

VII

SISTEMA NERVIOSO (NEUROLOGÍA)

48. Elementos básicos del sistema nervioso

Mecanismos de regulación orgánica

En el cuerpo humano existen 2 mecanismos fundamentales de regulación orgánica, que actúan como un sistema integrador de todas las funciones del organismo y permiten su adaptación a las condiciones ambientales. Estos mecanismos de regulación son el nervioso y el humoral (hormonal).

El mecanismo de regulación nerviosa se realiza por el sistema nervioso, que regula la actividad de todo el organismo y tiene una acción más rápida.

El mecanismo de regulación humoral se efectúa mediante las hormonas elaboradas por las glándulas sin conductos del sistema endocrino, que regulan principalmente las funciones metabólicas y tiene una acción más lenta.

Concepto y funciones generales del sistema nervioso

EL sistema nervioso es el conjunto de estructuras y órganos constituidos principalmente por el tejido nervioso, que tiene la función de regulación nerviosa.

El sistema nervioso desempeña el papel dirigente en la regulación, el control y la coordinación de todas las funciones del cuerpo humano, y asegura de esta manera la integridad del organismo y su relación con el medio que le rodea. En general, la actividad nerviosa tiene un carácter reflejo, basado en las propiedades fundamentales que posee el tejido nervioso, es decir, la excitabilidad y la conductividad. Además, el sistema nervioso ha alcanzado un alto grado de desarrollo, especialmente la corteza del cerebro humano, cuya función esencial es la actividad nerviosa superior (aspecto fisiológico), que está íntimamente relacionada con la actividad psíquica o mental (aspecto psicológico).

La actividad nerviosa superior comprende una serie de procesos fisiológicos (regulación, control y

coordinación) mediante los cuales dirige toda la actividad del organismo. La actividad psíquica comprende los procesos psicológicos entre los que se distinguen los cognoscitivos o del conocimiento (sensación, percepción, memoria, imaginación y pensamiento), los afectivos (motivación y sentimientos) y los conativos o volitivos (voluntad), que en conjunto conforman una unidad en la personalidad del individuo, y su máxima expresión es la conciencia.

Desde el punto de vista materialista dialéctico se considera a la psiquis como una forma especial del movimiento reflejo, como una imagen subjetiva de la realidad objetiva, y es la conciencia una propiedad del cerebro, que se ha desarrollado bajo el influjo de la actividad laboral y de las relaciones sociales, estrechamente vinculadas al lenguaje. En resumen, el cerebro constituye la base material del pensamiento, es el órgano del raciocinio.

Arco reflejo

La actividad nerviosa tiene un carácter reflejo. Se denomina acto reflejo al mecanismo básico de acción de toda reacción del organismo que surge como respuesta ante un estímulo y que se realiza mediante el arco reflejo, el cual representa la unidad morfofuncional del sistema nervioso constituido por un conjunto de estructuras que forman las vías nerviosas.

Las estructuras fundamentales del arco reflejo son los receptores, las fibras nerviosas aferentes o sensitivas, los centros nerviosos, las fibras nerviosas eferentes o motoras y los efectores.

Los receptores son las estructuras situadas en las terminaciones nerviosas, ampliamente distribuidas en el organismo y que están especializadas en captar los estímulos y transformarlos en excitación que se propaga como impulso nervioso.

Las fibras nerviosas aferentes o sensitivas conducen el impulso nervioso desde los receptores hacia los centros nerviosos.

Los centros nerviosos son las estructuras que se encuentran en el sistema nervioso central (cuerpos neuronales que forman la sustancia gris de la médula espinal y del encéfalo), donde se procesa la información recibida y se elabora una respuesta determinada a la situación dada.

Las fibras nerviosas eferentes o motoras conducen el impulso nervioso desde los centros nerviosos hacia los efectores.

Los efectores son las estructuras situadas en las terminaciones nerviosas localizados en los órganos efectores o de trabajo (generalmente músculos y glándulas), donde el impulso nervioso se transforma en acción de respuesta que es ejecutada por los órganos efectores.

Los arcos reflejos se pueden clasificar de acuerdo con el número de células nerviosas o neuronas que contengan, las que constituyen la unidad morfofuncional del tejido nervioso. El arco reflejo simple o bineuronal está formado por 2 neuronas, una sensitiva y otra motora. El arco reflejo trineuronal está compuesto por 3 neuronas, al interponerse entre las 2 neuronas antes mencionadas, un tercer eslabón, la neurona de asociación o intercalar. El arco reflejo plurineuronal es el más complejo porque está formado por numerosas neuronas, que se encuentran en distintos niveles del sistema nervioso. En este tipo de arco reflejo, las neuronas de asociación constituyen una vía adicional por donde se puede desviar el impulso nervioso (cuadro 48.1).

Cuadro 48.1. Arco reflejo



R:	Receptor
FNA:	Fibra nerviosa aferente
CN:	Centro nervioso
FNE:	Fibra nerviosa eferente
E:	Efector

Clasificación de los reflejos

Los reflejos se pueden clasificar de distintas maneras en dependencia de diversos criterios:

- Según el nivel de localización del centro nervioso en el sistema nervioso central (espinal, bulbar o de la médula oblongada, mesencefálico, diencefálico y cortical).

- Teniendo en cuenta los receptores estimulados se describen los reflejos exteroceptivos (de la superficie del cuerpo o piel), propioceptivos (del aparato locomotor como los tendones y músculos) e interoceptivos (de las vísceras y vasos sanguíneos).
- De acuerdo con los efectores que actúan, los reflejos se denominan motores, secretores y vasomotores.
- Según el tipo de reacción, si es adquirida o no por el individuo en el transcurso de su desarrollo, los reflejos se clasifican como condicionados e incondicionados, los cuales tienen mecanismos de aparición diferentes. Los reflejos incondicionados son reacciones innatas del organismo, iguales en todos los animales de la misma especie, que están determinados por los receptores y la intensidad del estímulo. Los reflejos condicionados se elaboran en el transcurso de la vida del individuo como resultado de la experiencia y en los que interviene la corteza cerebral de los vertebrados superiores.

Componentes del sistema nervioso

Desde el punto de vista anatómico (topográfico), el sistema nervioso se divide en 2 partes, una central y otra periférica (cuadro 48.2).

Cuadro 48.2. Componentes del sistema nervioso

Sistema nervioso central	Encéfalo Médula espinal
Sistema nervioso periférico	Nervios (raíces, troncos, ramos y plexos nerviosos) Ganglios nerviosos Terminaciones nerviosas (receptores y efectores)

El sistema nervioso central (SNC) está compuesto por una columna de estructura nerviosa, en la que se distingue una parte inferior cilíndrica llamada médula espinal que está situada en el canal vertebral y una parte superior globulosa denominada encéfalo que se localiza en la cavidad craneal y se divide clásicamente en 3 porciones, cerebro, cerebelo y tallo cerebral o tronco encefálico (fig. 48.1). La palabra cerebro se ha utilizado como sinónimo de encéfalo, pero también se ha empleado con un significado más limitado, para designar a veces la parte superior del encéfalo correspondiente a los hemisferios cerebrales y en otras ocasiones también se incluyen al talamoencéfalo e hipotálamo. El cerebelo es la parte inferior y posterior del encéfalo. El tallo cerebral o tronco encefálico es la

parte inferior del encéfalo que se une a la médula espinal y está formado fundamentalmente por los pedúnculos cerebrales, puente o protuberancia anular y la médula oblongada o bulbo o raquídeo.

De acuerdo con su origen embriológico el encéfalo se divide en varias porciones que derivan de las vesículas cerebrales:

- El rombencéfalo o cerebro posterior que se divide en mielencéfalo (médula oblongada) y metencéfalo (puente y cerebelo).
- El mesencéfalo o cerebro medio (pedúnculos cerebrales y techo mesencefálico con los colículos).
- El prosencéfalo o cerebro anterior que se divide en diencéfalo (talamoencéfalo e hipotálamo) y el telencéfalo (hemisferios cerebrales).
- El tronco encefálico está formado por las estructuras que derivan del mesencéfalo y rombencéfalo, excepto el cerebelo (cuadro 48.3).

Cuadro 48.3. Componentes del encéfalo

Prosencéfalo	Telencéfalo	Hemisferios cerebrales
	Diencéfalo	Talamoencéfalo Hipotálamo
Mesencéfalo		Techo mesencefálico (colículos) Pedúnculos cerebrales
Rombencéfalo	Metencéfalo	Cerebelo Puente
	Mielencéfalo	Médula oblongada

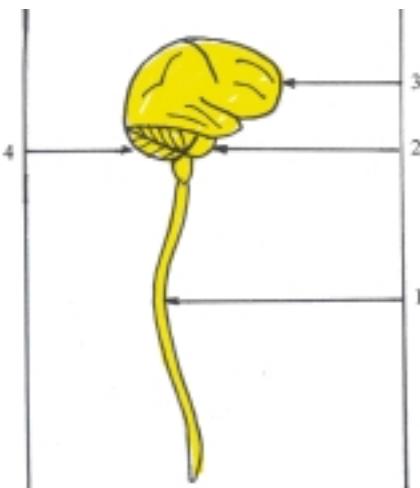


Fig. 48.1. Componentes del sistema nervioso central. 1. médula espinal, 2. tronco encefálico, 3. cerebro, 4. cerebelo.

El sistema nervioso está cubierto por membranas concéntricas de tejido conectivo nombradas meninges (duramadre, aracnoides y piamadre) y su estructura se caracteriza porque posee en su interior una serie de conductos y cavidades llamadas ventrículos por donde circula el líquido cerebroespinal (cefalorraquídeo), destacándose en la médula espinal el canal central, en el rombencéfalo el cuarto ventrículo, en el mesencéfalo el acueducto cerebral o mesencefálico, en el diencéfalo el tercer ventrículo y en el telencéfalo o hemisferios cerebrales los ventrículos laterales con los orificios interventriculares.

El sistema nervioso periférico (SNP) comprende todo lo que resta del sistema nervioso, que está ampliamente distribuido en el cuerpo humano, relacionándose con todos los órganos y estructuras del organismo. Esta parte del sistema nervioso está compuesta por los nervios que están conformados por raíces, troncos y ramos nerviosos, algunos de los cuales se unen formando redes o plexos nerviosos. Además, incluye los ganglios y terminaciones nerviosas (receptores y efectores).

Otros criterios de división del sistema nervioso

Desde el punto de vista fisiológico, el sistema nervioso se divide en 2 partes; de la vida de relación o animal y de la vida vegetativa o autónomo. Esta división no significa que existen 2 sistemas anatómicamente distintos, sino que son 2 aspectos de un mecanismo neural único, íntimamente relacionados, tanto central como periféricamente. El sistema nervioso de la vida de relación o animal regula principalmente las funciones de relación del organismo con el medio exterior, propios de la vida animal, y que comprende la actividad sensorial y motora del cuerpo, en las que intervienen aquellas partes del sistema nervioso central y periférico relacionadas con los órganos de los sentidos, piel y aparato locomotor. El sistema nervioso de la vida vegetativa o autónomo regula las funciones internas del organismo relacionadas con el metabolismo y la reproducción, las que están presentes en todos los seres vivos y está compuesto por las partes del sistema nervioso central y periférico que inervan esencialmente las vísceras, glándulas y aparato cardiovascular.

De acuerdo con la ontogenia o desarrollo del individuo, el sistema nervioso se divide en 2 partes, somática y visceral, que se corresponden con la división funcional. El sistema nervioso somático inerva las estructuras y los órganos que derivan del ectodermo y el mesodermo, como la piel y el aparato locomotor,

que están controlados por el sistema nervioso de la vida de relación o animal. El sistema nervioso visceral inerva las estructuras y los órganos que derivan del endodermo y el mesodermo como las vísceras, las glándulas y el aparato cardiovascular, que están controlados por el sistema nervioso de la vida vegetativa o autónomo.

Según la filogenia o evolución de las especies, el sistema nervioso se divide en 2 partes, segmentaria y suprasegmentaria. El sistema nervioso segmentario es la organización más primitiva que se basa en un esquema anatómico-funcional correspondiente a un área determinada del organismo o segmento corporal, es la parte del sistema nervioso que tiene relaciones directas, aferentes y eferentes con el resto del organismo y constituye un primer nivel funcional, donde se produce la mayoría de los reflejos incondicionados y comprende la médula espinal y el tronco encefálico, con la parte del sistema nervioso periférico que le corresponde. El sistema nervioso suprasegmentario es una organización más nueva, resultante de la cefalización o el desarrollo del encéfalo y de los órganos de los sentidos; es la parte del sistema nervioso cuyas relaciones aferentes y eferentes se realizan con el sistema segmentario o entre sí, pero no tienen relación directa con los segmentos corporales y está representado por el cerebelo y cerebro (diencefalo y telencefalo).

Otra forma de dividir el sistema nervioso es considerando 3 niveles funcionales relacionados con su evolución. El nivel medular (correspondiente a la médula espinal) donde se efectúa la actividad refleja automática. El nivel encefálico bajo (comprende el tronco encefálico, cerebelo, diencefalo y núcleos basales del telencefalo) donde se realiza la actividad subconsciente y de los procesos vitales. El nivel encefálico alto o cortical (de la corteza cerebral) donde se realiza la actividad consciente, el almacenamiento de la información y los procesos más abstractos del pensamiento.

Estructura microscópica del sistema nervioso

Las estructuras y los órganos que componen el sistema nervioso están constituidos por el tejido nervioso, que es uno de los 4 tejidos básicos del cuerpo humano y representa la parte fundamental de este sistema (ver tejido nervioso) (fig. 48.2). Además cuenta con el tejido conectivo que le proporciona sus envolturas.

El tejido nervioso se caracteriza porque se origina del ectodermo, sus células tienen un alto grado de diferenciación estructural, cuyas propiedades

fisiológicas fundamentalmente son la excitabilidad y la conductividad y está especializado en los mecanismos de regulación, control y coordinación nerviosa. Actúa como un sistema integrador de todas las funciones del organismo y permite su adaptación al medio circundante.

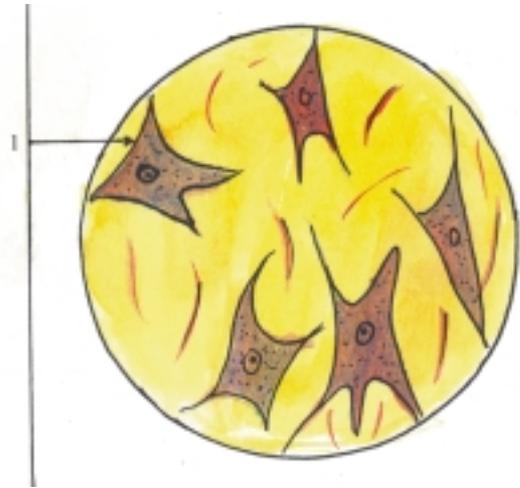


Fig. 48.2. Tejido nervioso x 600. 1. neurona con el núcleo en el cuerpo y sus prolongaciones.

Las células del tejido nervioso son las neuronas y las neuróglías. Las neuronas o células nerviosas constituyen la unidad estructural y funcional de este tejido, tienen una forma ramificada, y están compuestas por un cuerpo neurocelular y las prolongaciones neurocelulares. Estas últimas son de 2 tipos, las dendritas que son numerosas, cortas y ramificadas, y el axón que es único y alargado. Las neuróglías o células gliales son más numerosas que las neuronas, están representadas por distintos tipos y en general constituyen los elementos de sostén de este tejido, pero además realizan otras funciones como la de aislante, nutrición, secreción y defensa.

Los cuerpos de las neuronas al agruparse forman en el sistema nervioso periférico los ganglios nerviosos y en el sistema nervioso central la sustancia gris (núcleos de los centros nerviosos) donde se procesa la información.

Los axones o cilindroejes rodeados por sus envolturas forman la fibra nerviosa, que al agruparse, constituyen en el sistema nervioso periférico los nervios y en el sistema nervioso central la sustancia blanca (tractos y fascículos), por donde es conducido el impulso nervioso.

Evolución del sistema nervioso en los animales (Filogenia)

En los animales unicelulares o protozoarios (amebas) no existe sistema nervioso, pues estos organismos están constituidos por una célula, que realiza todas las funciones basadas en las propiedades fisiológicas fundamentales del protoplasma, entre las que se destaca la irritabilidad, o sea, la capacidad que tiene todo ser vivo de responder a determinados estímulos o cambios que se producen en el medio donde se encuentre. Estos organismos viven en un medio líquido, con el cual se relacionan y mantienen sus funciones por mecanismos de regulación humoral al nivel molecular.

A partir de los organismos pluricelulares inferiores comienzan a aparecer los elementos esenciales del sistema nervioso, se establecen así las distintas etapas filogenéticas de este sistema y se desarrolla progresivamente el mecanismo de regulación nerviosa.

En los celentéreos (hidras, medusas, anémonas) aparece el primer indicio del sistema nervioso y se desarrolla la etapa del sistema nervioso reticular o difuso, constituido por las estructuras nerviosas fundamentales: receptores, efectores y células de asociación, que se disponen en forma de red a través de la cual se propaga el impulso nervioso y queda integrado de este modo una forma simple de arco reflejo.

En los vermes o gusanos aparece la etapa del sistema nervioso ganglionar que se caracteriza porque los cuerpos de las células nerviosas se agrupan y forman los ganglios, que representan la formación primitiva de los centros nerviosos y sus prolongaciones forman los nervios. En estos animales la organización del sistema nervioso está en correspondencia con la segmentación corporal (metamérica), de manera que los ganglios nerviosos quedan unidos en 2 direcciones por los troncos nerviosos, los transversales o segmentarios y los longitudinales o intersegmentarios.

