II). Las fibras que van a formar este haz se cruzan en el mismo segmento donde se originan, para irse a ubicar en el cordón lateral, por dentro del haz espinocerebeloso ventral. Conduce hasta el tálamo la sensibilidad térmica y dolorosa contralateral del cuerpo y extremidades. El dolor visceral llega a la médula siguiendo sucesivamente a los nervios esplácnicos, el rami comunicativo blanco y las raíces posteriores. En la médula es transportado en el cordón lateral, por el haz espinotalámico dorsal.

Haz espinocerebeloso directo o dorsal (Flechsig). Se ubica en la periferia del cordón lateral, por detrás del espinocerebeloso cruzado, por fuera del corticoespinal cruzado y espinotalámico dorsal y por delante del haz dorsolateral (Lissauer). Su origen toma lugar en las células de la columna de Clarke (láminas VI-VIII), pasando luego al cordón homolateral. Termina en el cerebelo, al cual llega por el pedúnculo cerebeloso inferior. Como la columna de Clarke no va más allá de la médula torácica debemos pensar que el haz espinocerebeloso dorsal conduce al cerebelo la sensibilidad profunda inconsciente del tronco y miembros inferiores.

Haz espinocerebeloso cruzado o ventral (Gowers). Aplanado y periférico como el anterior, se ubica en el cordón lateral opuesto a su nacimiento, por delante del espinocerebeloso dorsal, por detrás del olivoespinal y por fuera del espinotalámico dorsal. Nace de un conjunto de neuronas laterales en la base del asta posterior (N. de Betchterew, láminas VI-VII) y asciende por la médula y tallo encefálico hasta terminar en el cerebelo, al cual llega por el pedúnculo cerebeloso superior, después de cruzarse por segunda vez. Conduce como el precedente sensibilidad profunda inconsciente del tronco y extremidades. Existe una haz que va desde el núcleo cuneiforme lateral del bulbo hasta el cerebelo, es el haz cuneocerebeloso, conduce la sensibilidad profunda inconsciente del cuello y miembros superiores.

Otras vías, en forma indirecta, conducen información musculoesquelética y exteroceptiva al cerebelo, éstas son: la vía espino-olivo-cerebelosa y la espino-retículo-cerebelosa.

Haz espino olivar. Se ubica periféricamente, por delante del haz de Gowers. Nace de las láminas profundas de la columna posterior. Son fibras cruzadas que con-

ducen a la paleoliva bulbar (N. accesorio lateral medial) información exteroceptiva y propioceptiva. (V. Fig. 21).

Haz espinoreticular. Constituido por un conjunto de fibras, en su mayoría directas, que se extienden desde zonas profundas de la columna gris posterior hasta centros reticulares del tallo, en especial bulbar y protuberancial. Estas fibras ascienden entremezcladas con los haces espinotalámicos del cordón lateral. (V. Fig. 21).

Haz espinotectal. Nace de la sustancia gris profunda de la columna posterior. Es un fascículo cruzado que se coloca en el cordón lateral, por delante del haz espinotalámico dorsal y por dentro del haz espinocerebeloso ventral. Termina en el colículo superior. Proporciona a los colículos superiores información exteroceptiva y propioceptiva relacionada con movimientos reflejos de la cabeza y ojos hacia la fuente de estimulación. (V. Fig. 21).

Haz dorsolateral (Lissauer). Ubicado por detrás del vértice de la columna posterior, entre el cordón posterior y el lateral. Lo forman un conjunto de fibras provenientes de las raíces dorsales que al penetrar a la médula se dividen en T, dando una rama ascendente y otra descendente. Estas ramas no van más allá de uno o dos segmentos. Una cuarta parte de las fibras de este haz, está constituida por fibras propias de la médula, en especial de axones provenientes de pequeñas neuronas de la sustancia gelatinosa de Rolando.

Haz delgado (Goll) y cuneiforme (Burdach). Son dos voluminosos haces ubicados en el cordón posterior, sus fibras tienen origen en los ganglios espinales. Una proporción menor de fibras nacen de las neuronas de las láminas III y IV (N. de Waldeyer) de la columna posterior. El haz delgado contiene fibras de los segmentos coxígeos, sacros, lumbares y torácicos bajos y ocupa la porción medial del cordón posterior. El haz cuneiforme recibe fibras de la región torácica alta y cervical, ocupa la porción lateral del cordón posterior. Las fibras del cordón posterior se disponen de tal forma, que las de origen más bajo son desplazadas hacia adentro por las de origen más alto (Kahler, 1882) Fig. 14. Ambos haces terminan en los núcleos delgado (Goll) y cuneiforme (Burdach) del bulbo del mismo lado de su nacimiento. Conducen sensibilidad profunda consciente y tacto epicrítico (discriminativo).

Haces descendentes (Fig. 16)

Haz corticoespinal. Se extiende sin interrupción, desde la corteza cerebral hasta la sustancia gris medular. Cuando las fibras pasan por el tercio inferior del bulbo un 80% a 90% se cruzan para colocarse en los cordones laterales de la médula, el resto continúa en forma directa hacia los cordones anteriores.

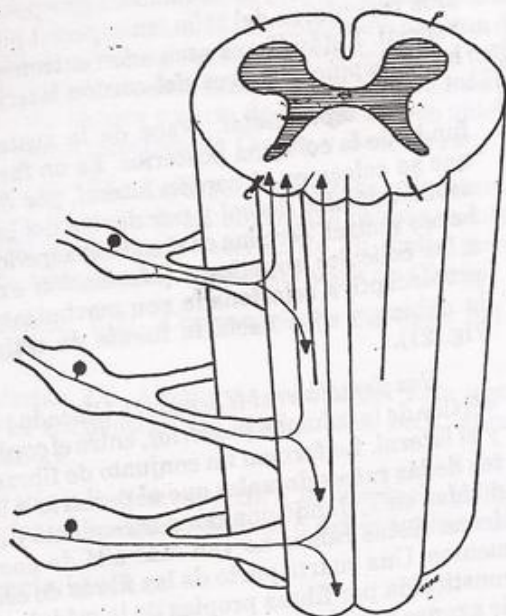
Se ha calculado que por las pirámides bulbares pasan aproximadamente un millón de fibras corticoespinales y en la corteza precentral existen unas 25.000 células gigantes de Betz, cuyos axones forman una parte importante del haz, pero no todo, en efecto, existen otras fuentes corticales surtidoras de fibras además del área prerrolándica, como son las áreas premotoras y las

hace de inter conexión a múltiples los reflejos

en hemisferios (no se unifican)

COMPORTAMIENTO DE LAS FIBRAS DEL CORDON POSTERIOR MEDULAR

Fig. 14



Las fibras que penetran por la raíz posterior provenientes del ganglio raquídeo al llegar a la médula se dividen en fibras ascendentes, las más importantes y fibras descendentes. Las ascendentes constituyen las fibras gangliobulbares conductores de la sensibilidad profunda consciente. Estas se ordenan de tal manera que las que penetran a segmentos más cefálicos quedan más externas que las que penetran a segmentos más caudales. De esta manera el fascículo gracilis está constituido por fibras ascendentes de los segmentos sacrococcigeos, lumbares y últimos dorsales. El fascículo cuneiforme lo forman fibras de los segmentos dorsales altos y cervicales.

áreas poscentrales. La mayoría de las fibras corticoespinales, tanto del haz directo como del cruzado terminan en neuronas intercaladas de la base y comisura gris correspondiente a las láminas: IV, V, VI, VII y es a través de ellas que ejercen su acción sobre las motoneuronas alfa y gamma de la columna anterior. Pocas son las fibras que terminan monosinápticamente en dichas neuronas. El haz corticoespinal conduce motricidad voluntaria y ejerce influencia facilitadora sobre las motoneuronas alfa que actúan sobre los músculos flexores e inhibitoria sobre las que actúan en los músculos extensores.

Haz vestibuloespinal. Se origina en los núcleos vestibulares, en especial del núcleo lateral y medial.

Las fibras que se originan del núcleo medial constituyen el haz vestibuloespinal medial, parcialmente cruzado, el cual en el bulbo desciende por la cintilla longitudinal posterior y en la médula se coloca en el cordón anterior por fuera de las fibras tectoespinales. Del núcleo vestibular lateral de Deiters, salen fibras que constituyen el haz vestibuloespinal lateral, el cual va a situarse en el límite entre el cordón anterior y el cordón lateral de la médula. Ambos haces terminan en su mayor parte homolateralmente sobre neuronas intercalares de la base de la columna anterior y comisura gris, láminas VII y VIII. El haz vestibuloespinal medial sólo llega hasta la mitad de la médula torácica, su territorio corporal comprende al cuello y a los miembros superiores. El haz vestibuloespinal lateral, en cambio, recorre toda la médula. La acción de estos haces, como la mayoría de las fibras descendentes, se ejercen a través de interneuronas y actúan facilitando a las motoneuronas extensoras e inhibiendo a las motoneuronas flexoras. Como vemos, esta acción es inversa a la que realizan los haces corticoespinales.

Haz rubroespinal. Colocado en el cordón lateral, por delante del haz corticoespinal y por dentro del haz espirocerebeloso dorsal, sus fibras, cruzadas, se extienden

FIGURA 16

FIBRAS DESCENDENTES

Haz	Origen	Terminación	Función
Córtico espinal	Corteza cerebral	Asta anterior	Motricidad voluntaria. Facilita músculos flexores. Inhibe músculos extensores.
Vestíbulo espinal	Núcleos vestibulares	Asta anterior	Facilita músculos extensores. Inhibe músculos flexores. <i>equilibrio</i>
Rubro espinal	Núcleo rojo	Asta anterior	Facilita músculos flexores. Inhibe músculos extensores. <i>motricidad extrapiramidal (involuntaria)</i>
Tecto espinal	Colículos	Asta anterior	Reflejos relacionados con movimientos de la cabeza y ojos.
Retículo espinal medial	Protuberancia	Asta anterior	Facilitador <i>del tono muscular</i>
Retículo espinal lateral	Bulbo	Asta anterior	Inhibidor <i>tono muscular</i>
Olivo espinal	Oliva bulbar	Asta anterior	No precisada

desde el núcleo rojo hasta interneuronas de las láminas V, VI y VII que corresponden a la base de la columna posterior y comisura gris. Su acción sobre las motoneuronas alfa se realiza facilitando a las flexoras e inhibiendo a las extensoras, esta actividad es semejante a la que realiza el haz corticoespinal. Las fibras emergentes del núcleo rojo provienen tanto de sus células grandes (paleorrubrum) como de sus células pequeñas (neorrubrum).

Haz tectoespinal. Es un haz cruzado que desde los tubérculos cuadrigéminos, especialmente los superiores, se dirigen a interneuronas de las láminas VI, VII y VIII que corresponden a la base de la columna anterior y comisura gris. A través de ellas transmiten a las motoneuronas impulsos reflejos relacionados con los movimientos de la cabeza y los ojos obedeciendo a estímulos visuales y auditivos. Su ubicación en la médula es en el cordón anterior, a cada lado del surco medio anterior, por fuera del haz corticoespinal ventral. Su extensión es únicamente hasta los segmentos cervicales.

Haz olivoespinal (de Helweg). Está formado por fibras en su mayoría cruzadas, que desde la oliva inferior descienden a la columna gris ventral de la médula cervical. Se colocan en el cordón lateral inmediatamente por fuera de las raíces anteriores y mezcladas con las fibras espinolivares.

Haz reticuloespinal. Desde la formación reticular bulbotuberancial descienden, a todo lo largo de la médula dos grupos de fibras, unas mediales, que van a constituir el haz reticuloespinal medial y otras laterales que forman el haz reticuloespinal lateral, ambos terminan en interneuronas de las láminas VII y VIII de la base y cabeza de la columna gris ventral. El haz reticuloespinal medial o ventral está constituido por fibras que en su mayoría son homolaterales, provenientes de núcleos reticulares protuberanciales, descienden diseminadas por el cordón anterior de la médula. Ejerce una acción facilitadora sobre las motoneuronas. El haz reticuloespinal lateral o dorsal proviene de neuronas reticulares bulbares, cuyos axones, mayoritariamente cruzados, van a descender por el cordón lateral de la médula por dentro de los haces corticoespinal lateral y rubroespinal. Este haz realiza una acción inhibitoria sobre las motoneuronas alfa y gamma.

De acuerdo a su forma de determinación y a la acción que estos haces ejercen, debemos dejar asentado lo siguiente:

- 1) La formación reticular bulbotuberancial ejerce un control bilateral sobre la médula.
- 2) El control puede ser somatomotor, somatosensorial y visceromotor.
- 3) El control somatomotor se ejerce en forma directa desde dos centros: uno facilitador, que se ubica en la formación reticular protuberancial y otro inhibidor situado en la formación reticular bulbar.
- 4) Todas las estructuras sensitivas del sistema nervioso central están sujetas a control reticular, entre ellas se encuentran las astas posteriores de la médula. Una acción posible, es la modulación de la percepción dolorosa.
- 5) La influencia reticular sobre la actividad visceromotora se realiza a nivel de las neuronas preganglionares en forma directa o a través de neuronas intercalares.

neares en forma directa o a través de neuronas intercalares.

Fibras vegetativas

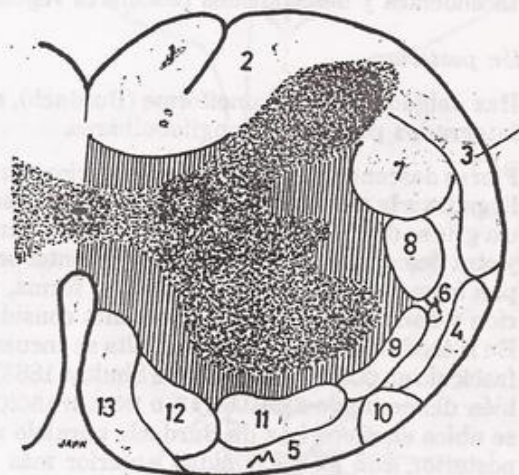
Entre los centros vegetativos encefálicos y las neuronas preganglionares medulares obviamente deben existir conexiones aunque éstas no hallan sido claramente individualizadas. Estas conexiones, presumiblemente polisinápticas, descenderían por los cordones anterolaterales medulares en forma dispersa, acompañando a otros haces o por fascículos propriomedulares.

Sistematización de los cordones medulares (Fig. 13)

Independientemente de su función y dirección ascendente o descendente, ubicaremos los haces en los cordones medulares siguiendo un criterio topográfico. El estudio de la mayoría de los haces ya ha sido reseñado, por lo cual nos limitaremos a enumerarlos, excepto los que no han sido descritos.

SISTEMATIZACION DE LA SUSTANCIA BLANCA DE LA MEDULA

Fig. 13



- 1 Fascículo gracilis
- 2 Fascículo cuneiforme
- 3 Haz espinocerebeloso directo
- 4 Haz espinocerebeloso cruzado
- 5 Haz espinotalámico ventral
- 6 Haz espinotalámico lateral
- 7 Haz corticoespinal cruzado
- 8 Haz rubroespinal
- 9 Haz vestibuloespinal lateral
- 10 Haz olivoespinal
- 11 Haz vestibuloespinal medial
- 12 Haz Tectoespinal
- 13 Haz corticoespinal directo

Vías ascendentes: 1-2-3-4-5-6
Vías descendentes: 7-8-9-10-11-12-13

La zona rayada constituye el fascículo fundamental o profundo de asociación del cordón anterior, posterior y lateral.

Cordón anterior

- 1) Haz corticoespinal ventral (directo)
- 2) Haz espinotalámico ventral

- neuronas
neuroexistente
anteplaxo a
- 4) Hazes vestibuloespinales
 - 5) Haz tectoespinal
 - 6) Haz retiespinal medial
 - 7) Fascículo propio. Profundamente situado, colindante con la sustancia gris, se compone de fibras ascendentes y descendentes provenientes de neuronas de la columna anterior que asocian segmentos supra e infrayacentes, además contiene fibras igualmente ascendentes y descendentes reticulares y vegetativas.

Cordón lateral

- 1) Hazes espinocerebelosos
- 2) Haz corticoespinal lateral (cruzado)
- 3) Haz rubroespinal
- 4) Haz espinotalámico dorsal
- 5) Haz espinoreticular
- 6) Haz espinotectal
- 7) Haz espinoolivar y olivoespinal
- 8) Haz reticuloespinal lateral
- 9) Haz dorsolateral (de Lissauer)
- 10) Fascículo propio. Igualmente que en el cordón anterior, se ubica profundamente, adyacente a la sustancia gris. Contiene fibras ascendentes y descendentes intersegmentarias de neuronas medulares y fibras ascendentes y descendentes reticulares vegetativas.

Cordón posterior

- 1) Haz delgado (Goll) y cuneiforme (Burdach), ambos integrados por fibras gangliobulbares.
- 2) Fibras descendentes. Las raíces posteriores una vez llegadas a la médula y antes de penetrar a la sustancia gris se dividen en T, dando una rama ascendente y otra descendente. Las ramas descendentes se agrupan formando un haz que cambia de forma, ubicación y nombre según sea el segmento considerado. En la médula cervical y torácica alta se encuentra el fascículo en COMA o VIRGULA (de Shultze 1883), también denominado SEMILUNAR o INTERFASCICULAR, se ubica en pleno haz de Burdach, paralelo al asta posterior, con su extremidad anterior más ancha (de ahí su nombre).

En la médula torácica inferior se encuentra el fascículo SEPTOMARGINAL o CINTILLA PERIFÉRICA (de Hoche), el cual se sitúa transversalmente muy cerca de la superficie exterior del cordón posterior, su extremo interno corresponde al séptum posterior, su extremo externo llega muy cerca del vértice del asta posterior. En la región lumbar se halla el fascículo OVAL o CENTRO OVAL (de Flechsig). Se ubica en la mitad del haz de Goll, junto al séptum posterior, al reunirse con el del lado opuesto forma el campo oval de Flechsig. En la región sacra, las fibras descendentes se agrupan adoptando la forma de un triángulo de vértice anterior y base posterior, su lado interno contacta con el séptum posterior. Ocupa la parte posterointerna del haz de Goll, fue descrito en 1894 por Goubault y Philippe con el nombre de fascículo triangular.

- 3) Fascículo propio del cordón posterior. Semejante al fascículo propio del cordón anterolateral, se ubica

profundamente en el cordón posterior. Consta de fibras ascendentes y descendentes provenientes de neuronas de la columna posterior y comisura gris que asocian segmentos medulares próximos. Es de hacer notar que algunas de las fibras descendentes pasan a formar parte de los fascículos descritos precedentemente.

VÍAS DE CONDUCCION MEDULAR

Vías sensitivas

Todas estas vías tienen en común:

- 1) La primera neurona (protoneurona) se encuentra en el gaglio espinal.
- 2) La segunda neurona (deutoneurona) se encuentra en la médula o en el tallo encefálico.
- 3) Con excepción de las que transitan por el cordón posterior y el haz espinocerebeloso dorsal que son directas, todas las demás son cruzadas.

Vía del dolor y temperatura. Esta vía transita por el cordón lateral. Su segunda neurona se ubica en la sustancia gelatinosa de Rolando, los axones de estas neuronas van a terminar en el tálamo, que representa la tercera neurona de la vía. (V. Fig. 17).

Vía del tacto protopático. Se desplaza por el cordón anterior. Su deutoneurona se halla en el núcleo propio (de Waldeyer). La tercera neurona es talámica. (V. Fig. 18).

Vía del tacto epicrítico. Viaja por los cordones posteriores. La segunda neurona de esta vía corresponde a los núcleos gracilis y cuneatus del bulbo. Las eferencias de estos dos núcleos se cruzan para luego ascender y terminar en la tercera neurona de la vía: el tálamo. (V. Fig. 19).

Vías de la sensibilidad profunda (Propioceptiva)

Vía de la sensibilidad profunda consciente. Esta vía, al igual que la del tacto epicrítico va por los cordones posteriores. La deutoneurona corresponde a los núcleos gracilis y cuneatus. La tercera neurona: al tálamo. (V. Fig. 19).

Vía de la sensibilidad profunda inconsciente. Transita por los cordones laterales. La deutoneurona se encuentra en la base de la columna posterior. Los axones provenientes de la columna de Clarke son ipsolaterales, los del núcleo de Bechterew son contralaterales. La segunda y última neurona se halla en el cerebelo. (V. Fig. 20).

Vía de la sensibilidad visceral. Esta vía tiene dos modalidades. La que corresponde al dolor visceral discurre por el cordón lateral acompañando al dolor somático (haz espinotalámico dorsal) haciendo estación en las mismas neuronas que éste. La otra modalidad corresponde a sensaciones como la sed, el apetito sexual, el hambre, plenitud visceral, las cuales son conducidas por el fascículo propio de los cordones anterolaterales.