En los cordados inferiores (lanceta de mar o anfibio) se inicia el sistema nervioso tubular, al originarse la mayor parte de este sistema a expensas de una invaginación del ectodermo, que forma el tubo neural, el cual está situado en la parte dorsal y media del cuerpo, y constituye el centro nervioso de donde parten los nervios segmentarios.

En los cordados superiores (vertebrados) la porción caudal del tubo neural se convierte en la médula espinal y la porción cefálica se desarrolla progresivamente y forman el encéfalo, por lo que se denomina a esta etapa, de cefalización. En los peces inferiores aparecen las 3 vesículas cerebrales primarias

nombradas cerebro posterior o rombencéfalo, cerebro medio o mesencéfalo y cerebro anterior o prosencéfalo, con un desarrollo particular del rombencéfalo por causa de la influencia de algunos órganos vinculados a la vida de la relación (receptores de la audición y del equilibrio) y de la vida vegetativa, que intervienen en la respiración, circulación y digestión (arcos branquiales). En los peces superiores se desarrolla el cerebro medio o mesencéfalo bajo la influencia del receptor óptico. En los vertebrados terrestres se desarrolla el cerebro anterior o prosencéfalo por la influencia del receptor olfatorio. En este proceso, el rombencéfalo se subdivide en mielencéfalo y metencéfalo y el prosencéfalo se diferencia en diencéfalo y telencéfalo.

A partir de los anfibios y reptiles se desarrolla la corteza cerebral, se inicia la etapa de corticalización, que alcanza su máximo desarrollo en el humano como consecuencia de 2 estímulos de naturaleza social: el trabajo y el lenguaje.

El trabajo es el factor decisivo en la formación del hombre, mediante el cual adapta la naturaleza a sus necesidades. El lenguaje está íntimamente relacionado con el pensamiento y surge en el proceso del trabajo social, como una necesidad de la comunicación interpersonal.

Desarrollo del sistema nervioso en el humano (Ontogenia)

El sistema nervioso se origina del ectodermo (ver hoja germinativa en la etapa de diferenciación). Se debe recordar, que el ectodermo se engruesa en la región craneal del disco embrionario y forma la lámina o placa neural cuyos bordes laterales se elevan y constituyen los pliegues neurales que delimitan una depresión alargada llamada surco neural. Al fusionarse los pliegues neurales se cierra el surco neural y se convierte en una estructura tubular nombrada tubo neural, que está situado profundamente en el espesor del mesodermo (figs. 48.3 y 48.4).

Del tubo neural se origina el sistema nervioso central (de su porción caudal alargada se forma la médula espinal y de la craneal ensanchada el encéfalo). Además, se origina parte del sistema nervioso periférico (fibras nerviosas eferentes o motoras de los nervios).

Las células ectodérmicas que no participan en la fusión de los pliegues neurales se agrupan y forman un par de columnas situadas entre el tubo neural y el ectodermo superficial, que se denominan crestas neurales de donde se origina una parte del sistema nervioso periférico (ganglios de los nervios espinales, craneales y simpáticos). De las crestas neurales también derivan otras estructuras, como la médula de las glándulas suprarrenales y los melanocitos.

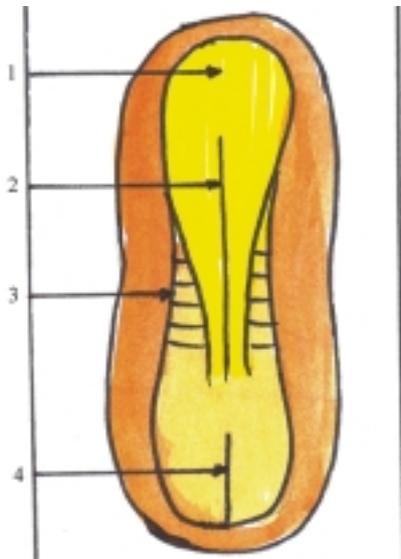


Fig. 48.3. Formación de la placa neural vista de la cara dorsal del embrión de 20 d. 1. placa neural, 2. surco neural, 3. somita, 4. línea primitiva.

La placa neural está formada por un epitelio simple cilíndrico que al cerrarse el tubo neural se transforma en un epitelio pseudoestratificado llamado neuroepitelio. Las células neuroepiteliales que constituyen la pared del tubo neural, proliferan y dan origen a varios tipos de células que se disponen en distintas zonas de esta región. Primero se originan los neuroblastos que se convierten en neuronas. Luego se forman los spongioblastos que se transforman en gliocitos

(astrocitos y oligodendrocitos) y posteriormente se originan las células endoteliales. Por último, aparecen las microglías cuando el sistema nervioso central se vasculariza, pero estas células derivan del mesodermo. Por causa de la proliferación celular, la pared del tubo neural se engruesa, y pueden distinguirse 3 estratos: interno o endotelial, medio o del manto y externo o marginal. El estrato endotelial está formado por células endoteliales que tapizan el canal central de la médula espinal y los ventrículos encefálicos. El estrato del manto está constituido por neuronas y astrocitos que forman la sustancia gris del sistema nervioso central. El estrato marginal está compuesto por los oligodendrocitos que forman la vaina de mielina de las fibras nerviosas, por lo que esta zona adquiere el aspecto típico de la sustancia blanca del sistema nervioso central.

En la cuarta semana del desarrollo embrionario, la porción del tubo neural correspondiente a la médula espinal (fig. 48.5), presenta las paredes ventral y dorsal delgadas, las que se denominan láminas ventral y dorsal (placas del piso y del techo) y están formadas por células endoteliales y neuróglías; constituyen una vía de paso de las fibras nerviosas que cruzan de un lado a otro de la médula espinal, mientras que las paredes laterales se engruesan, y se destacan en cada lado 2 zonas llamadas láminas ventrolateral y dorsolateral (placas basal y alar), separadas por el surco limitante y formadas por los cuerpos celulares de las neuronas que constituyen la sustancia gris de la médula espinal. La placa basal es el área motora y la placa alar el área sensitiva, rodeadas periféricamente

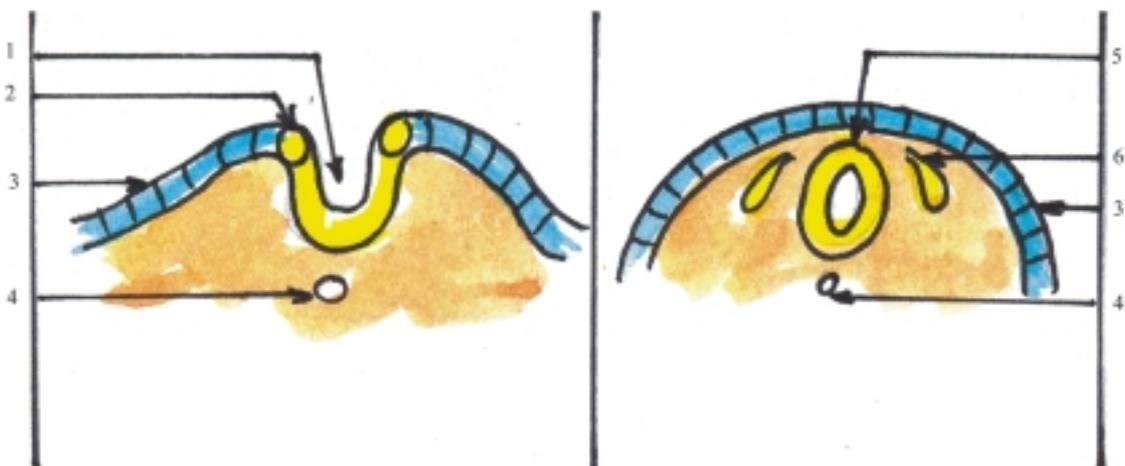


Fig. 48.4. Formación del tubo neural cortes transversales de embriones. 1. surco neural, 2. cresta neural, 3. ectodermo superficial, 4. notocorda, 5. tubo neural, 6. ganglio nervioso.

por la sustancia blanca formada por los axones mielinizados de las neuronas. En el tercer mes de desarrollo la médula espinal se extiende a todo lo largo del canal vertebral, sin embargo, al aumentar la edad del feto, la columna vertebral crece más rápido que la médula espinal, por lo que, en el momento del nacimiento la extremidad caudal de la médula espinal se encuentra al nivel de la III vértebra lumbar y posteriormente en el adulto, se sitúa a la altura de la II vértebra lumbar.

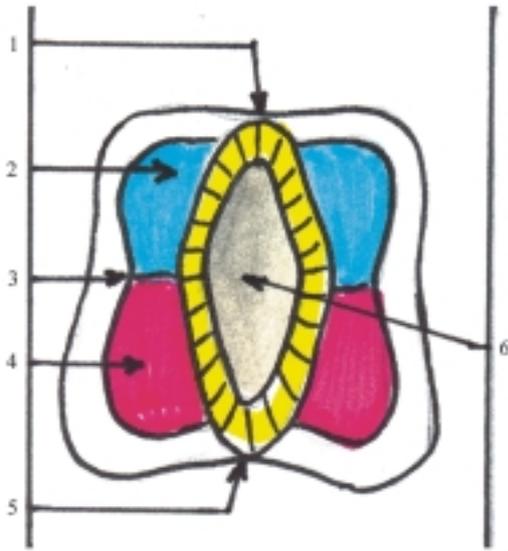


Fig. 48.5. Desarrollo de la médula espinal corte transversal de la médula espinal en desarrollo. 1. lámina dorsal (placa del techo), 2. lámina dorsolateral (placa alar), 3. surco limitante, 4. lámina ventrolateral (placa basal), 5. lámina ventral (placa del piso), 6. luz del tubo neural.

En la cuarta semana del desarrollo embrionario, la porción craneal del tubo neural correspondiente al encéfalo presenta 3 dilataciones o vesículas cerebrales primarias (fig. 48.6), llamadas rombencéfalo o cerebro posterior, mesencéfalo o cerebro medio y prosencéfalo o cerebro anterior. En esta etapa, el cerebro se incurva ventralmente y forma 2 flexuras, la cervical (entre la médula espinal y el rombencéfalo) y la cefálica (al nivel del mesencéfalo).

En la quinta semana del desarrollo, el encéfalo presenta 5 dilataciones o vesículas cerebrales secundarias (fig. 48.7) al dividirse el rombencéfalo en 2 porciones (mielencéfalo y metencéfalo) y el prosencéfalo en otras 2 porciones (diencéfalo y telencéfalo), mientras que el mesencéfalo se mantiene indiviso.

De estas 5 vesículas cerebrales secundarias derivan las porciones definitivas del encéfalo. Del mielencéfalo la médula oblongada, del metencéfalo el puente y el cerebelo, del mesencéfalo los pedúnculos cerebrales y el techo mesencefálico con los colículos, del diencéfalo el talamoencéfalo y el hipotálamo y del telencéfalo los hemisferios cerebrales. Este último crece extraordinariamente y llega a cubrir las caras laterales del diencéfalo y de la parte superior del tronco encefálico. En algunas porciones del encéfalo, la luz del tubo neural se ensancha y forman cavidades llamadas ventrículos (en el rombencéfalo el IV ventrículo, en el diencéfalo el III ventrículo y en los hemisferios cerebrales los ventrículos laterales).

En el desarrollo del encéfalo ocurren otros cambios que lo diferencian de la médula espinal, los más significativos son los siguientes:

- En algunas porciones del encéfalo relacionadas con los ventrículos, la placa del techo se adelgaza y

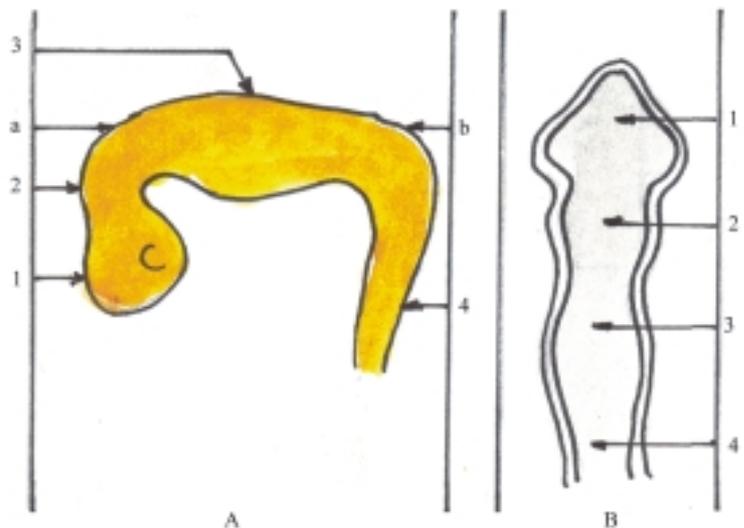


Fig. 48.6. Desarrollo del encéfalo 4 semanas. A. Vista lateral del embrión con las tres vesículas cerebrales primarias, B. Cavidades de las vesículas cerebrales. 1. prosencéfalo, 2. mesencéfalo, 3. rombencéfalo, 4. médula espinal, a) flexura cefálica, b) flexura cervical.

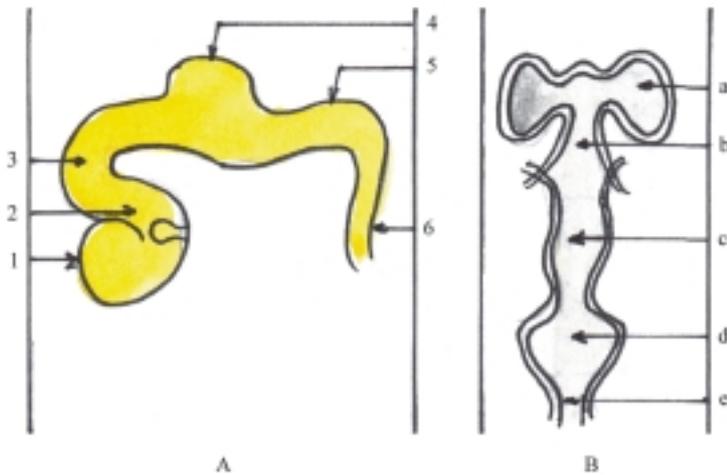


Fig. 48.7. Desarrollo del encéfalo 5 semanas. A. Vista lateral del embrión con las 5 vesículas cerebrales secundarias, B. Cavidades de las vesículas cerebrales: 1. telencéfalo, 2. diencéfalo, 3. mesencéfalo, 4. metencéfalo, 5. mielencéfalo, 6) médula espinal, a) ventrículos laterales, b) III ventrículo, c) futuro acueducto mesencefálico, d) IV ventrículo, e) canal central.

queda formada por una capa de células ependimarias, cubierta por mesénquima vascularizado, que constituye en conjunto la tela coroidea donde se forman los plexos coroideos que producen el líquido cerebroespinal (fig. 48.8).

- Las placas basales forman los núcleos motores en las porciones que componen el tronco encefálico (médula oblongada, puente y mesencéfalo), pero disminuye su importancia en el prosencéfalo (figs. 48.8, 48.9 y 48.10).
- Las placas alares forman los núcleos sensitivos en las porciones que componen el tronco encefálico y aumentan su importancia en el prosencéfalo, pues de estas deriva la mayor parte del diencéfalo y telencéfalo (figs. 48.8, 48.9 y 48.10).
- Las porciones dorsolaterales de las placas alares del metencéfalo forman los labios rombencefálicos, que se extienden hacia el plano medio y dan origen al cerebelo (fig. 48.9).

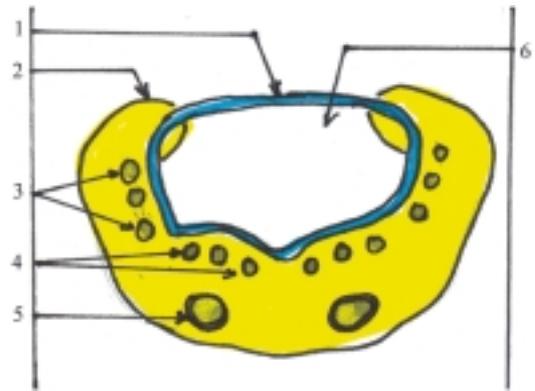


Fig. 48.9. Diferenciación del metencéfalo corte transversal. 1. tela coroidea, 2. labios rombencefálicos, 3. núcleos sensitivos, 4. núcleos motores, 5. núcleos pontinos, 6. IV ventrículo.

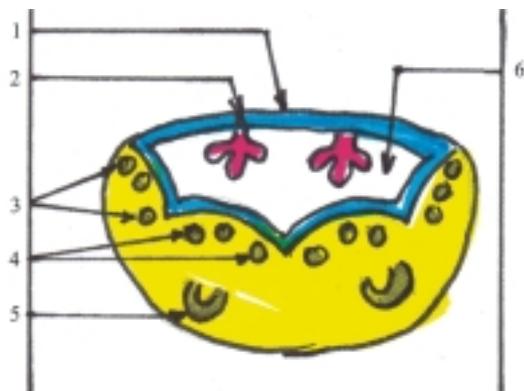


Fig. 48.8. Diferenciación del mielencéfalo corte transversal. 1. tela coroidea, 2. plexo coroideo, 3. núcleos sensitivos, 4. núcleos motores, 5. núcleos olivares, 6. IV ventrículo.



Fig. 48.10. Diferenciación del mesencéfalo corte transversal. 1. núcleos sensitivos de los colículos en techo mesencefálicos, 2 y 3. núcleos motores, 4. núcleo rojo, 5. sustancia negra, 6. acueducto mesencefálico.