VIA DEL DOLOR Y LA TEMPERATURA

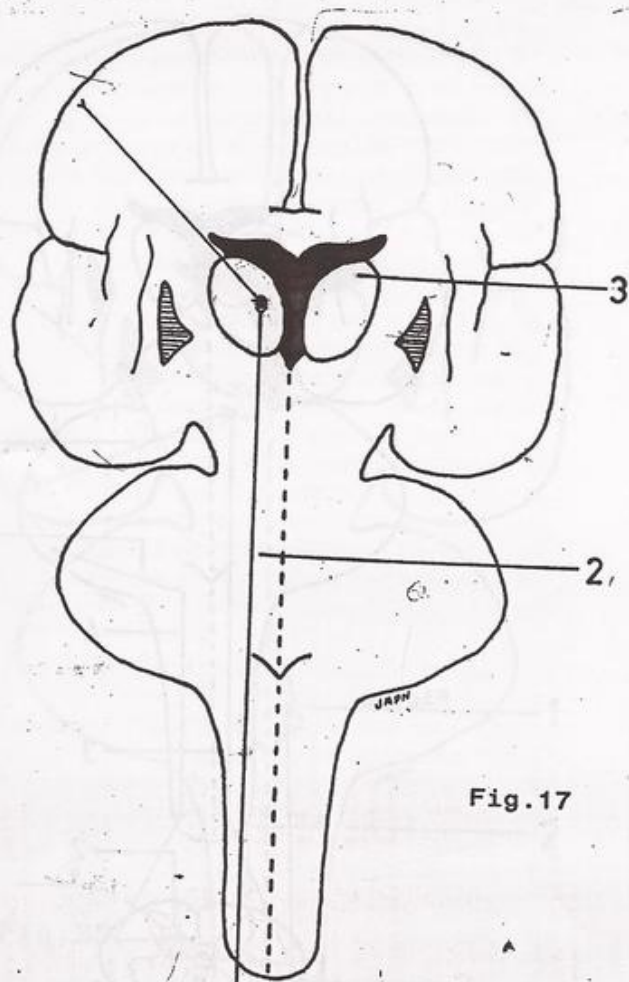
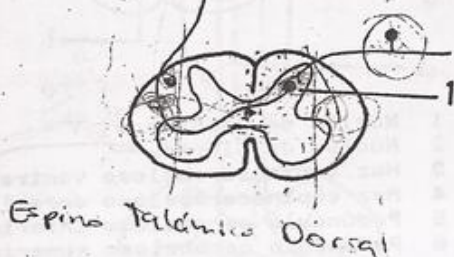


Fig. 17



- 1 Núcleo de Rolando
- 2 Haz espinotalámico dorsal
- 3 Tálamo

Vías motoras

Estas vías tienen en común: 1) Se originan en centros supramedulares. 2) Las fibras que las constituyen terminan en su mayoría en interneuronas de la sustancia gris medular.

Vía de la motricidad voluntaria (piramidal). Desciende por el cordón anterior (piramidal directo) y por el

VIA DEL TACTO PROTOPATICO

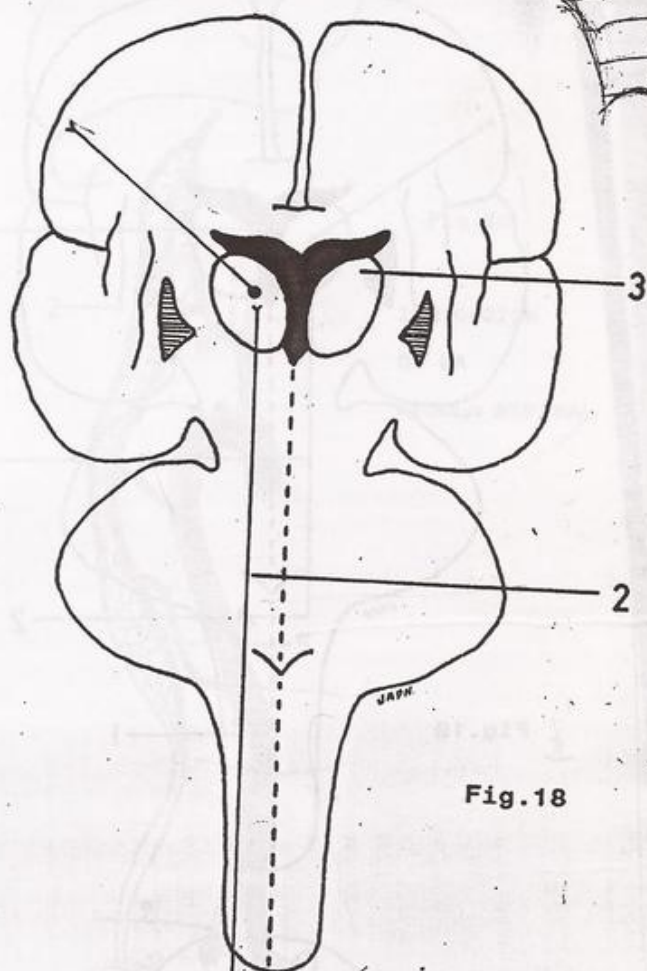
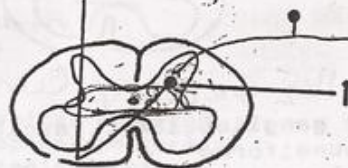


Fig. 18



- 1 Núcleo de Waldeyer
- 2 Haz espinotalámico ventral
- 3 Tálamo

cordón lateral (piramidal cruzado). Ambos representan axones de neuronas corticales. (V. Fig. 22).

Vía de la motricidad involuntaria. (Extrapiramidal). Estas vías difieren de las piramidales en que sus lesiones no provocan parálisis musculares. Diferentes canales convergen en las motoneuronas y su influencia sirve para producir un acto motor integrado, es así como

VIA DE LA SENSIBILIDAD PROFUNDA CONSCIENTE Y DEL TACTO EPICRITICO

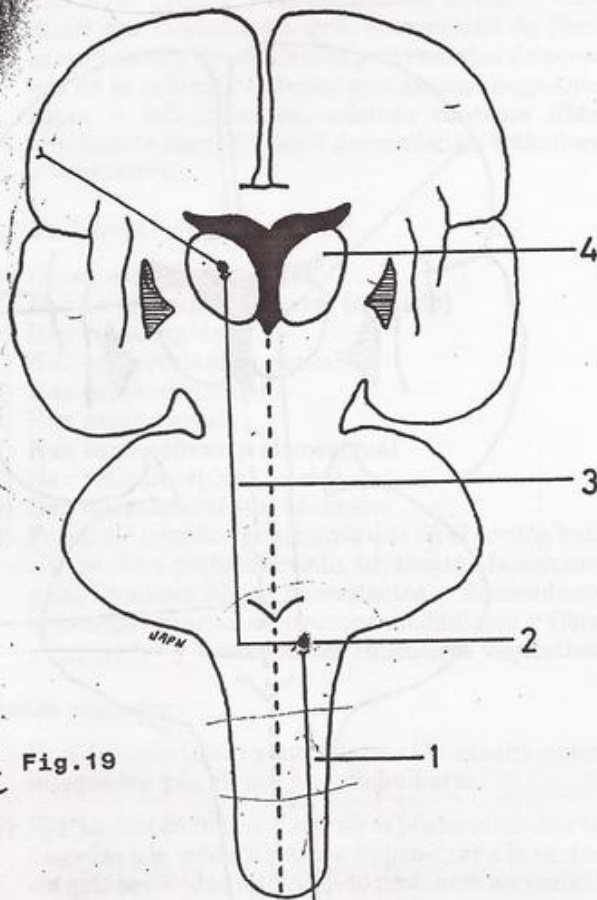


Fig. 19



Haz. Gracilis y Cuneatus.

- 1 Haz gangliobulbar. Fascículo gracilis y cuneiforme
- 2 Núcleo gracilis y cuneatus
- 3 Haz bulbotalámico
- 4 Tálamo

VIA DE LA SENSIBILIDAD PROFUNDA INCONSCIENTE

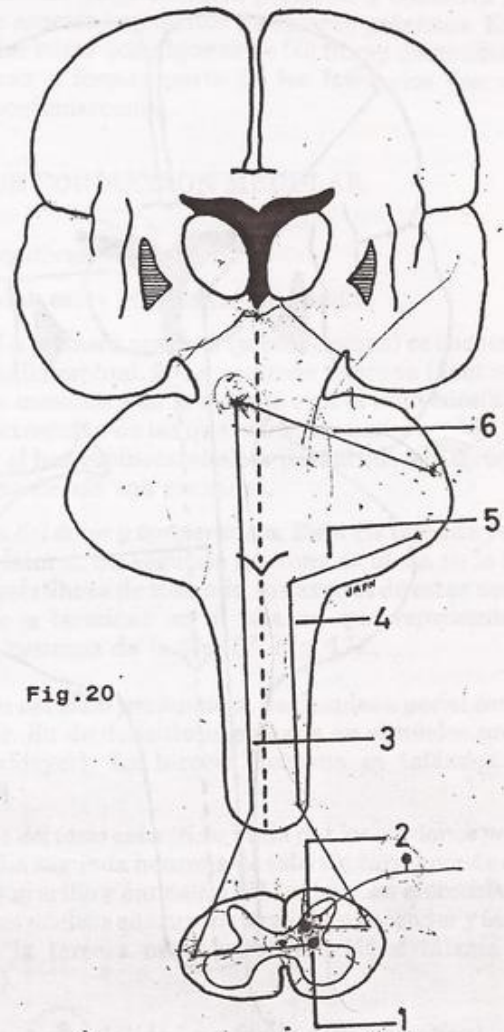


Fig. 20

- 1 Núcleo de Bechterew
- 2 Núcleo de Clarke
- 3 Haz espinocerebeloso ventral
- 4 Haz espinocerebeloso dorsal
- 5 Pedúnculo cerebeloso inferior
- 6 Pedúnculo cerebeloso superior

vemos que intervienen en funciones como el tono muscular, la postura, el equilibrio y en reflejos que tienen punto de partida a estímulos visuales y auditivos. Los músculos flexores se ven facilitados por las vías: corticoespinal, rubroespinal y la vía reticular bulboespinal. Estas mismas vías producen inhibición de los músculos extensores. Los músculos extensores son facilitados por las vías vestibuloespinales y por la vía reticular pontoespinal. (V. Fig. 23-24-25).

Vías visceromotoras. En la médula no están claramente individualizadas, aunque es obvio que existen. Se supone que éstas descienden en forma polisináptica por

los fascículos propios del cordón anterolateral y también acompañando a haces como el corticoespinal y el reticuloespinal.

Vascularización de la médula

Arterias. La irrigación medular depende de una red periférica a la cual concurren las siguientes arterias: espinales anteriores, espinales posteriores y espinales laterales. (V. Fig. 26).