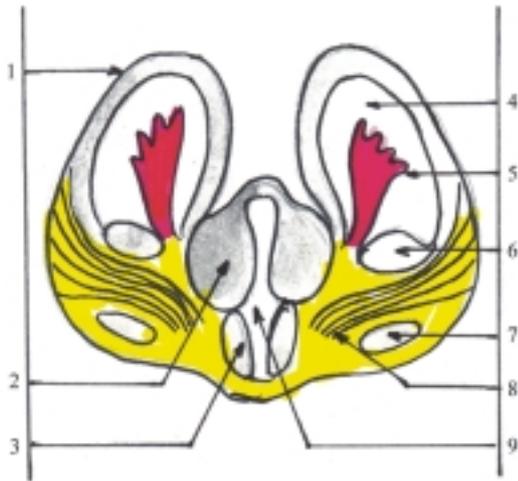


Fig. 48.11. Diferenciación del diencefalo y el telencefalo en corte transversal. 1. corteza, 2. tálamo, 3. hipotálamo, 4. ventrículos laterales, 5. plexo coroideo, 6. núcleo caudado, 7. núcleo lenticular, 8. cápsula interna, 9. III ventrículo.

- En el cerebelo y cerebro, las neuronas que se encuentran en el estrato del manto migran hacia la superficie de estos órganos y forman la corteza. Otras neuronas migran hacia determinadas zonas del centro y forman núcleos importantes (fig. 48. 11).

Alteraciones del sistema nervioso

Las variaciones más significativas del sistema nervioso están relacionadas con la edad, especialmente el cerebro, que tiene un crecimiento extraordinario en la etapa prenatal en comparación con el resto de los órganos que componen el organismo.

Las malformaciones congénitas del sistema nervioso central son relativamente frecuentes, las que generalmente están asociadas con defectos del desarrollo del esqueleto de la cabeza y de la columna vertebral, y algunas de estas son incompatibles con la vida. Entre las malformaciones congénitas del sistema nervioso central se destacan la anencefalia (falta de cerebro), la amielia (falta de médula espinal), la microcefalia (cerebro anormalmente pequeño), la idiosia cerebral (desarrollo incompleto de la corteza cerebral), la hidrocefalia (acumulación excesiva de líquido cerebroespinal que puede ser por producción aumentada, resorción disminuida u obstrucción del sistema ventricular), el meningocele, meningoencefalocele y meningomielocele (hernias de la meninge o combinada con el encéfalo y la médula espinal).

Las afecciones del sistema nervioso son numerosas y frecuentes, algunas de ellas llegan a constituir cuadros clínicos de gran importancia por las limitaciones que provocan en el individuo, y pueden ser irreversibles o culminar con la muerte. Entre las afecciones del sistema nervioso se destacan los accidentes vasculares encefálicos que representan la causa más frecuente de enfermedad neurológica y la tercera causa de muerte (isquemia transitoria, infarto y hemorragia cerebral), y la epilepsia que constituye la segunda causa de afección neurológica, caracterizada por una actividad neuronal excesiva e incontrolada. Además, se observan procesos infecciosos inflamatorios causados por distintos microorganismos patógenos (meningoencefalitis, mielitis y neuritis), tumores primarios (gliomas) y secundarios o metastásicos (procedentes principalmente de los bronquios y glándulas mamarias), las enfermedades desmielinizantes (esclerosis múltiple) y degenerativas (de Parkinson o parálisis agitante; de Alzheimer o demencia presenil; la corea de Huntington y la siringomielia, caracterizada por la formación de cavidades intramedulares), las enfermedades tóxicas (por monóxido de carbono, alcohol, plomo, etc.), nutricionales (por carencia de vitamina B), metabólicas (hipoglicemia y encefalopatía hepática) e inmunológicas (miastenia grave).

Los trastornos del sistema nervioso periférico en general se denominan neuropatías periféricas, las que pueden tener diversas causas y se dividen en mononeuropatías y polineuropatías, según afecten a uno o varios nervios, respectivamente.

Las lesiones del sistema nervioso central y periférico pueden ser causadas por traumatismos cerrados o abiertos y heridas penetrantes que interesen alguna parte de este sistema. En los traumatismos del cráneo pueden ocurrir fracturas de distintos tipos (lineales, ramificadas y deprimidas) que pueden o no provocar trastornos cerebrales; las más graves son las de la base del cráneo. En los traumatismos de la columna vertebral pueden ocurrir fracturas y luxaciones de las vértebras, que provocan la compresión de la médula espinal y constituyen la causa más frecuente de lesión medular.

Las afecciones y lesiones del sistema nervioso se manifiestan por una gran variedad de síntomas, aunque algunos de estos también están presentes en enfermedades no neurológicas. Entre los síntomas se distinguen la cefalea, el vértigo, el dolor, las diestusias (hormigueo, calambre, adormecimiento), la pérdida de la conciencia; las alteraciones de la personalidad, del trofismo, de la sensibilidad y de la movilidad. La asociación de algunos de estos síntomas dan lugar a síndromes neurológicos; los más frecuentes son los motores, sensitivos, del tronco encefálico, cerebeloso, meníngeo, hipertensión endocraneal, y comatoso.

Orientaciones para el estudio del sistema nervioso

Al estudiar las características particulares de los órganos que componen el sistema nervioso central es conveniente seguir un orden lógico, similar al utilizado en el estudio de las vísceras, y destacar los aspectos siguientes:

- Nombre del órgano.
- Funciones específicas.
- Situación en el cuerpo.
- Proyección en la superficie corporal.
- Forma del órgano.
- Porciones del órgano.
- Detalles anatómicos más destacados.

- Relaciones más importantes.
- Aspectos más destacados de la estructura, el origen y desarrollo.

En el estudio de los nervios de forma independiente es conveniente explicar las características particulares más destacadas de cada uno, siguiendo un orden lógico:

- Nombre del nervio.
- Tipo de nervio por su procedencia (craneal o espinal) y su función (sensitivo, motor o mixto).
- Origen.
- Trayecto.
- Ganglios nerviosos.
- Ramas principales.
- Territorio de inervación

VII

SISTEMA NERVIOSO (NEUROLOGÍA)

48. Elementos básicos del sistema nervioso

Mecanismos de regulación orgánica

En el cuerpo humano existen 2 mecanismos fundamentales de regulación orgánica, que actúan como un sistema integrador de todas las funciones del organismo y permiten su adaptación a las condiciones ambientales. Estos mecanismos de regulación son el nervioso y el humoral (hormonal).

El mecanismo de regulación nerviosa se realiza por el sistema nervioso, que regula la actividad de todo el organismo y tiene una acción más rápida.

El mecanismo de regulación humoral se efectúa mediante las hormonas elaboradas por las glándulas sin conductos del sistema endocrino, que regulan principalmente las funciones metabólicas y tiene una acción más lenta.

Concepto y funciones generales del sistema nervioso

EL sistema nervioso es el conjunto de estructuras y órganos constituidos principalmente por el tejido nervioso, que tiene la función de regulación nerviosa.

El sistema nervioso desempeña el papel dirigente en la regulación, el control y la coordinación de todas las funciones del cuerpo humano, y asegura de esta manera la integridad del organismo y su relación con el medio que le rodea. En general, la actividad nerviosa tiene un carácter reflejo, basado en las propiedades fundamentales que posee el tejido nervioso, es decir, la excitabilidad y la conductividad. Además, el sistema nervioso ha alcanzado un alto grado de desarrollo, especialmente la corteza del cerebro humano, cuya función esencial es la actividad nerviosa superior (aspecto fisiológico), que está íntimamente relacionada con la actividad psíquica o mental (aspecto psicológico).

La actividad nerviosa superior comprende una serie de procesos fisiológicos (regulación, control y

coordinación) mediante los cuales dirige toda la actividad del organismo. La actividad psíquica comprende los procesos psicológicos entre los que se distinguen los cognoscitivos o del conocimiento (sensación, percepción, memoria, imaginación y pensamiento), los afectivos (motivación y sentimientos) y los conativos o volitivos (voluntad), que en conjunto conforman una unidad en la personalidad del individuo, y su máxima expresión es la conciencia.

Desde el punto de vista materialista dialéctico se considera a la psiquis como una forma especial del movimiento reflejo, como una imagen subjetiva de la realidad objetiva, y es la conciencia una propiedad del cerebro, que se ha desarrollado bajo el influjo de la actividad laboral y de las relaciones sociales, estrechamente vinculadas al lenguaje. En resumen, el cerebro constituye la base material del pensamiento, es el órgano del raciocinio.

Arco reflejo

La actividad nerviosa tiene un carácter reflejo. Se denomina acto reflejo al mecanismo básico de acción de toda reacción del organismo que surge como respuesta ante un estímulo y que se realiza mediante el arco reflejo, el cual representa la unidad morfofuncional del sistema nervioso constituido por un conjunto de estructuras que forman las vías nerviosas.

Las estructuras fundamentales del arco reflejo son los receptores, las fibras nerviosas aferentes o sensitivas, los centros nerviosos, las fibras nerviosas eferentes o motoras y los efectores.

Los receptores son las estructuras situadas en las terminaciones nerviosas, ampliamente distribuidas en el organismo y que están especializadas en captar los estímulos y transformarlos en excitación que se propaga como impulso nervioso.

Las fibras nerviosas aferentes o sensitivas conducen el impulso nervioso desde los receptores hacia los centros nerviosos.

Los centros nerviosos son las estructuras que se encuentran en el sistema nervioso central (cuerpos neuronales que forman la sustancia gris de la médula espinal y del encéfalo), donde se procesa la información recibida y se elabora una respuesta determinada a la situación dada.

Las fibras nerviosas eferentes o motoras conducen el impulso nervioso desde los centros nerviosos hacia los efectores.

Los efectores son las estructuras situadas en las terminaciones nerviosas localizados en los órganos efectores o de trabajo (generalmente músculos y glándulas), donde el impulso nervioso se transforma en acción de respuesta que es ejecutada por los órganos efectores.

Los arcos reflejos se pueden clasificar de acuerdo con el número de células nerviosas o neuronas que contengan, las que constituyen la unidad morfofuncional del tejido nervioso. El arco reflejo simple o bineuronal está formado por 2 neuronas, una sensitiva y otra motora. El arco reflejo trineuronal está compuesto por 3 neuronas, al interponerse entre las 2 neuronas antes mencionadas, un tercer eslabón, la neurona de asociación o intercalar. El arco reflejo plurineuronal es el más complejo porque está formado por numerosas neuronas, que se encuentran en distintos niveles del sistema nervioso. En este tipo de arco reflejo, las neuronas de asociación constituyen una vía adicional por donde se puede desviar el impulso nervioso (cuadro 48.1).

Cuadro 48.1. Arco reflejo



R:	Receptor
FNA:	Fibra nerviosa aferente
CN:	Centro nervioso
FNE:	Fibra nerviosa eferente
E:	Efector

Clasificación de los reflejos

Los reflejos se pueden clasificar de distintas maneras en dependencia de diversos criterios:

- Según el nivel de localización del centro nervioso en el sistema nervioso central (espinal, bulbar o de la médula oblongada, mesencefálico, diencefálico y cortical).

- Teniendo en cuenta los receptores estimulados se describen los reflejos exteroceptivos (de la superficie del cuerpo o piel), propioceptivos (del aparato locomotor como los tendones y músculos) e interoceptivos (de las vísceras y vasos sanguíneos).
- De acuerdo con los efectores que actúan, los reflejos se denominan motores, secretores y vasomotores.
- Según el tipo de reacción, si es adquirida o no por el individuo en el transcurso de su desarrollo, los reflejos se clasifican como condicionados e incondicionados, los cuales tienen mecanismos de aparición diferentes. Los reflejos incondicionados son reacciones innatas del organismo, iguales en todos los animales de la misma especie, que están determinados por los receptores y la intensidad del estímulo. Los reflejos condicionados se elaboran en el transcurso de la vida del individuo como resultado de la experiencia y en los que interviene la corteza cerebral de los vertebrados superiores.

Componentes del sistema nervioso

Desde el punto de vista anatómico (topográfico), el sistema nervioso se divide en 2 partes, una central y otra periférica (cuadro 48.2).

Cuadro 48.2. Componentes del sistema nervioso

Sistema nervioso central	Encéfalo Médula espinal
Sistema nervioso periférico	Nervios (raíces, troncos, ramos y plexos nerviosos) Ganglios nerviosos Terminaciones nerviosas (receptores y efectores)

El sistema nervioso central (SNC) está compuesto por una columna de estructura nerviosa, en la que se distingue una parte inferior cilíndrica llamada médula espinal que está situada en el canal vertebral y una parte superior globulosa denominada encéfalo que se localiza en la cavidad craneal y se divide clásicamente en 3 porciones, cerebro, cerebelo y tallo cerebral o tronco encefálico (fig. 48.1). La palabra cerebro se ha utilizado como sinónimo de encéfalo, pero también se ha empleado con un significado más limitado, para designar a veces la parte superior del encéfalo correspondiente a los hemisferios cerebrales y en otras ocasiones también se incluyen al talamoencéfalo e hipotálamo. El cerebelo es la parte inferior y posterior del encéfalo. El tallo cerebral o tronco encefálico es la

parte inferior del encéfalo que se une a la médula espinal y está formado fundamentalmente por los pedúnculos cerebrales, puente o protuberancia anular y la médula oblongada o bulbo o raquídeo.

De acuerdo con su origen embriológico el encéfalo se divide en varias porciones que derivan de las vesículas cerebrales:

- El rombencéfalo o cerebro posterior que se divide en mielencéfalo (médula oblongada) y metencéfalo (puente y cerebelo).
- El mesencéfalo o cerebro medio (pedúnculos cerebrales y techo mesencefálico con los colículos).
- El prosencéfalo o cerebro anterior que se divide en diencéfalo (talamoencéfalo e hipotálamo) y el telencéfalo (hemisferios cerebrales).
- El tronco encefálico está formado por las estructuras que derivan del mesencéfalo y rombencéfalo, excepto el cerebelo (cuadro 48.3).

Cuadro 48.3. Componentes del encéfalo

Prosencéfalo	Telencéfalo	Hemisferios cerebrales
	Diencéfalo	Talamoencéfalo Hipotálamo
Mesencéfalo		Techo mesencefálico (colículos) Pedúnculos cerebrales
Rombencéfalo	Metencéfalo	Cerebelo Puente
	Mielencéfalo	Médula oblongada

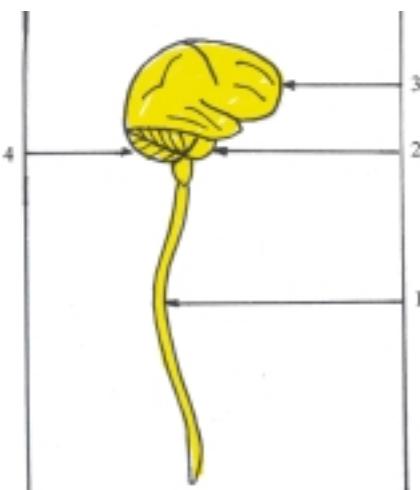


Fig. 48.1. Componentes del sistema nervioso central. 1. médula espinal, 2. tronco encefálico, 3. cerebro, 4. cerebelo.

El sistema nervioso está cubierto por membranas concéntricas de tejido conectivo nombradas meninges (duramadre, aracnoides y piamadre) y su estructura se caracteriza porque posee en su interior una serie de conductos y cavidades llamadas ventrículos por donde circula el líquido cerebroespinal (cefalorraquídeo), destacándose en la médula espinal el canal central, en el rombencéfalo el cuarto ventrículo, en el mesencéfalo el acueducto cerebral o mesencefálico, en el diencéfalo el tercer ventrículo y en el telencéfalo o hemisferios cerebrales los ventrículos laterales con los orificios interventriculares.

El sistema nervioso periférico (SNP) comprende todo lo que resta del sistema nervioso, que está ampliamente distribuido en el cuerpo humano, relacionándose con todos los órganos y estructuras del organismo. Esta parte del sistema nervioso está compuesta por los nervios que están conformados por raíces, troncos y ramos nerviosos, algunos de los cuales se unen formando redes o plexos nerviosos. Además, incluye los ganglios y terminaciones nerviosas (receptores y efectores).

Otros criterios de división del sistema nervioso

Desde el punto de vista fisiológico, el sistema nervioso se divide en 2 partes; de la vida de relación o animal y de la vida vegetativa o autónomo. Esta división no significa que existen 2 sistemas anatómicamente distintos, sino que son 2 aspectos de un mecanismo neural único, íntimamente relacionados, tanto central como periféricamente. El sistema nervioso de la vida de relación o animal regula principalmente las funciones de relación del organismo con el medio exterior, propios de la vida animal, y que comprende la actividad sensorial y motora del cuerpo, en las que intervienen aquellas partes del sistema nervioso central y periférico relacionadas con los órganos de los sentidos, piel y aparato locomotor. El sistema nervioso de la vida vegetativa o autónomo regula las funciones internas del organismo relacionadas con el metabolismo y la reproducción, las que están presentes en todos los seres vivos y está compuesto por las partes del sistema nervioso central y periférico que inervan esencialmente las vísceras, glándulas y aparato cardiovascular.

De acuerdo con la ontogenia o desarrollo del individuo, el sistema nervioso se divide en 2 partes, somática y visceral, que se corresponden con la división funcional. El sistema nervioso somático inerva las estructuras y los órganos que derivan del ectodermo y el mesodermo, como la piel y el aparato locomotor,

que están controlados por el sistema nervioso de la vida de relación o animal. El sistema nervioso visceral inerva las estructuras y los órganos que derivan del endodermo y el mesodermo como las vísceras, las glándulas y el aparato cardiovascular, que están controlados por el sistema nervioso de la vida vegetativa o autónomo.