Arterias espinales anteriores. Son dos, derecha e izquierda. Emergen de la vertebral un poco antes de que

VIAS

VESTIBULOESPINAL OLIVOESPINAL

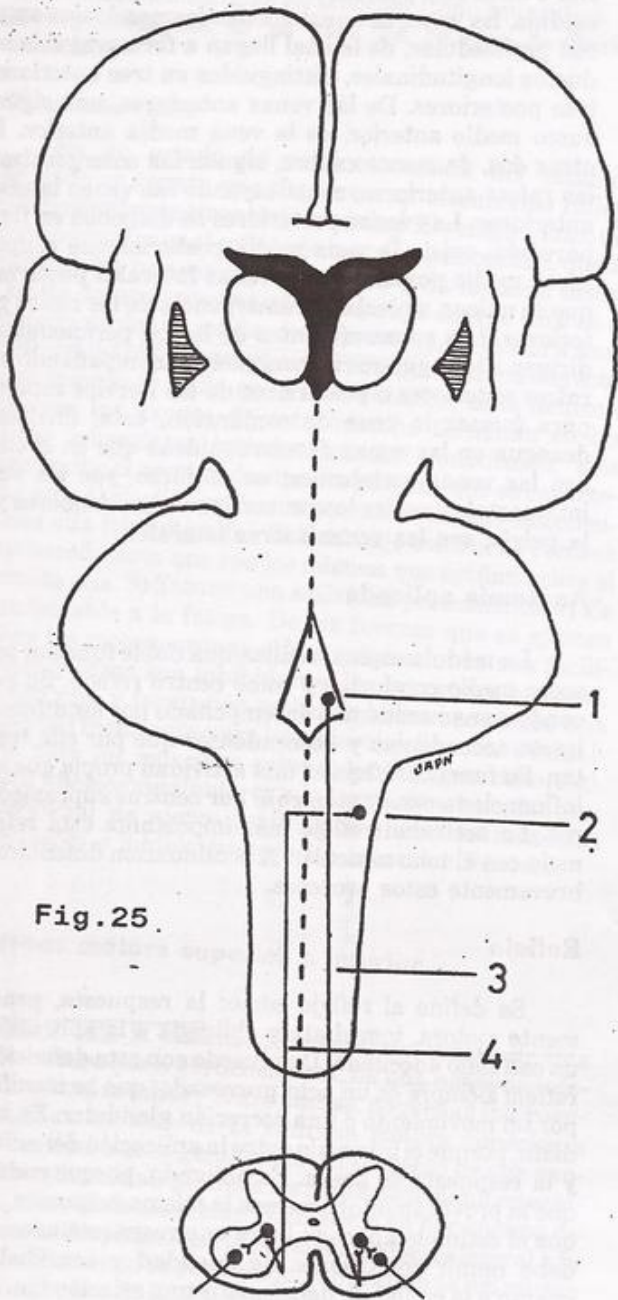


Fig. 25.

- 1 Núcleos vestibulares
- 2 Oliva bulbar
- 3 Haz vestibuloespinal
- 4 Haz olivoespinal

rios, ramas de la vertebral, una vez agotadas éstas, los troncos espinales posteriores se forman por la anastomosis de las ramas posteriores de las arterias espinales laterales. El número de las arterias espinales laterales es variable, según Adamkiewicz, puede considerarse

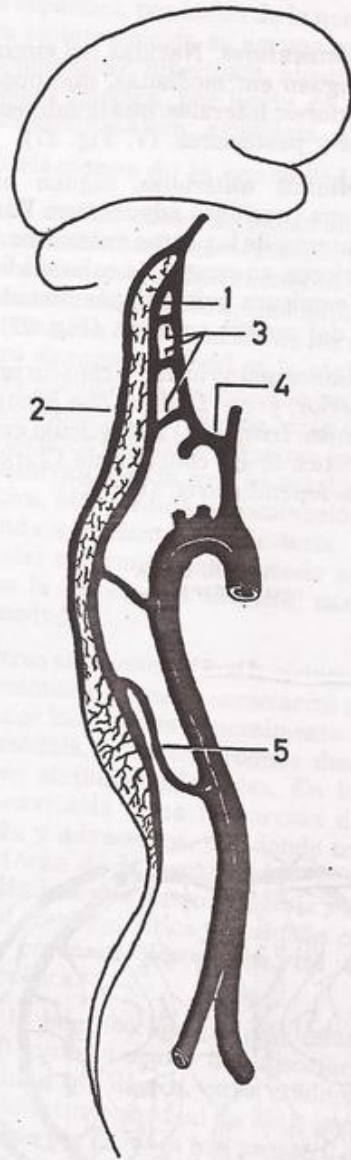


Fig. 26

IRRIGACION
DE LA
MEDULA ESPINAL

- 1 Arteria espinal anterior
- 2 Arteria espinal posterior
- 3 Arterias radicales
- 4 Arteria vertebral
- 5 Arteria de Adamkiewicz

una sola arteria espinal lateral por cada tres o cuatro pares nerviosos a nivel de las raíces anteriores, de esta manera, el número total de arterias que siguen a las raíces anteriores sería de 3 a 10 en toda la altura de la médula. De estas arterias existe una más desarrollada que riega unos 15 cm de médula a nivel del décimo o undécimo par dorsal, se trata de la arteria de Adamkiewicz. Las arterias que siguen a las raíces posteriores son más numerosas, pueden existir de 15 a 20 en toda la médula.

Círculo arterial perimedular. Las columnas longitudinales descritas están anastomosadas entre sí por vasos transversales, constituyendo así un círculo peri-

medular del cual nacen las arterias destinadas al interior de la médula.

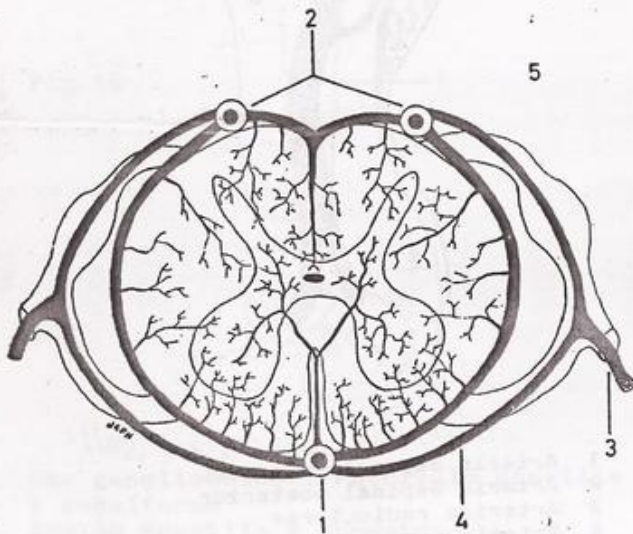
Arterias intramedulares. Nacidas del círculo perimedular, se distinguen en: medianas, que pueden ser anteriores y posteriores; laterales, que igualmente, pueden ser anteriores y posteriores. (V. Fig. 27).

Arterias medianas anteriores. Siguen el surco medio anterior y sus porciones adyacentes. Van a irrigar: 1) La parte interna de las astas anteriores. 2) Base de las astas posteriores, en especial la columna vesicular de Clarke. 3) La comisura gris preependimaria. 4) La sustancia blanca del cordón anterior. (Fig. 27).

Arterias medianas posteriores. Transcurren por el surco medio posterior, por el tabique que lo continúa y por zonas adyacentes. Irrigan: 1) El fascículo gracilis. 2) El fascículo cuneatus. 3) La columna de Clarke. 4) La comisura gris retroependimaria. (Fig. 27).

IRRIGACION DE LA MEDULA ESPINAL

Fig. 27



- 1 Arteria espinal anterior
- 2 Arterias espinales posteriores
- 3 Tronco de la arteria radicular con: 4, su rama anterior y 5, su rama posterior.

Arterias laterales anteriores. Suministran ramas a la cabeza del asta anterior y al cordón lateral.

Arterias laterales posteriores. Envían ramas a: 1) Sustancia gelatinosa de Rolando. 2) Resto del asta posterior. 3) Cordón lateral.

Venas. Las venas medulares se forman a partir de las redes capilares de la sustancia gris y de la sustancia blanca, desde su origen siguen un trayecto radiado que

las lleva a la superficie de la médula para salir, unas, por el surco medio anterior o por el surco medio posterior; otras lo hacen a nivel de las emergencias de la raíz anterior o de la raíz posterior. Una vez en la superficie de la médula, las venas se anastomosan formando una amplia red perimedular, de la cual llegan a formarse seis conductos longitudinales, distinguidos en tres anteriores y tres posteriores. De las venas anteriores, una sigue el surco medio anterior, es la vena media anterior. Las otras dos, de menor calibre, siguen las emergencias de las raíces anteriores, constituyendo las venas laterales anteriores. Las venas posteriores se disponen en forma parecida, existe la vena media posterior que ocupa el surco medio posterior y las venas laterales posteriores que se ubican a nivel de la emergencia de las raíces posteriores. Las venas eferentes de la red perimedular se dirigen a los agujeros de conjunción acompañando a las raíces anteriores o posteriores de los nervios espinales para formar la vena de conjunción, ésta, finalmente desagua en las venas extrarraquídeas que en el cuello son las venas vertebrales; en el dorso, son las venas intercostales; en los lomos, son las venas lumbares y en la pelvis, son las venas sacras laterales.

Anatomía aplicada

La médula espinal realiza una doble función: actúa como medio conductor y como centro reflejo. Su papel conductor se encuentra desempeñado por los diferentes haces ascendentes y descendentes que por ella transitan. Su función refleja es una actividad propia que se ve influenciada constantemente por centros supramedulares. La actividad refleja más importante está relacionada con el tono muscular. A continuación describiremos brevemente estos procesos.

Reflejo

Se define al reflejo como: la respuesta, generalmente motora, inmediata y obligada a la aplicación de un estímulo adecuado. De acuerdo con esta definición, el reflejo siempre es un acto provocado, que se manifiesta por un movimiento o una secreción glandular. Es inmediato, porque el intervalo entre la aplicación del estímulo y la respuesta es breve. Es obligado, porque cada vez que lo provocamos obtenemos la misma respuesta. Para que el estímulo aplicado logre una respuesta adecuada, debe reunir condiciones de cualidad y cantidad. En cuanto a la cualidad, debe existir una relación funcional entre la naturaleza del estímulo y la del receptor, como en el caso luz-retina, donde los rayos luminosos representan el estímulo adecuado para la retina, así como las vibraciones sonoras lo son para el oído o como los diferentes sabores lo son para los receptores del gusto. En cuanto a la cantidad, el estímulo debe poseer la suficiente intensidad (umbral) para excitar al receptor correspondiente.