Según la filogenia o evolución de las especies, el sistema nervioso se divide en 2 partes, segmentaria y suprasegmentaria. El sistema nervioso segmentario es la organización más primitiva que se basa en un esquema anatómico-funcional correspondiente a un área determinada del organismo o segmento corporal, es la parte del sistema nervioso que tiene relaciones directas, aferentes y eferentes con el resto del organismo y constituye un primer nivel funcional, donde se produce la mayoría de los reflejos incondicionados y comprende la médula espinal y el tronco encefálico, con la parte del sistema nervioso periférico que le corresponde. El sistema nervioso suprasegmentario es una organización más nueva, resultante de la cefalización o el desarrollo del encéfalo y de los órganos de los sentidos; es la parte del sistema nervioso cuyas relaciones aferentes y eferentes se realizan con el sistema segmentario o entre sí, pero no tienen relación directa con los segmentos corporales y está representado por el cerebelo y cerebro (diencefalo y telencefalo).

Otra forma de dividir el sistema nervioso es considerando 3 niveles funcionales relacionados con su evolución. El nivel medular (correspondiente a la médula espinal) donde se efectúa la actividad refleja automática. El nivel encefálico bajo (comprende el tronco encefálico, cerebelo, diencefalo y núcleos basales del telencefalo) donde se realiza la actividad subconsciente y de los procesos vitales. El nivel encefálico alto o cortical (de la corteza cerebral) donde se realiza la actividad consciente, el almacenamiento de la información y los procesos más abstractos del pensamiento.

Estructura microscópica del sistema nervioso

Las estructuras y los órganos que componen el sistema nervioso están constituidos por el tejido nervioso, que es uno de los 4 tejidos básicos del cuerpo humano y representa la parte fundamental de este sistema (ver tejido nervioso) (fig. 48.2). Además cuenta con el tejido conectivo que le proporciona sus envolturas.

El tejido nervioso se caracteriza porque se origina del ectodermo, sus células tienen un alto grado de diferenciación estructural, cuyas propiedades

fisiológicas fundamentalmente son la excitabilidad y la conductividad y está especializado en los mecanismos de regulación, control y coordinación nerviosa. Actúa como un sistema integrador de todas las funciones del organismo y permite su adaptación al medio circundante.

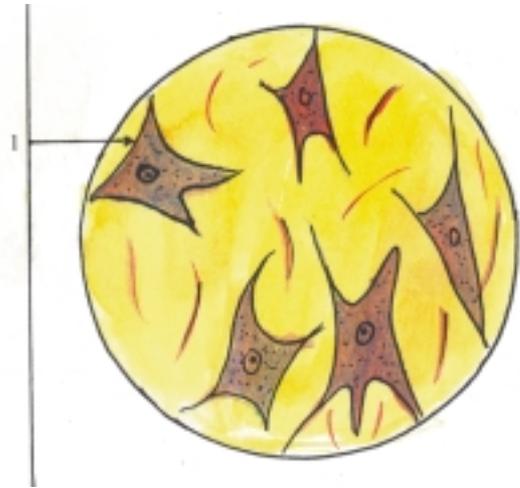


Fig. 48.2. Tejido nervioso x 600. 1. neurona con el núcleo en el cuerpo y sus prolongaciones.

Las células del tejido nervioso son las neuronas y las neuróglías. Las neuronas o células nerviosas constituyen la unidad estructural y funcional de este tejido, tienen una forma ramificada, y están compuestas por un cuerpo neurocelular y las prolongaciones neurocelulares. Estas últimas son de 2 tipos, las dendritas que son numerosas, cortas y ramificadas, y el axón que es único y alargado. Las neuróglías o células gliales son más numerosas que las neuronas, están representadas por distintos tipos y en general constituyen los elementos de sostén de este tejido, pero además realizan otras funciones como la de aislante, nutrición, secreción y defensa.

Los cuerpos de las neuronas al agruparse forman en el sistema nervioso periférico los ganglios nerviosos y en el sistema nervioso central la sustancia gris (núcleos de los centros nerviosos) donde se procesa la información.

Los axones o cilindroejes rodeados por sus envolturas forman la fibra nerviosa, que al agruparse, constituyen en el sistema nervioso periférico los nervios y en el sistema nervioso central la sustancia blanca (tractos y fascículos), por donde es conducido el impulso nervioso.

Evolución del sistema nervioso en los animales (Filogenia)

En los animales unicelulares o protozoarios (amebas) no existe sistema nervioso, pues estos organismos están constituidos por una célula, que realiza todas las funciones basadas en las propiedades fisiológicas fundamentales del protoplasma, entre las que se destaca la irritabilidad, o sea, la capacidad que tiene todo ser vivo de responder a determinados estímulos o cambios que se producen en el medio donde se encuentre. Estos organismos viven en un medio líquido, con el cual se relacionan y mantienen sus funciones por mecanismos de regulación humoral al nivel molecular.

A partir de los organismos pluricelulares inferiores comienzan a aparecer los elementos esenciales del sistema nervioso, se establecen así las distintas etapas filogenéticas de este sistema y se desarrolla progresivamente el mecanismo de regulación nerviosa.

En los celentéreos (hidras, medusas, anémonas) aparece el primer indicio del sistema nervioso y se desarrolla la etapa del sistema nervioso reticular o difuso, constituido por las estructuras nerviosas fundamentales: receptores, efectores y células de asociación, que se disponen en forma de red a través de la cual se propaga el impulso nervioso y queda integrado de este modo una forma simple de arco reflejo.

En los vermes o gusanos aparece la etapa del sistema nervioso ganglionar que se caracteriza porque los cuerpos de las células nerviosas se agrupan y forman los ganglios, que representan la formación primitiva de los centros nerviosos y sus prolongaciones forman los nervios. En estos animales la organización del sistema nervioso está en correspondencia con la segmentación corporal (metamérica), de manera que los ganglios nerviosos quedan unidos en 2 direcciones por los troncos nerviosos, los transversales o segmentarios y los longitudinales o intersegmentarios.

En los cordados inferiores (lanceta de mar o anfibio) se inicia el sistema nervioso tubular, al originarse la mayor parte de este sistema a expensas de una invaginación del ectodermo, que forma el tubo neural, el cual está situado en la parte dorsal y media del cuerpo, y constituye el centro nervioso de donde parten los nervios segmentarios.

En los cordados superiores (vertebrados) la porción caudal del tubo neural se convierte en la médula espinal y la porción cefálica se desarrolla progresivamente y forman el encéfalo, por lo que se denomina a esta etapa, de cefalización. En los peces inferiores aparecen las 3 vesículas cerebrales primarias

nombradas cerebro posterior o rombencéfalo, cerebro medio o mesencéfalo y cerebro anterior o prosencéfalo, con un desarrollo particular del rombencéfalo por causa de la influencia de algunos órganos vinculados a la vida de la relación (receptores de la audición y del equilibrio) y de la vida vegetativa, que intervienen en la respiración, circulación y digestión (arcos branquiales). En los peces superiores se desarrolla el cerebro medio o mesencéfalo bajo la influencia del receptor óptico. En los vertebrados terrestres se desarrolla el cerebro anterior o prosencéfalo por la influencia del receptor olfatorio. En este proceso, el rombencéfalo se subdivide en mielencéfalo y metencéfalo y el prosencéfalo se diferencia en diencéfalo y telencéfalo.

A partir de los anfibios y reptiles se desarrolla la corteza cerebral, se inicia la etapa de corticalización, que alcanza su máximo desarrollo en el humano como consecuencia de 2 estímulos de naturaleza social: el trabajo y el lenguaje.

El trabajo es el factor decisivo en la formación del hombre, mediante el cual adapta la naturaleza a sus necesidades. El lenguaje está íntimamente relacionado con el pensamiento y surge en el proceso del trabajo social, como una necesidad de la comunicación interpersonal.

Desarrollo del sistema nervioso en el humano (Ontogenia)

El sistema nervioso se origina del ectodermo (ver hoja germinativa en la etapa de diferenciación). Se debe recordar, que el ectodermo se engruesa en la región craneal del disco embrionario y forma la lámina o placa neural cuyos bordes laterales se elevan y constituyen los pliegues neurales que delimitan una depresión alargada llamada surco neural. Al fusionarse los pliegues neurales se cierra el surco neural y se convierte en una estructura tubular nombrada tubo neural, que está situado profundamente en el espesor del mesodermo (figs. 48.3 y 48.4).

Del tubo neural se origina el sistema nervioso central (de su porción caudal alargada se forma la médula espinal y de la craneal ensanchada el encéfalo). Además, se origina parte del sistema nervioso periférico (fibras nerviosas eferentes o motoras de los nervios).

Las células ectodérmicas que no participan en la fusión de los pliegues neurales se agrupan y forman un par de columnas situadas entre el tubo neural y el ectodermo superficial, que se denominan crestas neurales de donde se origina una parte del sistema nervioso periférico (ganglios de los nervios espinales, craneales y simpáticos). De las crestas neurales también derivan otras estructuras, como la médula de las glándulas suprarrenales y los melanocitos.

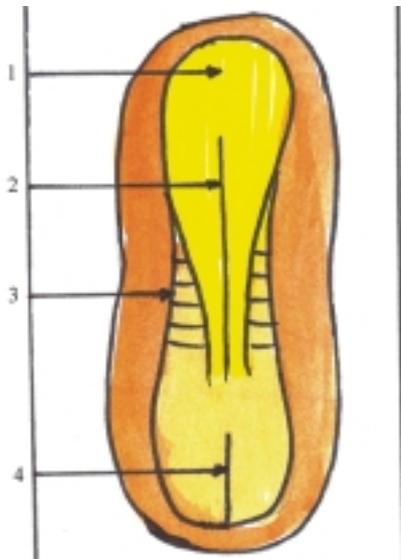


Fig. 48.3. Formación de la placa neural vista de la cara dorsal del embrión de 20 d. 1. placa neural, 2. surco neural, 3. somita, 4. línea primitiva.

La placa neural está formada por un epitelio simple cilíndrico que al cerrarse el tubo neural se transforma en un epitelio pseudoestratificado llamado neuroepitelio. Las células neuroepiteliales que constituyen la pared del tubo neural, proliferan y dan origen a varios tipos de células que se disponen en distintas zonas de esta región. Primero se originan los neuroblastos que se convierten en neuronas. Luego se forman los spongioblastos que se transforman en gliocitos

(astrocitos y oligodendrocitos) y posteriormente se originan las células ependimarias. Por último, aparecen las microglías cuando el sistema nervioso central se vasculariza, pero estas células derivan del mesodermo. Por causa de la proliferación celular, la pared del tubo neural se engruesa, y pueden distinguirse 3 estratos: interno o ependimario, medio o del manto y externo o marginal. El estrato ependimario está formado por células ependimarias que tapizan el canal central de la médula espinal y los ventrículos encefálicos. El estrato del manto está constituido por neuronas y astrocitos que forman la sustancia gris del sistema nervioso central. El estrato marginal está compuesto por los oligodendrocitos que forman la vaina de mielina de las fibras nerviosas, por lo que esta zona adquiere el aspecto típico de la sustancia blanca del sistema nervioso central.

En la cuarta semana del desarrollo embrionario, la porción del tubo neural correspondiente a la médula espinal (fig. 48.5), presenta las paredes ventral y dorsal delgadas, las que se denominan láminas ventral y dorsal (placas del piso y del techo) y están formadas por células ependimarias y neuróglías; constituyen una vía de paso de las fibras nerviosas que cruzan de un lado a otro de la médula espinal, mientras que las paredes laterales se engruesan, y se destacan en cada lado 2 zonas llamadas láminas ventrolateral y dorsolateral (placas basal y alar), separadas por el surco limitante y formadas por los cuerpos celulares de las neuronas que constituyen la sustancia gris de la médula espinal. La placa basal es el área motora y la placa alar el área sensitiva, rodeadas periféricamente

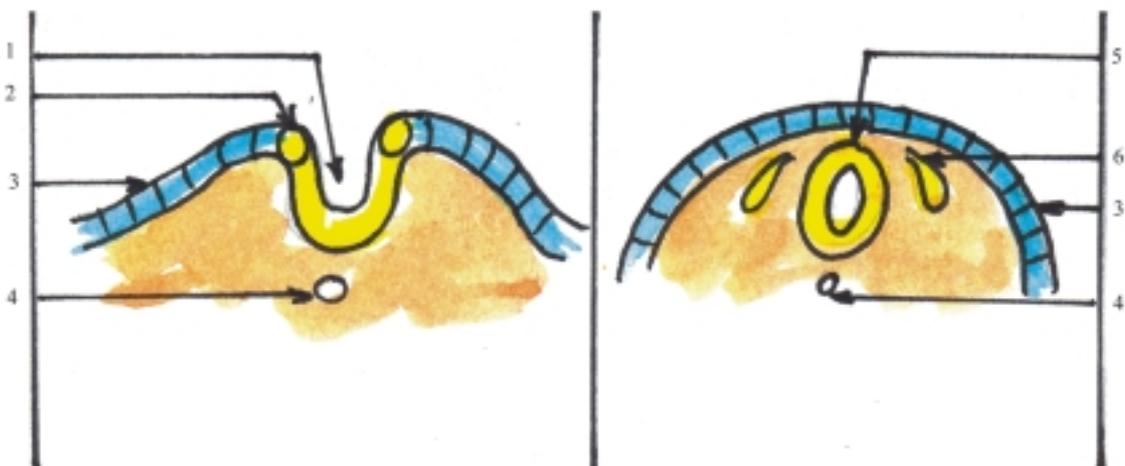


Fig. 48.4. Formación del tubo neural cortes transversales de embriones. 1. surco neural, 2. cresta neural, 3. ectodermo superficial, 4. notocorda, 5. tubo neural, 6. ganglio nervioso.

por la sustancia blanca formada por los axones mielinizados de las neuronas. En el tercer mes de desarrollo la médula espinal se extiende a todo lo largo del canal vertebral, sin embargo, al aumentar la edad del feto, la columna vertebral crece más rápido que la médula espinal, por lo que, en el momento del nacimiento la extremidad caudal de la médula espinal se encuentra al nivel de la III vértebra lumbar y posteriormente en el adulto, se sitúa a la altura de la II vértebra lumbar.

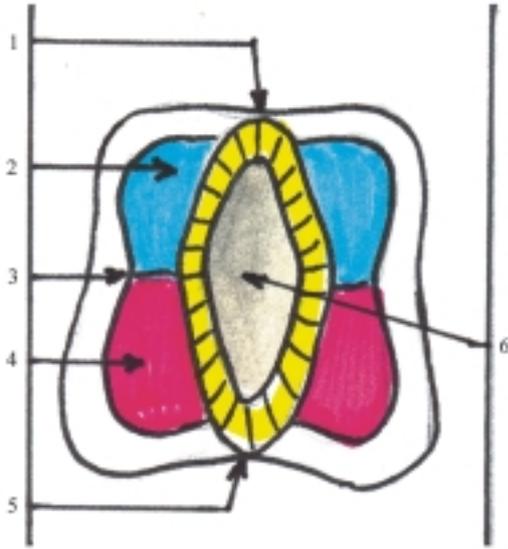


Fig. 48.5. Desarrollo de la médula espinal corte transversal de la médula espinal en desarrollo. 1. lámina dorsal (placa del techo), 2. lámina dorsolateral (placa alar), 3. surco limitante, 4. lámina ventrolateral (placa basal), 5. lámina ventral (placa del piso), 6. luz del tubo neural.

En la cuarta semana del desarrollo embrionario, la porción craneal del tubo neural correspondiente al encéfalo presenta 3 dilataciones o vesículas cerebrales primarias (fig. 48.6), llamadas rombencéfalo o cerebro posterior, mesencéfalo o cerebro medio y prosencéfalo o cerebro anterior. En esta etapa, el cerebro se incurva ventralmente y forma 2 flexuras, la cervical (entre la médula espinal y el rombencéfalo) y la cefálica (al nivel del mesencéfalo).

En la quinta semana del desarrollo, el encéfalo presenta 5 dilataciones o vesículas cerebrales secundarias (fig. 48.7) al dividirse el rombencéfalo en 2 porciones (mielencéfalo y metencéfalo) y el prosencéfalo en otras 2 porciones (diencéfalo y telencéfalo), mientras que el mesencéfalo se mantiene indiviso.

De estas 5 vesículas cerebrales secundarias derivan las porciones definitivas del encéfalo. Del mielencéfalo la médula oblongada, del metencéfalo el puente y el cerebelo, del mesencéfalo los pedúnculos cerebrales y el techo mesencefálico con los colículos, del diencéfalo el talamoencéfalo y el hipotálamo y del telencéfalo los hemisferios cerebrales. Este último crece extraordinariamente y llega a cubrir las caras laterales del diencéfalo y de la parte superior del tronco encefálico. En algunas porciones del encéfalo, la luz del tubo neural se ensancha y forman cavidades llamadas ventrículos (en el rombencéfalo el IV ventrículo, en el diencéfalo el III ventrículo y en los hemisferios cerebrales los ventrículos laterales).

En el desarrollo del encéfalo ocurren otros cambios que lo diferencian de la médula espinal, los más significativos son los siguientes:

- En algunas porciones del encéfalo relacionadas con los ventrículos, la placa del techo se adelgaza y

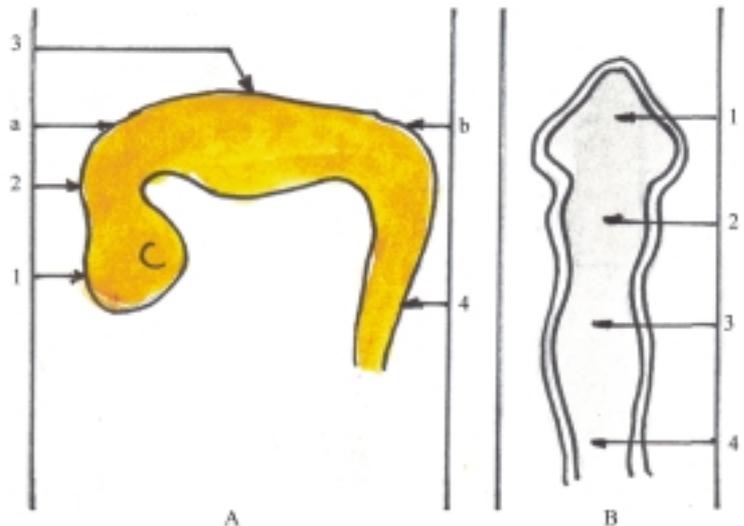


Fig. 48.6. Desarrollo del encéfalo 4 semanas. A. Vista lateral del embrión con las tres vesículas cerebrales primarias, B. Cavidades de las vesículas cerebrales. 1. prosencéfalo, 2. mesencéfalo, 3. rombencéfalo, 4. médula espinal, a) flexura cefálica, b) flexura cervical.

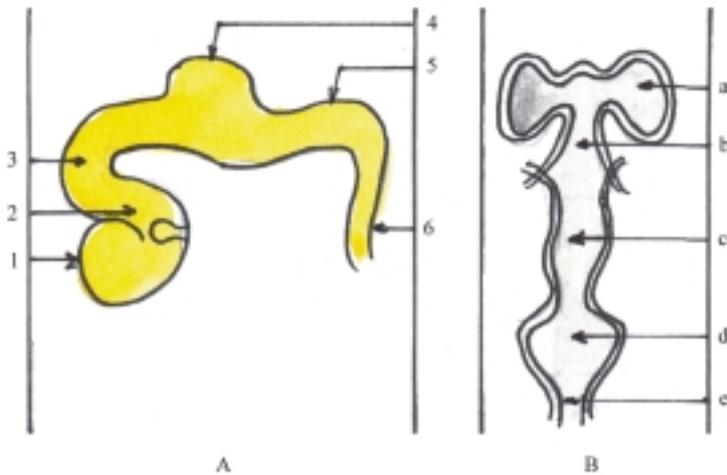


Fig. 48.7. Desarrollo del encéfalo 5 semanas. A. Vista lateral del embrión con las 5 vesículas cerebrales secundarias, B. Cavidades de las vesículas cerebrales: 1. telencéfalo, 2. diencéfalo, 3. mesencéfalo, 4. metencéfalo, 5. mielencéfalo, 6) médula espinal, a) ventrículos laterales, b) III ventrículo, c) futuro acueducto mesencefálico, d) IV ventrículo, e) canal central.

queda formada por una capa de células ependimarias, cubierta por mesénquima vascularizado, que constituye en conjunto la tela coroidea donde se forman los plexos coroideos que producen el líquido cerebrospinal (fig. 48.8).

- Las placas basales forman los núcleos motores en las porciones que componen el tronco encefálico (médula oblongada, puente y mesencéfalo), pero disminuye su importancia en el prosencéfalo (figs. 48.8, 48.9 y 48.10).
- Las placas alares forman los núcleos sensitivos en las porciones que componen el tronco encefálico y aumentan su importancia en el prosencéfalo, pues de estas deriva la mayor parte del diencéfalo y telencéfalo (figs. 48.8, 48.9 y 48.10).
- Las porciones dorsolaterales de las placas alares del metencéfalo forman los labios rombencefálicos, que se extienden hacia el plano medio y dan origen al cerebelo (fig. 48.9).

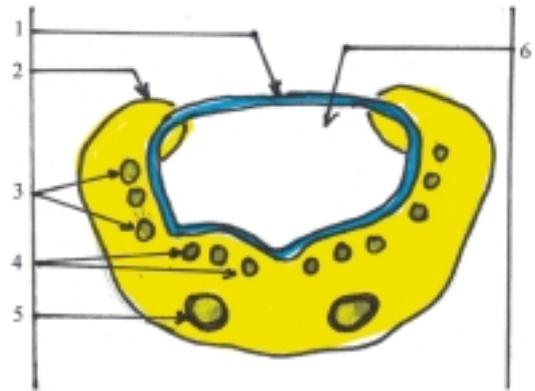


Fig. 48.9. Diferenciación del metencéfalo corte transversal. 1. tela coroidea, 2. labios rombencefálicos, 3. núcleos sensitivos, 4. núcleos motores, 5. núcleos pontinos, 6. IV ventrículo.

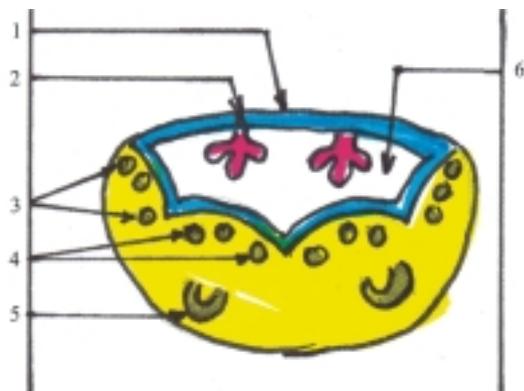


Fig. 48.8. Diferenciación del mielencéfalo corte transversal. 1. tela coroidea, 2. plexo coroideo, 3. núcleos sensitivos, 4. núcleos motores, 5. núcleos olivares, 6. IV ventrículo.



Fig. 48.10. Diferenciación del mesencéfalo corte transversal. 1. núcleos sensitivos de los colículos en techo mesencefálicos, 2 y 3. núcleos motores, 4. núcleo rojo, 5. sustancia negra, 6. acueducto mesencefálico.

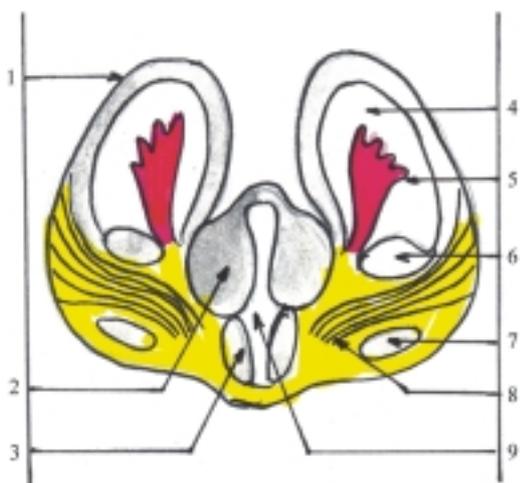


Fig. 48.11. Diferenciación del diencefalo y el telencefalo en corte transversal. 1. corteza, 2. tálamo, 3. hipotálamo, 4. ventrículos laterales, 5. plexo coroideo, 6. núcleo caudado, 7. núcleo lenticular, 8. cápsula interna, 9. III ventrículo.

- En el cerebelo y cerebro, las neuronas que se encuentran en el estrato del manto migran hacia la superficie de estos órganos y forman la corteza. Otras neuronas migran hacia determinadas zonas del centro y forman núcleos importantes (fig. 48. 11).

Alteraciones del sistema nervioso

Las variaciones más significativas del sistema nervioso están relacionadas con la edad, especialmente el cerebro, que tiene un crecimiento extraordinario en la etapa prenatal en comparación con el resto de los órganos que componen el organismo.

Las malformaciones congénitas del sistema nervioso central son relativamente frecuentes, las que generalmente están asociadas con defectos del desarrollo del esqueleto de la cabeza y de la columna vertebral, y algunas de estas son incompatibles con la vida. Entre las malformaciones congénitas del sistema nervioso central se destacan la anencefalia (falta de cerebro), la amielia (falta de médula espinal), la microcefalia (cerebro anormalmente pequeño), la idiosia cerebral (desarrollo incompleto de la corteza cerebral), la hidrocefalia (acumulación excesiva de líquido cerebroespinal que puede ser por producción aumentada, resorción disminuida u obstrucción del sistema ventricular), el meningocele, meningoencefalocele y meningomielocele (hernias de la meninge o combinada con el encéfalo y la médula espinal).

Las afecciones del sistema nervioso son numerosas y frecuentes, algunas de ellas llegan a constituir cuadros clínicos de gran importancia por las limitaciones que provocan en el individuo, y pueden ser irreversibles o culminar con la muerte. Entre las afecciones del sistema nervioso se destacan los accidentes vasculares encefálicos que representan la causa más frecuente de enfermedad neurológica y la tercera causa de muerte (isquemia transitoria, infarto y hemorragia cerebral), y la epilepsia que constituye la segunda causa de afección neurológica, caracterizada por una actividad neuronal excesiva e incontrolada. Además, se observan procesos infecciosos inflamatorios causados por distintos microorganismos patógenos (meningoencefalitis, mielitis y neuritis), tumores primarios (gliomas) y secundarios o metastásicos (procedentes principalmente de los bronquios y glándulas mamarias), las enfermedades desmielinizantes (esclerosis múltiple) y degenerativas (de Parkinson o parálisis agitante; de Alzheimer o demencia presenil; la corea de Huntington y la siringomielia, caracterizada por la formación de cavidades intramedulares), las enfermedades tóxicas (por monóxido de carbono, alcohol, plomo, etc.), nutricionales (por carencia de vitamina B), metabólicas (hipoglucemia y encefalopatía hepática) e inmunológicas (miastenia grave).

Los trastornos del sistema nervioso periférico en general se denominan neuropatías periféricas, las que pueden tener diversas causas y se dividen en mononeuropatías y polineuropatías, según afecten a uno o varios nervios, respectivamente.

Las lesiones del sistema nervioso central y periférico pueden ser causadas por traumatismos cerrados o abiertos y heridas penetrantes que interesen alguna parte de este sistema. En los traumatismos del cráneo pueden ocurrir fracturas de distintos tipos (lineales, ramificadas y deprimidas) que pueden o no provocar trastornos cerebrales; las más graves son las de la base del cráneo. En los traumatismos de la columna vertebral pueden ocurrir fracturas y luxaciones de las vértebras, que provocan la compresión de la médula espinal y constituyen la causa más frecuente de lesión medular.

Las afecciones y lesiones del sistema nervioso se manifiestan por una gran variedad de síntomas, aunque algunos de estos también están presentes en enfermedades no neurológicas. Entre los síntomas se distinguen la cefalea, el vértigo, el dolor, las diestusias (hormigueo, calambre, adormecimiento), la pérdida de la conciencia; las alteraciones de la personalidad, del trofismo, de la sensibilidad y de la movilidad. La asociación de algunos de estos síntomas dan lugar a síndromes neurológicos; los más frecuentes son los motores, sensitivos, del tronco encefálico, cerebeloso, meníngeo, hipertensión endocraneal, y comatoso.

Orientaciones para el estudio del sistema nervioso

Al estudiar las características particulares de los órganos que componen el sistema nervioso central es conveniente seguir un orden lógico, similar al utilizado en el estudio de las vísceras, y destacar los aspectos siguientes:

- Nombre del órgano.
- Funciones específicas.
- Situación en el cuerpo.
- Proyección en la superficie corporal.
- Forma del órgano.
- Porciones del órgano.
- Detalles anatómicos más destacados.

- Relaciones más importantes.
- Aspectos más destacados de la estructura, el origen y desarrollo.

En el estudio de los nervios de forma independiente es conveniente explicar las características particulares más destacadas de cada uno, siguiendo un orden lógico:

- Nombre del nervio.
- Tipo de nervio por su procedencia (craneal o espinal) y su función (sensitivo, motor o mixto).
- Origen.
- Trayecto.
- Ganglios nerviosos.
- Ramas principales.
- Territorio de inervación

49. Tejido nervioso

Características generales del tejido nervioso

El tejido nervioso es uno de los 4 tejidos básicos del organismo, se caracteriza porque se origina del ectodermo y está constituido por células que han alcanzado un alto grado de diferenciación estructural, cuyas propiedades fisiológicas fundamentales son la excitabilidad y la conductividad y está especializado en los mecanismos de regulación orgánica. Actúa como un sistema integrador de todas las funciones del organismo y facilita su adaptación a las condiciones ambientales.

El tejido nervioso está formado esencialmente por 2 tipos de elementos celulares, las neuronas y las neuróglías. Las neuronas o células nerviosas constituyen la unidad estructural y funcional de este tejido, tienen una forma ramificada y están compuestas por un cuerpo y prolongaciones neurocelulares; mientras que las neuróglías comprenden varias células gliales que también tienen forma ramificada, y realizan diversas funciones, entre las que se destaca la de sostén de este tejido.

El tejido nervioso representa el componente fundamental de las estructuras y órganos que forman el sistema nervioso, en el que se describen 2 partes, central (médula espinal y encéfalo) y periférica (nervios, ganglios y terminaciones nerviosas). Este sistema cuenta además con tejido conectivo que le proporciona sus envolturas y forman las vainas de las fibras nerviosas periféricas, la cápsula de los ganglios nerviosos y las membranas meníngeas, protectoras de la médula espinal y del encéfalo (cuadro 49.1).

Neuronas

La célula nerviosa, neurocito o neurona, es la unidad morfofuncional del tejido nervioso, altamente especializada, cuyas propiedades fisiológicas fundamentales son la excitabilidad y la conductividad.

Cuadro 49.1. Características generales del tejido nervioso

Variedad	Uno de los 4 tejidos básicos
Especialidad	En la mecánica de la regulación orgánica
Propiedad	Excitabilidad y conductividad
Célula	Neurona
Medio de sostén	Neuróglía
Origen	Del ectodermo
Organización	Agrupación de cuerpos y prolongaciones neurocelulares

La neurona está formada por el cuerpo neurocelular y las prolongaciones neurocelulares. Estas últimas se dividen en 2 tipos, las dendritas que son numerosas, cortas y ramificadas y el axón que es único y alargado (fig. 49.1).

Desde el punto de vista fisiológico las dendritas son celulípetas y el axón es celulífugo, según conduzcan el impulso nervioso hacia o desde el cuerpo neurocelular, respectivamente.

Las neuronas se encuentran ampliamente distribuidas en el sistema nervioso. Los cuerpos neurocelulares se agrupan y forman los ganglios en el sistema nervioso periférico y los núcleos en el sistema nervioso central. Estos últimos se organizan y adoptan distintas formas (acúmulos en el interior de las porciones que componen el encéfalo, columnas en el interior de la médula espinal y en capas, que constituyen la corteza de determinadas porciones como el cerebro y el cerebelo). Estas agrupaciones de los cuerpos neurocelulares en el sistema nervioso central (núcleos y corteza), le proporcionan un color gris a la sustancia nerviosa en estado fresco y es donde radican los centros nerviosos, encargados de procesar la información. Los axones rodeados por sus envolturas forman las fibras nerviosas, las que al agruparse en el sistema nervioso periférico constituyen los nervios, y en el sistema nervioso central los tractos y fascículos

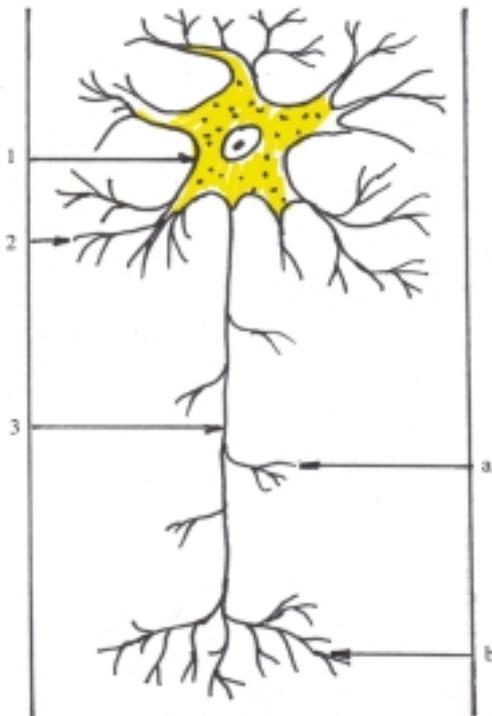


Fig. 49.1. Neurona. 1. cuerpo neurocelular con su núcleo y sustancia cromófila, 2. dendrita, 3. axón, a) ramas colaterales, b) telodendrón.

y le proporcionan un color blanco a la sustancia nerviosa en estado fresco, por donde se realiza la conducción del impulso nervioso.

En general, las neuronas tienen un tamaño promedio de 35 a 40 micrones y presentan una forma ramificada. Sin embargo, estas células son muy variables en cuanto al tamaño y forma, en dependencia de sus funciones específicas.

El tamaño de las neuronas varía entre límites muy amplios (5 a 150 micrones), por lo que se pueden clasificar en 4 tipos: pequeñas, medianas, grandes y gigantes.

La forma de las neuronas es variable por causa del número y la disposición de sus prolongaciones, por lo que se pueden clasificar en distintos tipos: unipolares (globulares), bipolares (alargadas y fusiformes) y multipolares (estrelladas y piramidales); estas últimas son las más abundantes en el organismo humano. También se describen las llamadas neuronas “seudounipolares” (de los ganglios nerviosos espinales), porque originalmente son de tipo bipolar, pero luego las 2 prolongaciones convergen y se fusionan, esto da la impresión de que es una prolongación que se bifurca en forma de T. La prolongación periférica de esta neurona tiene la característica estructural de un axón, sin embargo, tiene la función de una dendrita (celulípeta).

Las neuronas multipolares se clasifican de acuerdo con la longitud de su axón en 2 tipos, las de axón largo o Golgi I y las de axón corto o Golgi II.

Desde el punto de vista funcional, las neuronas se clasifican en sensoriales, motoras y de asociación. Las neuronas sensoriales o aferentes conducen el impulso nervioso desde los receptores hacia los centros nerviosos. Las neuronas motoras o eferentes conducen el impulso nervioso desde los centros nerviosos hacia los órganos efectores (generalmente músculos y glándulas). Las neuronas de asociación o intercalares, también conocidas como interneuronas, establecen enlaces entre las neuronas aferentes y eferentes que se encuentran en el sistema nervioso central.