Vías de conducción del reflejo. El sustrato anatómico que el impulso nervioso debe recorrer para cumplir un acto reflejo recibe el nombre de arco reflejo. En su constitución deben intervenir como mínimo dos neuronas, de las cuales, una es aferente, con su cuerpo ubicado en el ganglio espinal, la otra es eferente, con su cuerpo

en el asta anterior, ambas articuladas entre sí para constituir el arco reflejo monosináptico. La integridad de ambas neuronas garantiza la producción del reflejo. El arco reflejo polisináptico se forma cuando entre la neurona aferente y la eferente se intercala una o varias neuronas. El arco reflejo monosináptico es característico de los reflejos de tracción (tono muscular). El arco polisináptico lo es para los reflejos de flexión (defensa).

Tono muscular

Es un estado de semicontracción del músculo estriado en reposo que obedece a un mecanismo reflejo propioceptivo segmentario medular. El reflejo básico del tono muscular es el reflejo de tracción o miotático, que se caracteriza por ser monosináptico y de latencia breve. Consta de una neurona aferente, cuyo cuerpo está en el ganglio espinal y su dendrita proviene de la fibra anuloespiral del huso neuromuscular; de una neurona eferente, cuyo cuerpo se halla en el asta anterior, es la neurona gamma, los axones de esta neurona terminan en las fibras musculares intrafusales. Así constituido, este arco recibe el nombre de circuito gamma, que se caracteriza por: 1) Facilita en forma permanente a las motoneuronas alfa (circuito alfa). 2) Está bajo control de centros supramedulares que son los mismos que actúan sobre el circuito alfa. 3) Tienen una actividad permanente. 4) Es invulnerable a la fatiga. De las fuerzas que se ejercen sobre las motoneuronas alfa y gamma, unas son facilitantes y otras son inhibitorias. De la corteza cerebral, núcleo rojo y formación reticular bulbar se ejerce una actividad facilitante para los músculos flexores e inhibitoria para los músculos extensores (antigravitatorios). De los núcleos vestibulares y la formación reticular protuberancial se ejerce facilitación para los músculos extensores e inhibición para los músculos flexores.

Neurona motora superior e inferior

La vía de la motricidad voluntaria consta de una neurona superior o corticoespinal, de una neurona inferior o radicular (alfa) y entre ambas, pequeñas interneuronas. Las lesiones de la neurona motora superior a nivel cortical o en alguna parte del trayecto de sus axones (haz piramidal) produce las siguientes manifestaciones: 1) Parálisis muscular. Si la lesión es por encima de la decusación piramidal, la parálisis es contralateral a la zona lesionada, si es por debajo, la parálisis es del mismo lado lesionado. 2) En los músculos afectados se observa hiperreflexia e hipertonia por predominio de fuerzas facilitantes. 3) Aparición de reflejos patológicos, como el reflejo de Babinski, que es la dorsiflexión del dedo gordo del pie cuando se explora el reflejo cutaneoplantar.

La lesión de la neurona motora inferior, bien sea a nivel del asta anterior o de la raíz anterior produce las siguientes manifestaciones: 1) Parálisis muscular. 2) Arreflexia, por interrupción del arco reflejo. 3) Atrofia muscular con reacción de degeneración por pérdida de la acción trófica que la motoneurona ejerce sobre el músculo. 4) Atonía, por interrupción del arco reflejo. En

resumen, de acuerdo a las manifestaciones descritas y desde un punto de vista clínico se distinguen dos tipos de parálisis por lesión de la vía motora voluntaria: la parálisis espástica, por lesión de la neurona motora superior cuya sintomatología se agrupa en el cuadro clínico de piramidismo: hipertonia, hiperreflexia, Babinski y la parálisis flácida, por lesión de la neurona radicular, cuyos síntomas son: arreflexia, atonía y atrofia.

Disociaciones de la sensibilidad

El cordón posterior puede ser asiento de lesiones cuyas manifestaciones dependen de la abolición de la sensibilidad profunda consciente y el tacto epicrítico. Existe una afección de origen sifilítico: la tabes dorsalis, que cursa con degeneración de los cordones posteriores y cuyo síntoma cardinal es la ataxia o incoordinación motora por falta de información propioceptiva. Las vías espinotalámicas, por donde viaja la sensibilidad dolorosa, térmica y táctil protopática (cordón anterolateral) se conservan, por lo cual se establece una disociación sensitiva, con pérdida o disminución de la sensibilidad profunda consciente (apaliestesia, abarognosia, astereognosia) con conservación de la sensibilidad superficial, es la disociación tabética, característica de esta enfermedad.

Otras afecciones, como la siringomielia, de etiología aún desconocida, que se caracteriza por la formación de cavidades localizadas generalmente en la parte central de la médula, también produce disociación sensitiva, pero con síntomas diferentes. En la siringomielia, la lesión cavitaria toma la porción de sustancia gris, comisura y adyacentes, por donde transitan las fibras conductoras de la sensibilidad térmica y dolorosa, produciéndose una termoanalgesia y se conserva la sensibilidad táctil epicrítica y profunda consciente que van por los cordones posteriores, tal es la disociación siringomiélica.

En la hemisección medular (síndrome de Brown Sequard) también ocurre una disociación sensitiva. En esta entidad nosológica, cuya etiología puede ser por compresión: tumores, mal de Pott, hematomielia, focos de mielitis o por lesiones con proyectil o arma blanca, se producen los siguientes signos y síntomas: en el lado de la lesión, 1) trastornos motores. Si la lesión es cervical, existirá hemiplejía; si es más abajo se produce monoplejía. Si la lesión es aguda, la parálisis comienza siendo flácida y luego se hace espástica, acompañada de todos los signos de piramidismo. 2) Trastornos sensitivos. Por debajo de la lesión se produce una abolición de la sensibilidad profunda consciente ipsilateral. En el lado opuesto a la lesión sólo se aprecia pérdida de la sensibilidad térmica y dolorosa.

La explicación de estas manifestaciones es como sigue: en el lado de la lesión se interrumpe la vía de la motricidad voluntaria lo cual produce una parálisis, si la hemisección es completa la parálisis siempre será flácida, si respeta las vías facilitantes se hará espástica. De este mismo lado, la interrupción por debajo de la lesión de la vía de la sensibilidad profunda consciente que va por los cordones posteriores, produce pérdida de las sensaciones vibratorias (apaliestesia), pérdida de la noción de la posición de los miembros y pérdida de la sensibili-

idad a la presión (abarestesia). En el lado opuesto a la lesión sólo existe termoanalgesia porque las vías del dolor y la temperatura ya cruzadas por debajo de la lesión, no pueden atravesar el segmento del cordón lateral lesionado.

[Shock medular]

comentarios del prof

Una sección aguda de la médula, producto de un traumatismo, se manifiesta de la siguiente manera: cuadríplejía o paraplejía de acuerdo a la altura de la lesión. Esta parálisis va acompañada de flaccidez, arreflexia, atonía, anestesia completa: superficial y profunda y trastornos esfinterianos: incontinencia urinaria y fecal. Este cuadro así descrito, es el shock medular que sigue inmediatamente después de producirse la lesión y revela una vez más la acción de las influencias supramedulares. Una vez disipada esta primera fase del shock, la médula, liberada de la acción contralora de estos centros, recupera su autonomía de acción: la función refleja. Durante esta fase de recuperación, que en el humano tarda un tiempo variable en aparecer, las manifestaciones son contrarias a las de la primera fase, es decir, se produce: espasticidad, hipertonia, hiperreflexia y contractura de esfínteres. Otra prueba de la acción contralora de los centros encefálicos se produce cuando se secciona el mesencéfalo por debajo del núcleo rojo (sección subrrúbrica). El cuadro clínico que se desencadena se caracteriza por una contractura de los músculos extensores (antigravitatorios), es la rigidez de descerebración, descrita por primera vez por el neurólogo inglés Sir Charles Scott Sherrington (1857-1952). La hipertonia es producto de una hiperactividad de las motoneuronas gamma, que se encuentran facilitadas por las vías vestibulo-retículo-espinales. La sección produce una interrupción de las vías corticoespinales y rubroespinales que son inhibitorias de los músculos extensores, ayudando de esta manera a una acentuación de la contractura muscular.

Determinación del nivel de lesión
(V. Fig. 28-29-30)

Se puede con cierta precisión, ubicar a qué nivel se halla la lesión tomando en cuenta las manifestaciones clínicas. La sección completa por encima del quinto segmento cervical produce la muerte por compromiso respiratorio, debido a la parálisis de los nervios frénicos. Entre C₆ y T₁, la lesión produce cuadríplejía. La lesión del primer segmento torácico se manifiesta por una parálisis de los músculos de la mano y síntomas simpáticos que produce el síndrome de Claudio Bernard Horner: miosis, enoftalmía, ptosis palpebral, ausencia de sudor en cara y cuello. La lesión de los segmentos toracolumbares producen paraplejía, acompañada de trastornos esfinterianos y genitales. Cuando son tomados los segmentos sacros se presentan las siguientes manifestaciones: 1) Anestesia en silla de montar, que comprende a la piel del periné, glúteos, región posterior del muslo, pierna y planta del pie. 2) Parálisis de los centros de la micción y defecación. 3) Parálisis de los músculos de la planta del pie. Las lesiones del cono medular producen una zona de anestesia más restringida que abarca: la margen del ano, región coxígea y porción adyacente de la nalga, es la anestesia en silla de bici-