Cuerpo neurocelular

El cuerpo neurocelular o soma de la neurona está constituido, como toda célula, por el citoplasma que rodea al núcleo y está limitado por la membrana celular o plasmática.

El núcleo de la neurona es generalmente grande, esférico y central, con cromatina escasa y un nucleolo voluminoso, sus funciones fundamentales son la determinación genética y la regulación de la síntesis de proteínas.

El citoplasma o pericarion (peri, alrededor, cario, núcleo), contiene los organitos citoplasmáticos comunes en todas las células, entre los que se destacan la sustancia cromófila y las neurofibrillas.

La membrana plasmática se extiende hacia las prolongaciones neurocelulares y se caracteriza porque, además de realizar las funciones propias que tiene en cualquier célula, desempeña un papel importante en el origen y la conducción del impulso nervioso.

La sustancia cromófila (sustancia de Nissl o cuerpo tigroide) es un material basófilo, compuesto de ribosomas y retículo endoplásmico rugoso, que está relacionado con la síntesis de proteínas de la neurona. Las neurofibrillas son realmente las imágenes que se observan, al microscopio óptico, del agrupamiento de los neurofilamentos y neurotúbulos después de la fijación y tinción con sales de plata del pericarion; estos forman parte del citoesqueleto neuronal y colaboran en el transporte de sustancias.

En el cuerpo neurocelular también se encuentra el aparato reticular interno o complejo de Golgi bien desarrollado, cuya función principal es la secreción de proteínas e interviene en la formación de glucoproteínas, glucolípidos y lisosomas primarios. Además posee mitocondrias que realizan la función de respiración celular, producen compuestos ricos en

energía (ATP), que es utilizada en los procesos metabólicos de la célula. Entre las inclusiones citoplasmáticas se pueden observar los pigmentos amarillos de lipofucsina, relacionada con el proceso de envejecimiento, y los pigmentos oscuros de melanina, localizados en determinadas regiones (sustancia negra del mesencéfalo).

Ya se explicó anteriormente cómo los cuerpos neurocelulares se agrupan y forman los ganglios en el sistema nervioso periférico y la sustancia gris en el sistema nervioso central (núcleos y corteza de algunas porciones).

Prolongaciones neurocelulares

Las prolongaciones neurocelulares (dendritas y axón) constituyen una característica morfológica importante de las células nerviosas o neuronas, que les permite conducir el impulso nervioso rápidamente y a gran distancia y además les proporciona mayor área de superficie para realizar el contacto con otras neuronas.

Las dendritas o prolongaciones protoplasmáticas son por lo general, numerosas, cortas y ramificadas, parecidas a las ramas de un árbol (del griego dendrón, árbol), que conducen el impulso nervioso hacia el cuerpo neurocelular (celulípetas). También se caracterizan porque tienen un diámetro decreciente y el contorno es irregular, presentan en su superficie las llamadas espinas dendríticas, que son puntos de contacto con otras neuronas (sinapsis). Las dendritas son también conocidas como prolongaciones protoplasmáticas porque contienen los mismos elementos que el cuerpo neurocelular y por su extensión tan corta se localizan en los lugares donde estas últimas se agrupan (ganglios del SNP y sustancia gris del SNC).

El axón, neurita o cilindroeje es una prolongación neurocelular generalmente única y alargada, que conduce el impulso nervioso proveniente del cuerpo neurocelular (celulífuga). También se caracteriza porque su diámetro es más delgado y uniforme, de contorno liso. El axón se inicia en el cono axónico, presenta en su trayecto algunas ramas colaterales y en su terminación se ramifica y forma el telodendrón, que es la zona de contacto con otras neuronas (sinapsis). El axón contiene los mismos elementos que el cuerpo neurocelular, principalmente neurofibrillas (neurofilamentos y neurotúbulos), pero carece de sustancia cromófila y está envuelto en una vaina (de mielina y células gliales). El axón con su envoltura constituye la fibra nerviosa, que al agruparse forma los nervios en el SNP y la sustancia blanca en el SNC (tractos y fascículos).

Neuroglia

La neuroglia (del griego neurón, nervio y glia, pegamento) está formada por un conjunto de células gliales o gliocitos, que ocupan los intersticios existentes entre las neuronas y representan los otros tipos de células que componen el tejido nervioso, y constituyen sus elementos de sostén. Además, realiza funciones de aislante, nutrición, secreción y defensa de este tejido.

Las células gliales o gliocitos difieren por su tamaño y forma, pero en general, se caracterizan porque son muy numerosas (en proporción de 10 a 1 en relación con la neurona), presentan prolongaciones y ramificaciones y la mayoría se originan del ectodermo.

De acuerdo con su localización en el sistema nervioso, los gliocitos se clasifican en centrales, que se encuentran en el sistema nervioso central (macroglia o astrocitos, oligodendrocitos, endimocitos y microglia) y periféricos, que se hallan en el sistema nervioso periférico formando parte de los nervios, ganglios y terminaciones nerviosas (neurolemocitos o células de Schwann, gliocitos ganglionares y gliocitos terminales).

Las macroglia o astrocitos son los gliocitos de mayor tamaño, que tienen un aspecto estrellado y sus prolongaciones se relacionan con las neuronas y los capilares sanguíneos que los rodean. Según su estructura se distinguen 2 tipos; los astrocitos protoplasmáticos localizados principalmente en la sustancia gris y los astrocitos fibrosos en la sustancia blanca; sus funciones fundamentales son las de sostén, aislante y nutrición o trófica.

Las oligodendroglia u oligodendrocitos son los gliocitos más numerosos, pero son más pequeños que los astrocitos y como su nombre indica poseen pocas prolongaciones y ramificaciones. Se encuentran principalmente en la sustancia blanca en íntima relación con el axón o cilindroeje, y forman parte de la fibra nerviosa en estas regiones. Tienen las mismas funciones que los astrocitos, pero además, son mielinogénicos, pues forman la vaina de mielina que envuelve al axón.

Los endimocitos forman el epéndimo, membrana epitelial simple cúbica o cilíndrica que tapiza las cavidades del sistema nervioso central (canal central o endimario de la médula espinal y los ventrículos encefálicos).

Las microglia se caracterizan porque son los gliocitos más pequeños, que se originan del mesodermo y se encuentran principalmente en la sustancia gris, cerca de los vasos sanguíneos. Su función fundamental es de defensa de este tejido, pues tiene acción fagocítica, por lo que también se conocen como macrófagos gliales.

Los neurolemocitos (células de Schwann) son los gliocitos de los nervios, que representan en estos, a los oligodendrocitos del sistema nervioso central. Por lo tanto, tienen las mismas funciones, o sea, de sostén, aislante, nutrición y mielinogénica o formadora de mielina y se encuentran en íntima relación con el axón o cilindroeje, al que rodea formando la vaina de neurolema o neurilema (vaina de Schwann).

Los gliocitos que tienen una función mielinogénica o formadora de mielina (oligodendrocitos en el SNC y neurolemocitos en el SNP), adoptan una forma especial alrededor del axón, se enrollan en espiral sobre este, de manera que se distinguen 2 estratos de envoltura, el interno constituye la mielina y el externo contiene el citoplasma y núcleo de los gliocitos correspondientes, según la región del sistema nervioso de que se trate. Por lo tanto, la mielina está constituida por una serie de láminas formadas por la membrana plasmática de los gliocitos (oligodendrocitos y neurolemocitos) que se encuentran enrollados alrededor del axón o cilindroeje, esto puede ser visto en un corte transversal de una fibra nerviosa mielínica con neurolema (fig. 49.2).

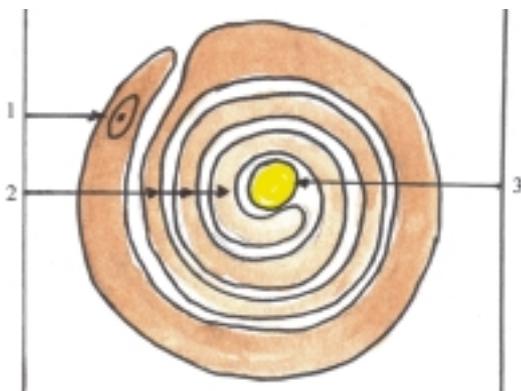


Fig. 49.2. Corte transversal de fibra nerviosa. 1. neurolema o vaina de Schwann (neurolemocito o célula de Schwann con su núcleo), 2. láminas de mielina, 3. axón o cilindroeje.

Fibra nerviosa

En general, la fibra nerviosa o neurofibra es una estructura larga y delgada, compuesta por la prolongación neurocelular de una neurona llamada axón o cilindroeje, que tiene la función de conducir el impulso nervioso y está rodeada por envolturas formadas por la vaina de mielina y gliocitos (neurolemocitos en la fibra nerviosa periférica y oligodendrocitos en la fibra nerviosa central) que tienen la función de aislante, como el material que cubre los cables eléctricos. Sin embargo, las vainas que envuelven

el axón o cilindroeje pueden variar o faltar en determinadas partes del sistema nervioso, por lo tanto, las fibras nerviosas se pueden clasificar en 4 tipos:

1. Fibras nerviosas mielínicas con neurolema o vaina de Schwann (en la mayoría de los nervios craneales y espinales).
2. Fibras nerviosas mielínicas sin neurolema, que es sustituida por una vaina discontinua de oligodendrocitos (en la sustancia blanca del sistema nervioso central, o sea, en la médula espinal y encéfalo).
3. Fibras nerviosas amielínicas con neurolema, llamadas fibras grises (en el sistema nervioso autónomo simpático).
4. Fibras nerviosas amielínicas sin neurolema (en la parte inicial y terminal de las fibras mielínicas).

En un corte longitudinal de una fibra nerviosa mielínica con neurolema se observa el axón o cilindroeje rodeado por sus envolturas (vaina de mielina y neurolemocitos), que en general tienen una forma alargada; pero llama la atención que la vaina de mielina no es continua, porque presenta una serie de estrangulaciones a intervalos bastante regulares (de varios micrones), llamados nódulos de la neurofibra (de Ranvier), que constituyen la base morfológica de la teoría "saltatoria" en la conducción del impulso nervioso, esto explica la mayor velocidad de propagación en la fibra mielínica que en la amielínica. El tramo de fibra nerviosa comprendido entre 2 nódulos se denomina segmento internodular, cuyo neurolema está formado por una sola célula (neurolemocito) (fig. 49.3); mientras que en la fibra nerviosa mielínica sin neurolema, a diferencia de la anterior, los neurolemocitos son sustituidos por los oligodendrocitos, que se disponen de manera que cada uno de ellos cubre varios segmentos internodulares, de varios axones.

Las fibras nerviosas periféricas se agrupan formando haces de fibras, que también se agrupan formando el nervio. Estas estructuras están rodeadas y unidas por vainas de tejido conectivo que se denominan endoneuro, perineuro y epineuro, respectivamente.

La lesión de una fibra nerviosa provoca modificaciones estructurales y funcionales de toda la neurona y sus envolturas, que pueden ser reversibles o irreversibles según el lugar donde ocurra la lesión (central o periférico) y el grado de alteración ocasionado. La sección de una fibra nerviosa produce cambios degenerativos en el cuerpo neurocelular de la neurona (cromatolisis o desaparición de la sustancia cromófila), así como en los tramos proximal y distal de la fibra nerviosa (degeneración retrógrada y walleriana,

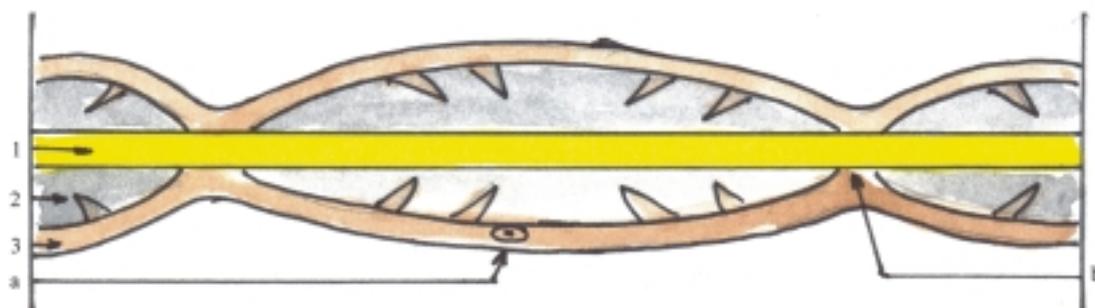


Fig. 49.3. Corte longitudinal de fibra nerviosa. 1. axón o cilindroeje, 2. vaina de mielina, 3. neurolema o vaina de Schwann, a) núcleo del neurolemocito, b) nódulo de la fibra nerviosa.

respectivamente). La regeneración de la neurona puede ocurrir pasado algún tiempo (semanas o meses) después de la lesión en el sistema nervioso periférico y sobre todo si está alejada del cuerpo neurocelular, pero resulta más difícil en el sistema nervioso central y cercana al cuerpo neurocelular.

Propiedades fundamentales del tejido nervioso

El tejido nervioso se caracteriza por su especialización en las propiedades de excitabilidad y conductividad.

Todos los seres vivos están sometidos constantemente a cambios del medio externo e interno que provocan reacciones biológicas en el organismo, es decir, que están sometidos a estímulos o irritantes, que pueden ser de naturaleza física, química o biológica, cuyo efecto en las estructuras orgánicas es la estimulación e irritación. Se denomina irritabilidad a la capacidad de estas estructuras de responder a los estímulos, lo que también determina su posibilidad de adaptación a las condiciones ambientales y puede manifestarse de distintas formas.

En los organismos de mayor desarrollo existen algunos tejidos altamente diferenciados, como los glandulares, musculares y nervioso, que al ser estimulados responden por una reacción determinada específica que se llama excitación, y producen efectos específicos en cada uno de ellos, o sea, la secreción, contracción y conducción del impulso nervioso, respectivamente; mientras que la excitabilidad es la capacidad de las estructuras diferenciadas de responder a una estimulación con la excitación, o sea, mediante una reacción determinada específica. Por lo

tanto, la excitabilidad es una forma de irritabilidad. En general, los términos de irritabilidad y excitabilidad se usan indistintamente. Sin embargo, se acostumbra a utilizar el término de excitabilidad en un sentido más limitado, se aplica a los animales de organización superior que poseen tejidos especializados (glandular, muscular y nervioso), por lo que estos tejidos también se conocen como tejidos excitables.

La excitación es una reacción biológica móvil que tiene un carácter impulsivo u ondulatorio, limitado en el espacio y el tiempo, que no permanece en el lugar donde surge, sino que se propaga por la estructura celular, por lo que se conoce como impulso u onda de excitación. Constituye el componente inicial obligado del estado de actividad de cualquier estructura excitable, y es la conductividad o conductibilidad la capacidad de las estructuras (fibras nerviosas) de propagar la excitación (impulso nervioso). Esta propiedad ha alcanzado un alto grado de especialización en las células nerviosas o neuronas, pero también está presente, aunque en menor grado, en las células de los otros tejidos excitables, como la fibra muscular.

Mecanismos de la excitación nerviosa

La excitación nerviosa es una reacción biológica específica ante un estímulo, que surge y se propaga por la membrana plasmática de la célula nerviosa o neurona. Esto es posible porque la membrana plasmática es capaz de generar potenciales eléctricos que dependen de la distribución desigual de los iones a ambos lados de esta. En general, estas 2 propiedades

(excitabilidad y conductividad) existen en todas las células y están íntimamente relacionadas. Para comprender estos mecanismos es conveniente considerar en la célula 3 estados fisiológicos que de continuo se alteran de un modo determinado, llamados de reposo, de activación y de restablecimiento (fig. 49.4).

En el estado de reposo, la membrana celular o plasmática esta polarizada, es decir, que tiene cargas eléctricas positivas acumuladas en el exterior y cargas negativas en el interior; esto crea una diferencia eléctrica a través de ella o potencial eléctrico, conocido como potencial de reposo de la membrana. Esto es por causa de una diferencia en la concentración iónica, ya que en el exterior de la membrana (líquido intersticial) predomina el sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) y en el interior (líquido intracelular) predomina el potasio (K^+) y aniones orgánicos no difusibles (A^-). Estos últimos permanecen en la parte interna de la membrana que se vuelve electronegativa, mientras que la parte externa se vuelve electropositiva al predominar los iones positivos de sodio.

El estado de actividad se produce por la influencia de un estímulo y se realiza por medio del potencial de acción, que consiste en cambios rápidos en la permeabilidad de la membrana a los iones de sodio y potasio, los que son transportados por difusión pasiva y comprende 2 etapas denominadas: despolarización y repolarización. La despolarización de la membrana ocurre cuando se estimula la neurona y se activa la permeabilidad de su membrana, esto provoca la entrada del sodio (Na^+) y la inversión de las cargas eléctricas de la membrana, o sea, que su interior se vuelve positivo y el exterior negativo (polarización invertida). La repolarización de la membrana ocurre inmediatamente después, cuando la membrana se hace

permeable al potasio (K^+), el cual pasa al exterior y se recupera la polarización inicial de la membrana que es electronegativa en el interior. Cuando el potencial de acción se desencadena por un estímulo en cualquier punto de la membrana y esta se despolariza, puede excitar porciones vecinas y causar su propagación o impulso nervioso. La velocidad de propagación del impulso nervioso depende del diámetro de la fibra nerviosa y de las características de la vaina de mielina, por lo que la velocidad es mayor en las fibras nerviosas miélicas más gruesas (fibras de tipo A y B) y menor en las fibras nerviosas amielínicas muy delgadas (fibras de tipo C).