CORRELACION MEDULOVERTEBRAL

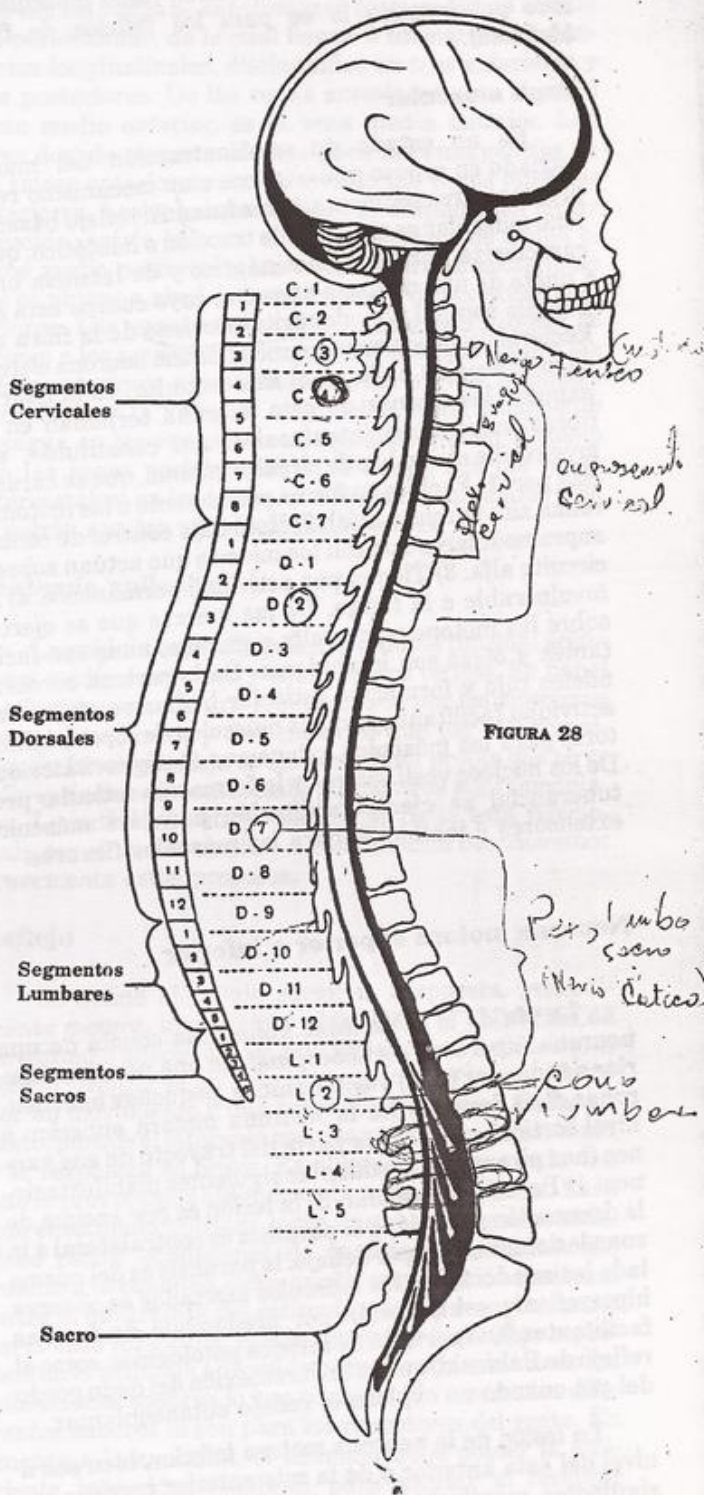


FIGURA 28

leta. A este nivel existen trastornos esfinterianos pero no hay parálisis musculares.

La compresión sobre las raíces lumbares y sacras se manifiesta por signos radiculares que pueden ir acompañados de síntomas del cono medular y médula sacra conformando el síndrome de la cola de caballo.

NOTECTAL ESPINOOLIVAR ESPINORETICULAR

VIAS DE LA MOTRICIDAD VOLUNTARIA

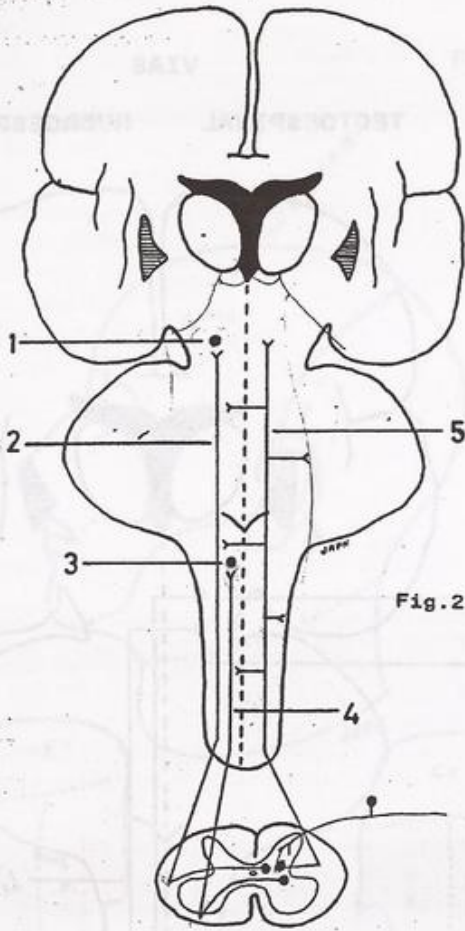


Fig. 21

- 1 Colículo superior
- 2 Haz espinotectal
- 3 Oliva bulbar
- 4 Haz espinoolivar
- 5 Haz espinoreticular

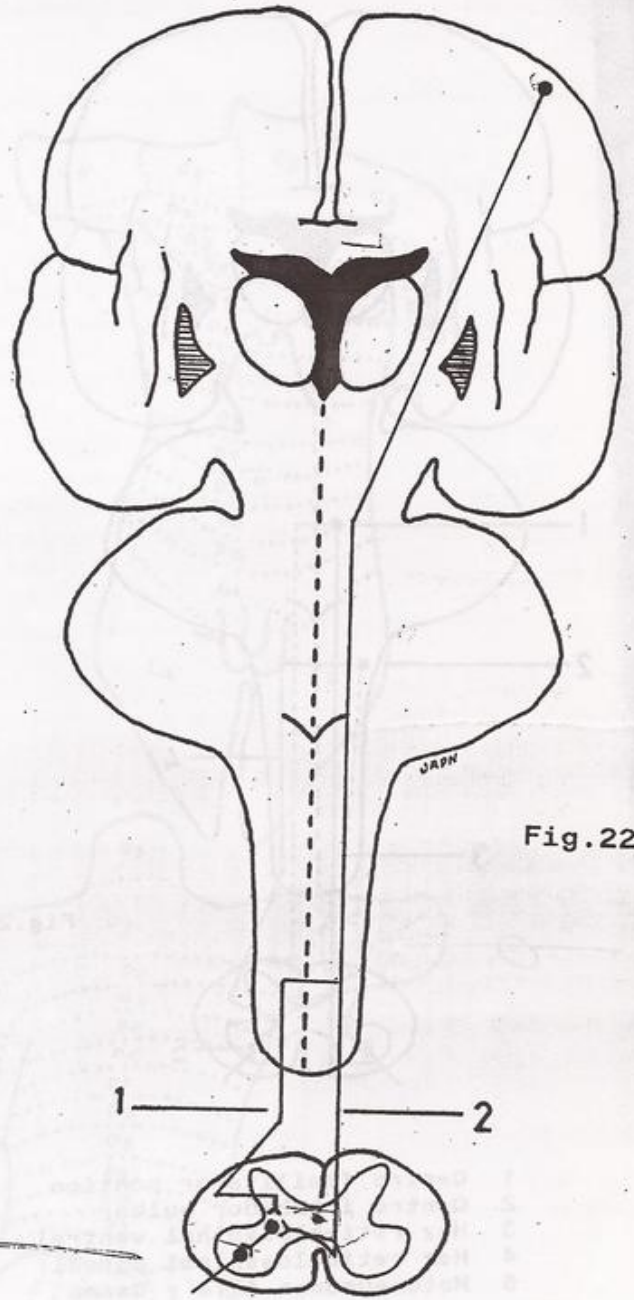


Fig. 22

- 1 Haz corticoespinal cruzado
- 2 Haz corticoespinal directo

éstas se unan para formar el tronco basilar. Desde su origen, las dos espinales anteriores se dirigen hacia abajo, hacia la cara anterior del bulbo, donde se fusionan en un tronco común: el tronco espinal anterior, el cual recorre de arriba abajo el surco medio anterior hasta llegar a nivel del quinto par cervical, desde aquí hacia abajo el tronco espinal anterior es continuado por uno similar que depende de las arterias espinales laterales.

Arterias espinales posteriores. Como las precedentes, son dos, derecha e izquierda. Nacen igualmente de las vertebrales, un poco por detrás del origen de las espinales anteriores. Se dirigen hacia la cara posterior del bulbo y de la médula colocándose a cada lado del surco medio posterior. Se extienden como las anteriores hasta los últimos segmentos cervicales.

Arterias espinales laterales. Llamadas también radicales, porque siguen a las raíces raquídeas. Penetran a la médula por sus lados y tienen diversos orígenes,

a saber: en el cuello: de la vertebral y de la cervical ascendente. En el tórax: de las arterias intercostales. En la región lumbar: de las arterias lumbares. En la pelvis: de las arterias sacras.

Distribución. Llegadas al agujero de conjunción junto con el nervio raquídeo correspondiente, se dividen

VIAS RETICULOESPINALES

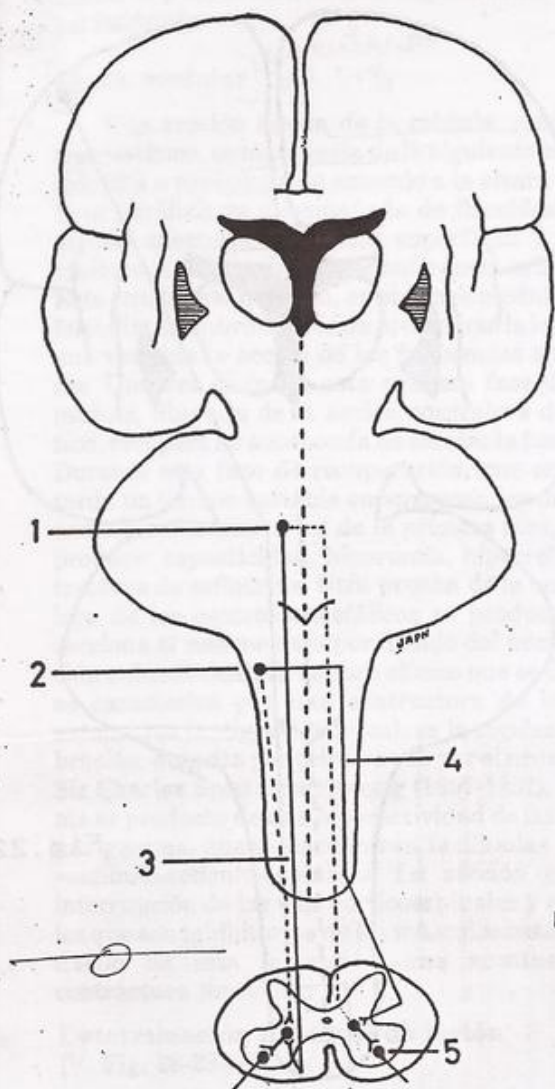


Fig.23

- 1 Centro facilitador pónico
- 2 Centro inhibitor bulbar
- 3 Haz reticuloespinal ventral
- 4 Haz reticuloespinal dorsal
- 5 Motoneuronas Alfa y Gamma

en dos ramas, cada una de las cuales sigue a la raíz anterior o posterior. La rama anterior al llegar al surco medio anterior se divide en un ramo ascendente, que se anastomosa con el ramo descendente de la arteria similar suprayacente y un ramo descendente, que se anastomosa con el ramo ascendente de la arteria similar subyacente. La que sigue a la raíz posterior, se divide a nivel del surco colateral posterior en una rama ascendente y otra descendente, ambas se anastomosan con ramas similares de arterias supra e infrayacentes correspondientes. Esta simple descripción varía de persona a persona, sin embargo, tomándola como modelo

VIAS TECTOESPINAL RUBROESPINAL

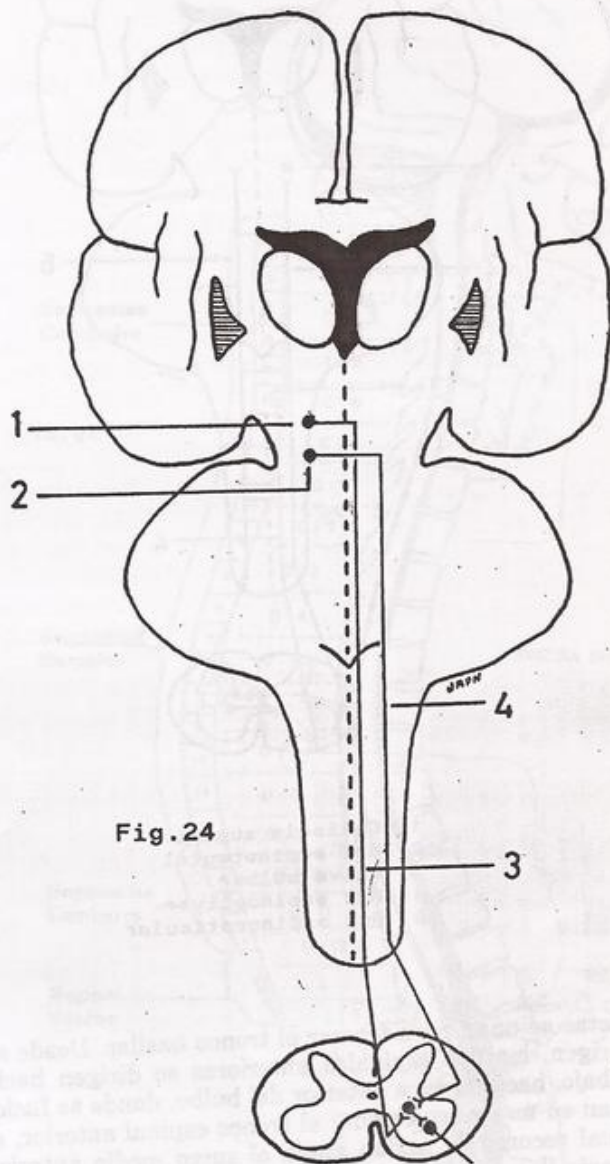


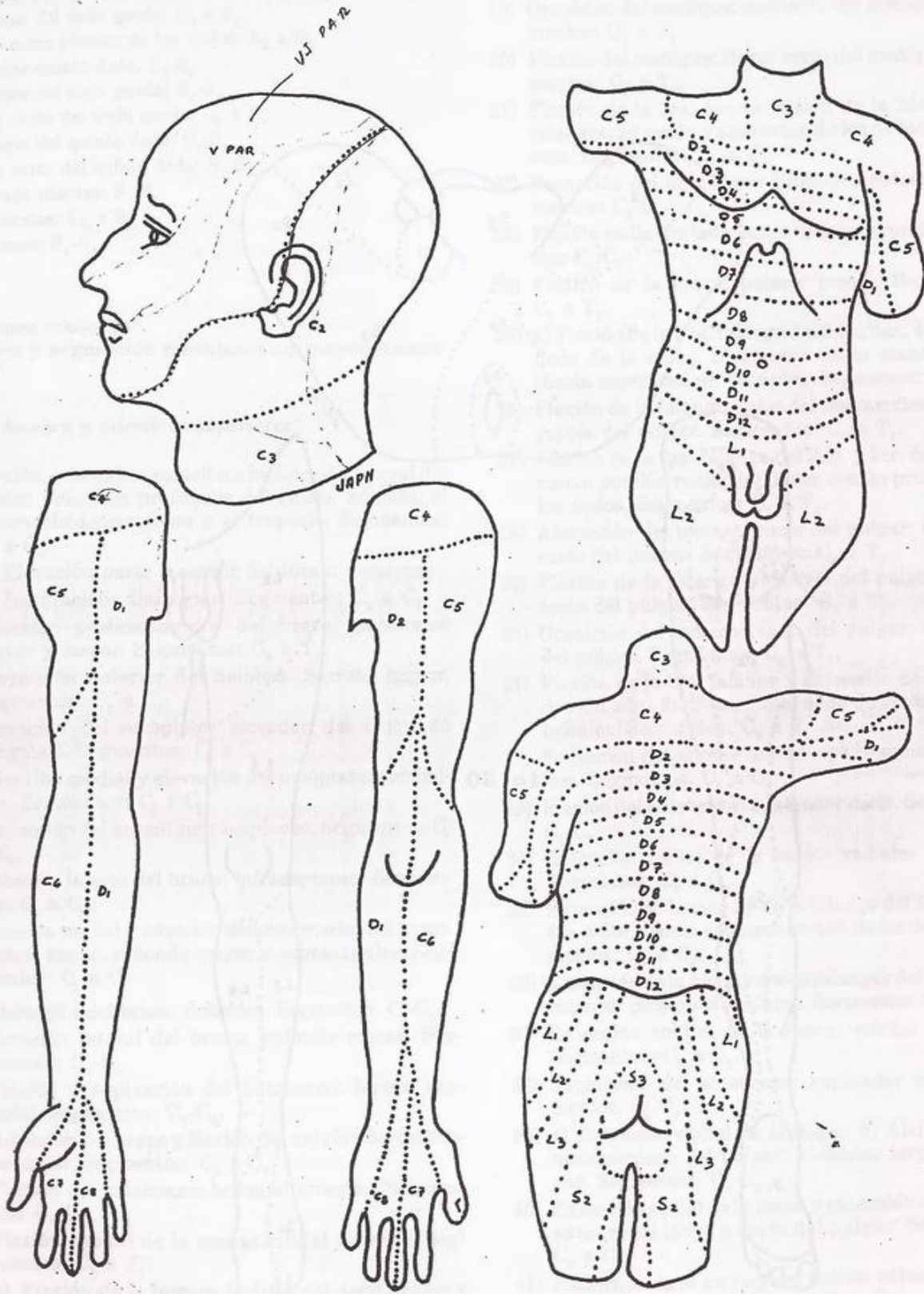
Fig.24

- 1 Colículos
- 2 Núcleo rojo
- 3 Haz tectoespinal
- 4 Haz rubroespinal

podemos concluir lo siguiente: por delante y a todo lo largo de la médula, existe un tronco medio, formado a nivel cervical por las espinales anteriores nacidas de las arterias vertebrales. Una vez agotadas éstas, el tronco es continuado por las anastomosis entre sí de las ramas anteriores de las arterias espinales laterales. Por detrás, la médula presenta dos y a veces cuatro cordones verticales, formados a nivel cervical por las espinales poste-

INERVACION SEGMENTARIA CUTANEA

Fig. 29



INERVACION SEGMENTARIA CUTANEA

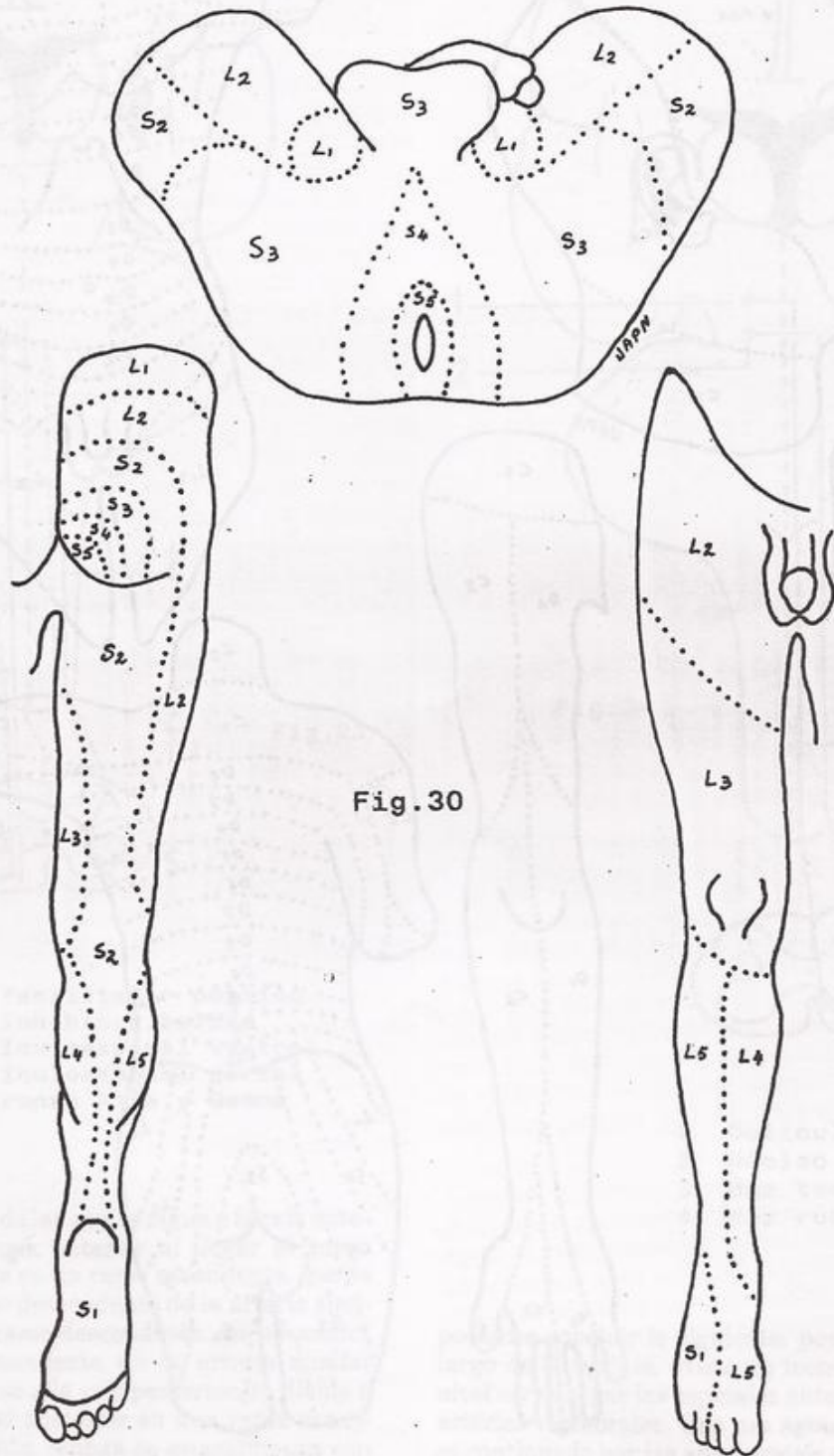


Fig.30

largo del dedo gordo: L_5 a S_2
posterior: L_5 a S_1

Músculos del pie

Tensor corto de los dedos (pedio): L_4 a S_1
Abductor del dedo gordo: L_5 a S_1
Flexor corto plantar de los dedos: L_5 a S_1
Abductor quinto dedo: S_1 - S_2
Abductor del dedo gordo: S_1 - S_2
Flexor corto del dedo gordo: L_5 a S_2
Oponente del quinto dedo: S_1 - S_2
Flexor corto del quinto dedo: S_1 - S_2
Cuadrado plantar: S_1 - S_2
Lumbricales: L_5 a S_2
Interóseos: S_1 - S_2