El estado de restablecimiento se realiza espontáneamente por acción de la llamada "bomba de sodio-potasio", que es un mecanismo de transporte activo, que requiere energía (ATP), mediante el cual el sodio (Na^+) es impulsado hacia el exterior y el potasio (K^+) hacia el interior, y de esta manera se restablece el potencial de reposo de la membrana.

Sinapsis interneuronales

Las sinapsis interneuronales son las zonas de unión entre las neuronas, o entre una neurona y un receptor o un efector. Esta unión se realiza por contigüidad o contacto y no por continuidad, a través de la cual se transmite el impulso nervioso en un solo sentido.

De acuerdo con las estructuras de las neuronas que se ponen en contacto, las sinapsis interneuronales se pueden clasificar en varios tipos, entre los que se distinguen las axodendríticas, axosomáticas y axoaxónicas.

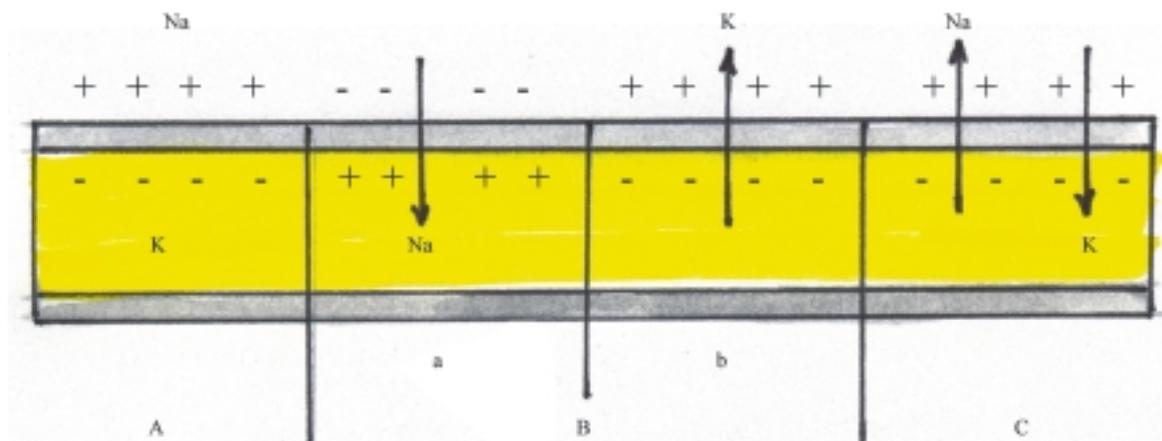


Fig. 49.4. Estados fisiológicos de la neurona axón. A. Estado de reposo (potencial de reposo de la membrana que está polarizada), B. Estado de actividad (potencial de acción), a) despolarización de la membrana, b) repolarización de la membrana, C. Estado de restablecimiento (bomba de sodio y potasio).

En la estructura de las sinapsis interneuronales se destacan 2 partes, la presináptica y la postsináptica, separadas por un espacio estrecho o fisura sináptica (fig. 49.5). La parte presináptica se encuentra en el extremo distal ramificado del axón de la primera neurona, llamado telodendrón, cuyas terminaciones presentan distintas formas (bulbos, cálices y pies terminales) que contienen las estructuras que lo caracterizan, nombradas vesículas sinápticas donde se acumula el neurotransmisor, sustancia química específica como la acetilcolina y la noradrenalina. La parte postsináptica se localiza en las dendritas y el cuerpo de la segunda

neurona, o en las estructuras receptoras y efectoras, según el tipo de sinapsis de que se trate.

Cuando el impulso nervioso, que es conducido por el axón, llega al telodendrón, las vesículas sinápticas que allí se encuentran liberan el neurotransmisor correspondiente, el cual se difunde por la fisura sináptica hasta alcanzar la parte postsináptica en la segunda neurona y de esta manera pasa el impulso nervioso de una neurona a otra.

En general, la transmisión del impulso nervioso al nivel de las sinapsis es un fenómeno químico, aunque puede existir la transmisión eléctrica, como ocurre en el axón, en aquellos lugares donde existe un contacto directo de las membranas.

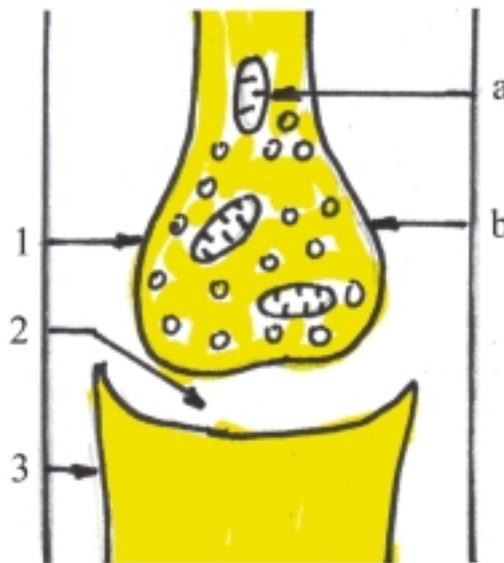


Fig. 49.5. Sinapsis interneuronales. 1. parte presináptica (del axón), 2. fisura sináptica, 3. parte postsináptica (de la dendrita), a) mitocondrias, b) vesículas sinápticas.

50. Porciones segmentarias del sistema nervioso central

Médula espinal

La médula espinal es la parte inferior del sistema nervioso central que deriva de la parte caudal del tubo neural, cuyas funciones principales son la conducción de los impulsos nerviosos y la actividad refleja. Las vías de conducción nerviosa están constituidas por las fibras nerviosas largas (ascendentes o sensitivas y descendentes o motoras) y cortas (de asociación propias de la médula espinal). Los centros reflejos medulares son numerosos y tienen un carácter segmentario, evidenciado por el origen de los nervios espinales, donde se destacan los centros que están relacionados con la actividad muscular de la mayor parte del cuerpo, excepto de la cabeza, que se encuentran en todos los segmentos de la médula espinal. Además, cuenta con los centros vasomotores y de la sudoración localizados en los segmentos torácicos y lumbares y los centros de la defecación, micción y de la actividad sexual, situados en los segmentos sacros.

La médula espinal está situada en el canal vertebral. En el adulto se extiende desde la altura de la I vértebra cervical hasta el nivel de la II vértebra lumbar, por lo que se puede realizar la punción lumbar entre las vértebras III y IV ó IV y V de esta región y no dañarla. Por arriba se continúa con la médula oblongada y por abajo termina en el cono medular, el cual se prolonga mediante el hilo terminal que se fija en el cóccix.

La médula espinal tiene una forma cilíndrica, ligeramente aplanada en sentido anteroposterior y presenta 2 abultamientos llamados intumescencias cervical y lumbosacra, correspondientes a la emergencia de los nervios espinales que inervan a los miembros superiores e inferiores respectivamente (fig. 50.1).

En la superficie externa de la médula espinal se observan 4 caras (anterior, posterior y laterales). En la cara anterior se encuentra la fisura mediana anterior bien definida y en la cara posterior el surco mediano

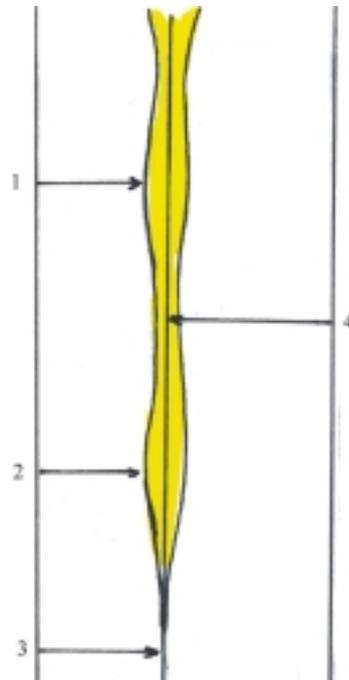


Fig. 50.1. Médula espinal vista anterior. 1. intumescencia cervical, 2. intumescencia lumbosacra, 3. hilo terminal, 4. fisura mediana anterior.

posterior, que dividen a la médula espinal en 2 mitades, derecha e izquierda, las que se mantienen unidas por un estrecho puente de tejido nervioso en cuyo centro se encuentra el canal central. Las caras laterales están limitadas por delante y por detrás por los surcos anterolaterales y posterolaterales, por donde pasan las raíces anteriores (motoras) y posteriores (sensitivas) de los nervios espinales, respectivamente, y dividen cada mitad de la médula espinal en 3 cordones longitudinales llamados funículos anterior, posterior y lateral, que son visibles a simple vista. El funículo posterior presenta en las porciones cervical y torácica superior, el surco intermedio posterior que lo divide en 2 fascículos, el delgado o grácil situado medialmente (Goll) y el cuneiforme en la parte lateral (Burdach).

La médula espinal tiene una estructura segmentaria que está determinada por el origen de los

nervios espinales. Los segmentos medulares establecen relaciones aferentes y eferentes con determinados segmentos del cuerpo y se denominan igual que las distintas regiones de la columna vertebral, aunque no se corresponden exactamente con el número y la situación de las vértebras, pues existen 31 segmentos: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo.

Como la médula espinal es más corta que la columna vertebral, las raíces de los nervios espinales inferiores (lumbares y sacros) son más largas y descienden oblicuamente desde el lugar donde se originan, hasta los agujeros intervertebrales por donde emergen los nervios espinales correspondientes. De esta manera, las raíces nerviosas de los nervios espinales inferiores en conjunto forman la llamada cola de caballo.

Estructura de la médula espinal

La estructura de la médula espinal está compuesta de sustancia gris en el centro y sustancia blanca en la periferia (fig. 50.2). La sustancia gris está formada principalmente por la agrupación de cuerpos neurocelulares, y constituye los núcleos o centros nerviosos que se disponen formando columnas en el centro de la médula espinal. La sustancia gris que rodea al canal central se denomina sustancia intermedia central y la que se encuentra a ambos lados, derecho e izquierdo, es la sustancia intermedia lateral. Por delante y detrás de esta última se forman en cada lado de la médula espinal, las columnas anterior y posterior. Además en los segmentos torácicos y lumbar, la sustancia intermedia lateral forma la columna lateral. En los cortes transversales de la médula espinal (fig. 50.2), la sustancia gris presenta la forma de una letra H, en la cual, las columnas grises se designan con los términos de astas o cuernos anterior, posterior y lateral. Los cuernos anteriores son más gruesos y cortos, los cuernos posteriores son más delgados y largos y los cuernos laterales son poco pronunciados. En general, los núcleos nerviosos de la médula espinal se disponen en dirección sagital, de tal manera, que los núcleos sensitivos se encuentran hacia atrás (en los cuernos o columnas posteriores), los motores hacia delante (en los cuernos o columnas anteriores) y los vegetativos en el intermedio (los simpáticos en los cuernos o columnas laterales de los segmentos torácico y lumbar) (los parasimpáticos en la sustancia intermedia lateral de los segmentos sacros) (ver vías de conducción nerviosa).

La sustancia blanca está formada por la agrupación de fibras nerviosas, y constituye los tractos y

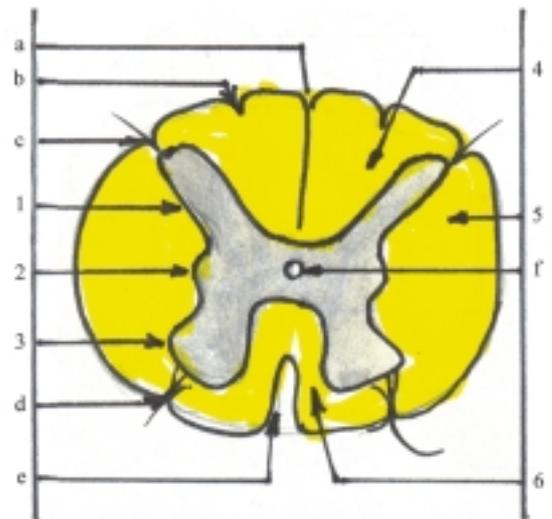


Fig. 50.2. Estructura de la médula espinal corte transversal en la región torácica. a) surco mediano posterior; b) surco intermedio posterior; c) surco posterolateral con raíces sensitivas; d) surco anterolateral con raíces motoras; e) fisura mediana anterior; f) canal central, 1. asta o columna posterior; 2. asta o columna lateral; 3. asta o columna anterior; 4. funículo o cordón posterior; 5. funículo o cordón lateral; 6. funículo o cordón anterior.

fascículos de las vías de conducción nerviosa que se disponen formando cordones en la periferia de la médula espinal. En cada mitad de la médula espinal se distinguen 3 cordones o funículos de sustancia blanca, anterior, posterior y lateral, los cuales están separados por las columnas de sustancia gris y los surcos que se encuentran en la superficie de la médula espinal, ya explicados anteriormente. En la sustancia blanca también se observa una porción estrecha situada por delante de la sustancia gris central, llamada comisura blanca que contiene fibras nerviosas que pasan transversalmente de un lugar a otro de la médula espinal, y une la parte posterior de los funículos anteriores. En general los tractos y fascículos nerviosos se disponen de manera que los ascendentes o sensitivos se encuentran en el funículo posterior y parte superficial del funículo lateral, mientras que los descendentes o motores se hallan en el funículo anterior y parte profunda del lateral (ver vías de conducción nerviosa). Los fascículos propios de la médula espinal (anterior, posterior y lateral) situados en la parte más interna de la sustancia blanca, colindante con la sustancia gris, están formados por fibras cortas de asociación que enlazan varios segmentos medulares y desempeñan un papel importante en la actividad refleja al nivel medular.

Entre los núcleos sensitivos se destacan los núcleos de la sustancia gelatinosa situados en el ápice

de los cuernos posteriores (de la sensibilidad térmico dolorosa), los núcleos propios situados en la cabeza de los cuernos posteriores (de la sensibilidad táctil) y los núcleos torácicos situados en la base de los cuernos posteriores de los segmentos torácicos (de la sensibilidad propioceptiva o profunda inconsciente) (fig. 50.3).

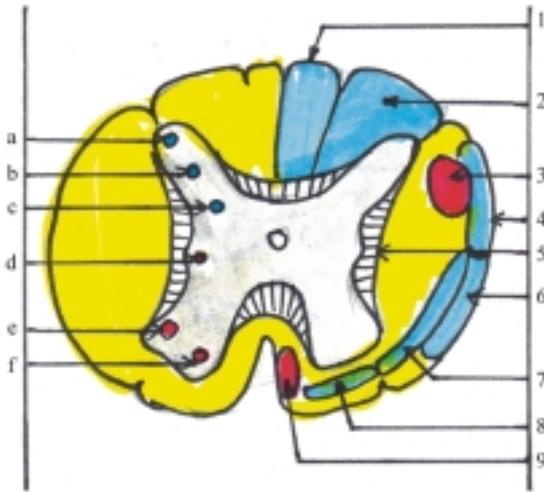


Fig. 50.3. Estructura de la médula espinal corte transversal en la región torácica, con núcleos y fascículos. *a) sustancia gelatinosa, b) núcleo propio, c) núcleo torácico, d) núcleo intermedio lateral, e) núcleo anterolateral, f) núcleo anteromedial, 1. fascículo grácil (Goll), 2. fascículo cuneiforme (Burdach), 3. tracto corticoespinal o piramidal lateral, 4. tracto espinocerebeloso posterior, 5. fascículo propio, 6. tracto espinotalámico lateral, 7. tracto espinotalámico anterior, 8. tracto espinotalámico anterior, 9. tracto corticoespinal o piramidal anterior.*

Entre los núcleos motores somáticos se distinguen los núcleos anteromediales situados en la parte medial de los cuernos anteriores (motores de los músculos propios del dorso del tronco) y los núcleos anterolaterales situados en la parte lateral de los cuernos anteriores (motores de los músculos ventrolaterales del tronco y los miembros) (fig. 50.3).

Entre los núcleos motores viscerales o vegetativos se encuentran los núcleos intermediolaterales, situados en los cuernos laterales de los segmentos torácicos (simpáticos) y los núcleos sacros situados en la sustancia intermedia lateral de los segmentos sacros (parasimpático) (fig. 50.3).

Entre los fascículos y tractos sensitivos se destacan los fascículos grácil y cuneiforme, situados en la parte medial y lateral del funículo posterior, respectivamente (de la sensibilidad propioceptiva

consciente y táctil discriminativa), los tractos espinocerebelosos posterior y anterior situados en la periferia del funículo lateral (de la sensibilidad propioceptiva inconsciente), el tracto espinotalámico lateral situado en el funículo lateral (de la sensibilidad exteroceptiva térmico dolorosa) y el tracto espinotalámico anterior situado en el funículo anterior próximo al lateral (de la sensibilidad exteroceptiva táctil) (fig. 50.3).

Entre los fascículos y tractos motores se distinguen los tractos corticoespinales o piramidales lateral y anterior, situados en los funículos lateral y anterior respectivamente (de la motilidad voluntaria o consciente) (fig. 50.3).

Tronco encefálico

El tronco encefálico o tallo cerebral es la parte inferior del encéfalo, que tiene como funciones fundamentales la conducción de impulsos nerviosos y la actividad refleja. Las vías de conducción nerviosa están compuestas por fibras nerviosas largas (sensitivas y motoras) y cortas (de asociación). Contiene centros nerviosos reflejos segmentarios relacionados con la mayoría de los nervios craneales (III–XII) que inervan principalmente las estructuras de la cara y mediante el nervio vago (X) inervan órganos del cuello y de las cavidades torácica y abdominal. Además, posee centros reflejos suprasegmentarios que regulan distintas funciones, entre las que se destacan las de tipo vegetativo (cardíacas, vasomotoras, respiratorias y digestivas).