Funciones motoras

músculos y segmentos medulares correspondientes

Cuello hombro y miembros superiores

- 1) Flexión, extensión, rotación e inclinación lateral del cuello: músculos profundos del cuello, además, el esternocleidomastoideo y el trapecio. Segmentos: C_1 a C_4 .
- 2) a) Elevación parte superior del tórax: escalenos.
b) Inspiración: diafragma. Segmentos: C_3 a C_5 .
- 3) Aducción posteroanterior del brazo: pectorales mayor y menor. Segmentos: C_5 a T_1 .
- 4) Proyección anterior del hombro: Serrato mayor. Segmentos: C_5 a C_7 .
- 5) Elevación del omoplato: elevador del omoplato (angular). Segmentos: C_3 a C_5 .
- 6) Aducción medial y elevación del omoplato: romboides. Segmentos: C_4 a C_5 .
- 7) Abducción del brazo: supraespinoso. Segmentos: C_4 a C_5 .
- 8) Rotación lateral del brazo: infraespinoso. Segmentos: C_4 a C_5 .
- 9) Rotación medial y aducción anteroposterior del brazo. Dorsal ancho, redondo mayor y subescapular. Segmentos: C_5 a C_6 .
- 10) Abducción del brazo: deltoides. Segmentos: C_5 - C_6 .
- 11) Rotación lateral del brazo: redondo menor. Segmentos: C_4 - C_5 .
- 12) Flexión y supinación del antebrazo: bíceps braquial. Segmentos: C_5 - C_6 .
- 13) Aducción del brazo y flexión del antebrazo: coracobraquial. Segmentos: C_5 a C_7 .
- 14) Flexión del antebrazo: braquial anterior. Segmentos: C_5 - C_6 .
- 15) Flexión cubital de la mano: cubital anterior. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 16) a) Flexión de la tercera falange del dedo anular y meñique. b) Flexión de la mano. Porción cubital del flexor común profundo de los dedos. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 17) Aducción del metacarpiano del pulgar: aductor del pulgar. Segmentos: C_8 a T_1 .
- 18) Abducción del meñique: abductor del meñique. Segmentos: C_8 a T_1 .
- 19) Oposición del meñique: oponente del meñique. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 20) Flexión del meñique: flexor corto del meñique. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 21) Flexión de la 1ra. con extensión de la 2da. y 3ra. falanges, aducción y abducción de los dedos: interóseos. Segmentos: C_8 a T_1 .
- 22) Pronación del antebrazo: pronador redondo. Segmentos: C_6 - C_7 .
- 23) Flexión radial de la mano: palmar mayor. Segmentos: C_6 - C_7 .
- 24) Flexión de la mano: palmar menor. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 25) a) Flexión de la 2da. falange del 2do., 3er., 4to. y 5to. dedo de la mano. b) Flexión de la mano: flexor común superficial de los dedos. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 26) Flexión de la falange distal del pulgar: flexor largo propio del pulgar. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 27) Flexión de la 3ra. falange del 2do. y 3er. dedo de la mano: porción radial del flexor común profundo de los dedos. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 28) Abducción del metacarpiano del pulgar: abductor corto del pulgar. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 29) Flexión de la falange proximal del pulgar: flexor corto del pulgar. Segmentos: C_7 a T_1 .
- 30) Oposición del metacarpiano del pulgar: oponente del pulgar. Segmentos: C_8 a T_1 .
- 31) Flexión de la 1ra. falange y extensión de las otras dos del 2do., 3er., 4to. y 5to. dedo de la mano: lumbricales. Segmentos: C_8 a T_1 .
- 32) Extensión del antebrazo: tríceps braquial y anconeo. Segmentos: C_6 a C_8 .
- 33) Flexión del antebrazo: supinador corto. Segmentos: C_5 - C_6 .
- 34) Extensión radial de la mano: radiales externos. Segmentos: C_6 a C_8 .
- 35) Extensión de la mano y de la falange del 2do., 3er., 4to. y 5to. dedos: extensor común de los dedos. Segmentos: C_6 a C_8 .
- 36) Extensión de la mano y de las falanges del 5to. dedo: extensor propio del meñique. Segmentos: C_6 a C_8 .
- 37) Extensión cubital de la mano: cubital posterior. Segmentos: C_6 a C_8 .
- 38) Supinación del antebrazo: supinador corto. Segmentos: C_5 - C_6 .
- 39) a) Extensión radial de la mano. b) Abducción del metacarpiano del pulgar: abductor largo del pulgar. Segmentos: C_7 - C_8 .
- 40) Extensión radial de la mano y extensión del pulgar: extensores largo y corto del pulgar. Segmentos: C_8 a C_8 .
- 41) Extensión de la mano y del índice: extensor propio del dedo índice. Segmentos: C_6 a C_8 .

El síndrome completo se caracteriza por: 1) Dolores intensos uni o bilaterales en territorios del ciático. 2) Paraplejía tipo radicular (motora inferior) que cursa con flaccidez, atrofia y arreflexia. 3) Trastornos esfinterianos y genitales acentuados.

Inervación motora segmentaria

Músculos del cuello y del tronco

Trapezio: C₂-C₃-C₄ Núcleo ambiguo
 Dorsal ancho: C₅ a C₈
 Romboides: C₄-C₆
 Elevador de la escápula (angular del omoplato): C₃-C₄-C₅
 Serrato menor posterosuperior: T₁ a T₄
 Serrato menor posteroinferior: T₉ a T₁₂
 Esplenio: C₅ a C₆
 Complejo mayor: C₂ a C₆
 Músculos profundos de la nuca: C₁-C₂
 Diafragma: C₃-C₄-C₅
 Escalenos: C₂ a C₆
 Pectoral mayor: C₅ a T₁
 Pectoral menor: C₆-C₇-C₈
 Subclavio: C₅-C₆
 Músculos intercostales: T₁ a T₁₂
 Recto mayor del abdomen: T₅ a T₁₂
 Oblicuo mayor o externo del abdomen: T₁ a T₁₂
 Oblicuo menor o interno del abdomen: T₈ a L₁
 Transverso del abdomen: T₇ a L₁
 Cuadrado lumbar: T₁₂ a L₄

Músculos del hombro

Supraespinoso: C₄-C₅-C₆
 Redondo menor: C₄-C₆
 Deltoides: C₅-C₆
 Infraespinoso: C₄-C₅-C₆
 Subescapular: C₅-C₆-C₇
 Redondo mayor: C₅-C₆-C₇

Músculos del brazo

Bíceps: C₅-C₆
 Braquial anterior: C₅-C₆
 Coracobraquial: C₅-C₆-C₇
 Tríceps braquial: C₆-C₇-C₈
 Ancóneo: C₇-C₈

Músculos del antebrazo

Supinador largo: C₅-C₆
 Supinador corto: C₅-C₆-C₇
 Radiales externos: C₅-C₇-C₈
 Pronador redondo: C₆-C₇
 Palmar mayor: C₆-C₇
 Palmar menor: C₆-C₇
 Flexor largo propio del pulgar: C₇-C₈
 Abductor largo del pulgar: C₇-C₈
 Extensor corto del pulgar: C₆-C₇-C₈

Extensor común de los dedos: C₆-C₇-C₈
 Extensor propio del índice: C₆-C₇-C₈
 Cubital posterior: C₆-C₇-C₈
 Extensor propio del meñique: C₆-C₇-C₈
 Flexor común superficial de los dedos: C₇ a T₁
 Flexor común profundo de los dedos: C₇ a T₁
 Pronador cuadrado: C₇ a T₁
 Cubital anterior: C₇ a T₁

Músculos de la mano

Abductor corto del pulgar: C₇ a T₁
 Flexor corto del pulgar: C₇ a T₁
 Oponente del pulgar: C₈ a T₁
 Flexor corto del meñique: C₇ a T₁
 Abductor del pulgar: C₈ a T₁
 Palmar cutáneo: C₈ a T₁
 Abductor del meñique: C₈ a T₁
 Lumbricales: C₈ a T₁
 Interóseos: C₈ a T₁

Músculos de la pelvis

Psoasíliaco: L₁-L₂-L₃
 Glúteo mayor: L₄ a S₁
 Glúteo mediano y menor: L₄ a S₁
 Cuadrado crural: L₄ a S₁
 Gémino superior e inferior: L₄ a S₁
 Obturador interno: L₅ a S₁
 Piramidal: L₅ a S₁
 Obturador externo: L₅-L₄

Músculos del muslo

Tensor de la fascia lata: L₄-L₅
 Sartorio: L₂-L₃
 Pectíneo: L₂-L₃
 Cuádriceps crural: L₂-L₃-L₄
 Aductor mayor: L₂-L₃-L₄
 Aductor mediano: L₂-L₃-L₄
 Aductor menor: L₂-L₃-L₄
 Recto interno: L₂-L₃-L₄
 Bíceps crural: L₄ a S₂
 Semimembranoso: L₄ a S₁
 Semitendinoso: L₄ a S₁

Músculos de la pierna

Tibial anterior: L₄-L₅
 Extensor común de los dedos: L₄ a S₁
 Extensor propio del dedo gordo: L₄ a S₁
 Peroneo anterior: L₄ a S₁
 Peroneo lateral largo: L₅ a S₁
 Peroneo lateral corto: L₅ a S₁
 Gastrocnemios (gemelos): L₅ a S₂
 Sóleo: L₅ a S₂
 Plantar delgado: L₄ a S₁
 Poplíteo: L₄ a S₁
 Flexor largo común de los dedos: L₅ a S₂