El tronco encefálico está situado en la cavidad craneal, específicamente en la fosa craneal posterior de la base del cráneo interna, se extiende desde el nivel del agujero magno del occipital hasta la altura del borde posterior de la silla turca del cuerpo del esfenoides. Por delante se relaciona con la porción basilar del occipital y el dorso de la silla, por abajo se continúa con la médula espinal, por arriba se continúa con el diencéfalo y está cubierto por los hemisferios cerebrales, por detrás se relaciona con el cerebelo, del cual está separado por el IV ventrículo, pero se mantiene unido a este mediante los pedúnculos cerebelosos (inferior, medio y superior).

Esta parte del encéfalo tiene la forma de una columna compuesta por 3 porciones que derivan del mesencéfalo y parte del rombencéfalo. Presenta en su parte inferior el mielencéfalo o médula oblongada, en su parte intermedia la porción anterior del metencéfalo o puente y en su parte superior el mesencéfalo, constituido en su parte anterior por los pedúnculos cerebrales y en su parte posterior por el techo mesencéfálico con los colículos inferiores y superiores.

Si se extrae el encéfalo completo de la cavidad craneal, se puede observar en una vista inferior, la cara anterior del tronco encefálico en la que se distinguen de abajo hacia arriba, la médula oblongada, el puente y los pedúnculos cerebrales, así como la emergencia de la mayoría de los nervios craneales (III–XII) (fig. 50.4 y 50.5).

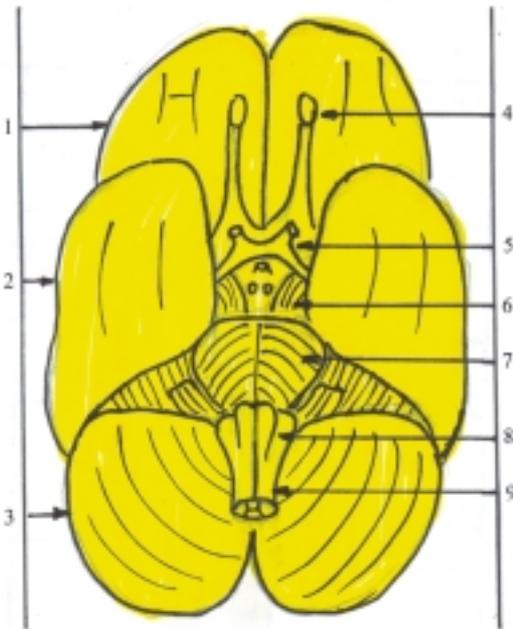


Fig. 50.4. Encéfalo vista inferior. 1. lóbulo frontal del cerebro, 2. lóbulo temporal del cerebro, 3. cerebelo, 4. bulbo olfatorio, 5. quiasma óptico, 6. pedúnculo cerebral, 7. puente, 8. médula oblongada, 9. médula espinal.

En una vista posterior, el cerebelo oculta al tronco encefálico y solo se puede observar la parte inferior de la médula oblongada; pero si se retira el cerebelo se observa la cara posterior del tronco encefálico (fig. 50.6), donde se destaca en el centro la fosa romboidea que constituye el piso del IV ventrículo, formada por la cara posterior de la médula oblongada y del puente, limitada a ambos lados por los pedúnculos cerebelosos inferiores y superiores. Por abajo se observa la parte inferior de la cara posterior de la médula oblongada y por arriba la cara posterior del mesencéfalo, constituido por el techo mesencefálico donde se distinguen los colículos inferiores y superiores.

El mielencéfalo o médula oblongada (bulbo raquídeo) es la porción inferior del tronco encefálico que representa una zona de transición entre la médula espinal y el encéfalo. Su límite inferior está determinado

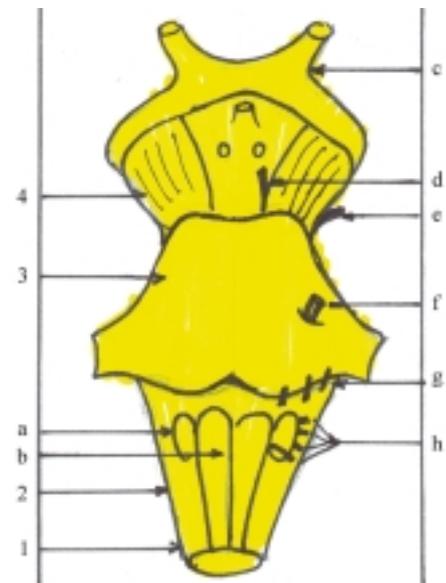


Fig. 50.5. Tronco encefálico vista anterior. 1. médula espinal, 2. médula oblongada, 3. puente, 4. pedúnculo cerebral, a) oliva, b) pirámide, c) quiasma óptico, d) nervio oculomotor, e) nervio troclear, f) nervio trigémino, g) nervios que salen por el surco bulbopontino (abductor, facial y vestibulococlear), h) nervios que emergen en la médula oblongada (glosofaríngeo, vago accesorio e hipogloso).

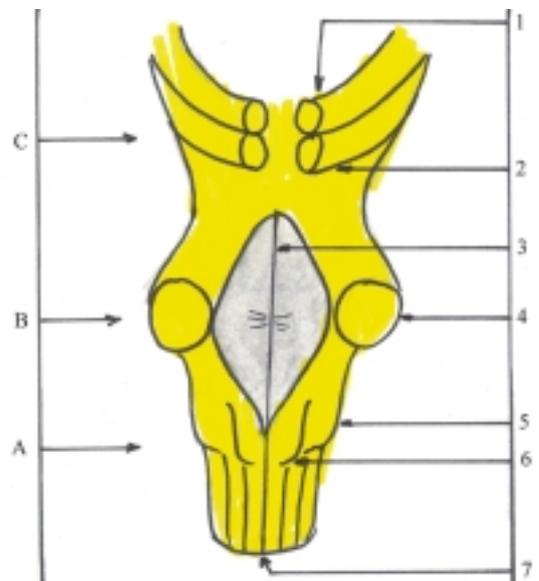


Fig. 50.6. Tronco encefálico vista posterior. A. Médula oblongada, B. Puente, C. Mesencéfalo, 1. colículo superior, 2. colículo inferior, 3. fosa romboidea o piso del IV ventrículo, 4. pedúnculo cerebeloso medio, 5. tubérculo cuneiforme, 6. tubérculo grácil, 7. surco mediano posterior.

por un plano transversal que pasa por arriba del punto de emergencia de las raíces del primer par de nervios espinales y su límite superior lo constituye el surco

bulbopontino, dispuesto transversalmente por su cara anterior, que lo separa del puente. Tiene la forma de un cono truncado, semejante a un bulbo, cuyo vértice está dirigido hacia abajo y su base hacia arriba. La superficie externa de la médula oblongada es muy parecida a la de la médula espinal, pero presenta algunas características particulares que la diferencian. En la médula oblongada también se observan 4 caras (anterior, posterior y laterales) y los surcos que en estas se encuentran (fisura mediana anterior, surco mediano posterior, surco anterolateral y surco posterolateral), limitan los funículos que provienen de la médula espinal (anteriores, posteriores y laterales). Sin embargo, en cada lado, el funículo anterior forma un relieve pronunciado llamado pirámide, el funículo lateral presenta un engrosamiento denominado oliva y el funículo posterior que está dividido por el surco intermedio posterior en los fascículos grácil y cuneiforme, forma por arriba los tubérculos del mismo nombre. Los tubérculos grácil y cuneiformes de ambos lados divergen hacia arriba, se continúan con los pedúnculos cerebelosos inferiores que se extienden hacia el cerebelo y limitan por abajo la fosa romboidea o piso del cuarto ventrículo. Además por el surco anterolateral emergen las raíces del nervio hipogloso (XII) y por el surco posterolateral emergen las raíces de los nervios accesorio (XI), vago (X) y glossofaríngeo (IX).

La parte ventral del metencéfalo o puente (puente de Varolio o protuberancia anular) es la porción intermedia del tronco encefálico, entre la médula oblongada y los pedúnculos cerebrales del mesencéfalo, con los cuales se continúa y sus límites con estos están marcados por 2 surcos transversales visibles en su cara anterior, uno inferior (surco protuberancial inferior o bulbopontino) y otro superior (surco protuberancial superior o pontopeduncular). Tiene la forma de un rodillo grueso, semejante a un semianillo o puente dispuesto transversalmente, en el que se distinguen 2 caras (anterior y posterior). La cara posterior está oculta por el cerebelo y forma la parte superior de la fosa romboidea o piso del IV ventrículo. La cara anterior es bien visible y en ella se destaca una depresión media vertical llamada surco basilar, huella de su relación con el tronco basilar, formado por la unión de las arterias vertebrales. En los límites laterales de esta cara emergen los nervios trigéminos (V) que indican los lugares donde el puente se continúa con los pedúnculos cerebelosos medios, los que se extienden hacia el cerebelo. Por el surco protuberancial inferior (bulbopontino) emergen 3 pares de nervios craneales: por encima de las pirámides los nervios abductores (VI) y por encima de los funículos laterales los nervios faciales (VII) y vestíbulo cocleares (VIII).

El mesencéfalo o cerebro medio es la porción del tronco encefálico que está compuesto de 2 partes, la anterior o pedúnculos cerebrales y la posterior o techo mesencefálico, donde se destacan los colículos inferiores y superiores. Estas 2 partes del mesencéfalo limitan un conducto llamado acueducto mesencefálico o del cerebro (de Silvio), que atraviesa el mesencéfalo en toda su longitud y comunica el IV ventrículo con el ventrículo medio del diencefalo o III ventrículo.

Los pedúnculos cerebrales están situados en la parte anterior del mesencéfalo y tienen la forma de 2 columnas gruesas que se extienden en dirección divergente desde el puente hasta la cara inferior de los hemisferios cerebrales. Su límite inferior está marcado por el surco protuberancial superior (pontopeduncular) y su límite superior se encuentra al nivel del tracto óptico que lo cruza transversalmente. En los pedúnculos cerebrales se pueden distinguir la cara anterior y los bordes medial y lateral, pero la cara posterior no es visible pues se adhiere al techo mesencefálico. La cara anterior es libre y se puede observar si antes se separan los lóbulos temporales de los hemisferios cerebrales. Entre los bordes mediales de ambos pedúnculos cerebrales se encuentra una depresión triangular llamada fosa interpeduncular, donde se localiza la sustancia perforada interpeduncular (posterior) por donde pasan vasos sanguíneos. En el borde medial de cada pedúnculo cerebral se destaca el surco oculomotor por donde emerge el nervio del mismo nombre (III), mientras que el borde lateral es contorneado por el nervio troclear (IV) que emerge por el techo mesencefálico, por lo tanto es el único nervio craneal que sale por el dorso del tronco encefálico.

El techo mesencefálico está situado en la parte posterior del mesencéfalo, íntimamente adherido por delante con los pedúnculos cerebrales y cubierto por arriba por los hemisferios cerebrales. Es una porción cuadrilátera pequeña formada por la lámina del techo (lámina cuadrigémina) en cuya cara posterior, libre, se destacan 2 pares de eminencias redondeadas llamadas colículos inferiores y superiores (tubérculos cuadrigéminos), separados por 2 surcos dispuestos en cruz, que constituyen centros subcorticales de la audición y la visión, respectivamente. Por debajo de los colículos inferiores emergen los nervios trocleares (IV). Entre los colículos superiores se encuentra el cuerpo o glándula pineal perteneciente al epitálamo (diencefalo). Lateralmente, en cada colículo se observa una eminencia alargada llamada brazo del colículo, que se extiende hacia delante y arriba hasta los cuerpos geniculados del metatálamo (diencefalo). Los brazos de los colículos inferiores terminan en los cuerpos geniculados mediales (del sistema auditivo) y los brazos de los colículos superiores terminan en los cuerpos geniculados laterales (del sistema óptico).

Estructura del tronco encefálico

La estructura del tronco encefálico está compuesta, igual que la médula espinal, de sustancia gris en el centro y sustancia blanca en la periferia, pero presenta algunas diferencias que lo caracterizan. Sus aspectos más destacados son los siguientes: 1. la formación del IV ventrículo, 2. la presencia de los núcleos segmentarios pertenecientes a la mayoría de los nervios craneales, 3. la aparición de núcleos suprasegmentarios y 4. la presencia de haces de fibras nerviosas que tienen distintas direcciones (longitudinales, transversales y cruzadas).

Al formarse el IV ventrículo, el canal central se ensancha al nivel de la médula oblongada y el puente, y la sustancia gris que rodeaba a este canal queda extendida como una delgada lámina hacia la parte posterior, cercana a la fosa romboidea o piso del IV ventrículo, de manera que los núcleos de los nervios craneales se disponen en dirección frontal; se sitúan medialmente los núcleos motores que derivan de las placas basales, lateralmente los núcleos sensitivos que derivan de las placas alares y en el intermedio los núcleos vegetativos (parasimpático).

La estructura segmentaria del tronco encefálico está relacionada con los núcleos de origen de la mayoría de los nervios craneales (III – XII), aunque esta segmentación no se aprecia bien anatómicamente, porque algunos núcleos abarcan más de un segmento. Por lo tanto, la segmentación del tronco encefálico es más bien una concepción fisiológica en la que se distinguen 3 segmentos, el inferior o de la médula oblongada, el intermedio o del puente y el superior o de los pedúnculos cerebrales. Los núcleos segmentarios de la médula oblongada están relacionados con los últimos 4 pares de nervios craneales (IX – XII) que inervan los músculos de la lengua, esternocleidomastoideo y trapecio, glándula salival parotídea, papilas gustativas de la parte posterior de la lengua, órganos del cuello y de las cavidades torácica y abdominal. Los núcleos segmentarios del puente están relacionados con los 4 pares de nervios craneales intermedios (V – VIII) que inervan la piel y mucosas de la región de la cara, los músculos masticadores, faciales, suprahioides y recto lateral del ojo, las glándulas lagrimales y salivales (menores, submandibulares y sublinguales), las papilas gustativas de la parte anterior de la lengua y el oído interno. Los núcleos segmentarios de los pedúnculos cerebrales están relacionados con 2 pares de nervios craneales (III- IV) que inervan la mayoría de los músculos del ojo.

Los núcleos motores somáticos de los nervios craneales son los del III, IV, V, VI, VII, XI (espinal) y XII y el ambiguo que es común de los nervios IX, X, XI.

Los núcleos sensitivos son el espinal, pontino y mesencefálico del V, el solitario del VII, IX, X y los cocleares y vestibulares del VIII. Los núcleos motores viscerales o vegetativos parasimpáticos son el accesorio del III, el salivatorio superior del VII, el salivatorio inferior del IX y el dorsal del X (fig. 50.7).

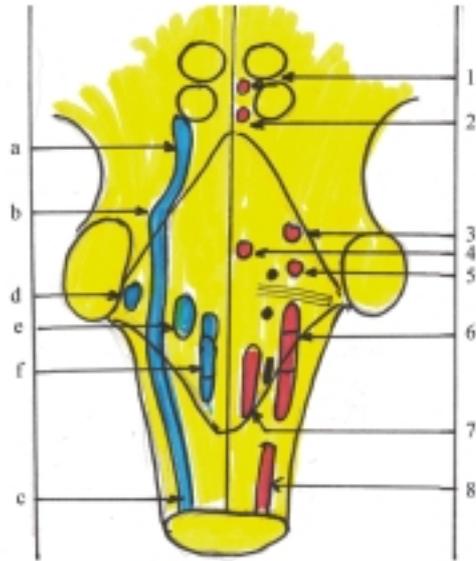


Fig. 50.7. Núcleos de origen de los nervios craneales (III – XII). En azul los núcleos sensitivos, a) b) y c) porciones mesencefálica, pontina y espinal del V, d) núcleo coclear del VIII, e) núcleo vestibular del VIII, f) núcleo solitario del VII, IX y X. En rojo los núcleos motores somáticos, 1. del III, 2. del IV, 3. del V, 4. del VI, 5. del VII, 6. ambiguo del IX, X y XI, 7. del XII, 8) espinal del XI. En negro los núcleos motores viscerales o vegetativos parasimpáticos, de arriba hacia abajo, accesorio del III, salivatorio superior del VII, salivatorio inferior del IX y dorsal del X.

Los núcleos suprasegmentarios se encuentran intercalados en las vías de conducción nerviosa de esta región o diseminados en la formación reticular. Entre los núcleos suprasegmentarios intercalados se distinguen los siguientes: en la médula oblongada (figs. 50.8 y 50.9): los núcleos grácil y cuneiforme situados en los tubérculos del mismo nombre donde hacen sinapsis las vías sensitivas propioceptiva consciente y del tacto discriminativo; los núcleos olivares inferiores situados en la oliva, que conectan al cerebelo con el cerebro y la médula espinal y están relacionados con la acción de mantener el equilibrio y la coordinación de los movimientos. En el puente (fig. 50.10): los núcleos del cuerpo trapezoide, estructura que divide el espesor del puente en 2 partes (ventral y dorsal) y está relacionada con la vía auditiva; los núcleos pontinos situados en la parte ventral

donde se entrecruzan fibras longitudinales y transversales y representan una estación intercalada entre la corteza cerebral y el cerebelo (tracto córtico-pontocerebeloso). En los pedúnculos cerebrales (fig. 50.11): la sustancia negra, estructura que divide estos pedúnculos en 2 partes (ventral y dorsal) y está relacionada con las vías motoras involuntarias o sistema extrapiramidal; los núcleos rojos situados en la parte dorsal, también relacionados con las vías

motoras involuntarias o sistema extrapiramidal. En el techo mesencefálico: los núcleos de los colículos inferiores constituyen centros subcorticales de las vías auditivas; los estratos grises de los colículos superiores son centros subcorticales de las vías ópticas (fig. 50.11).

La formación reticular es la parte más antigua del encéfalo desde el punto de vista filogenético, que consiste en un sistema difuso de células y fibras

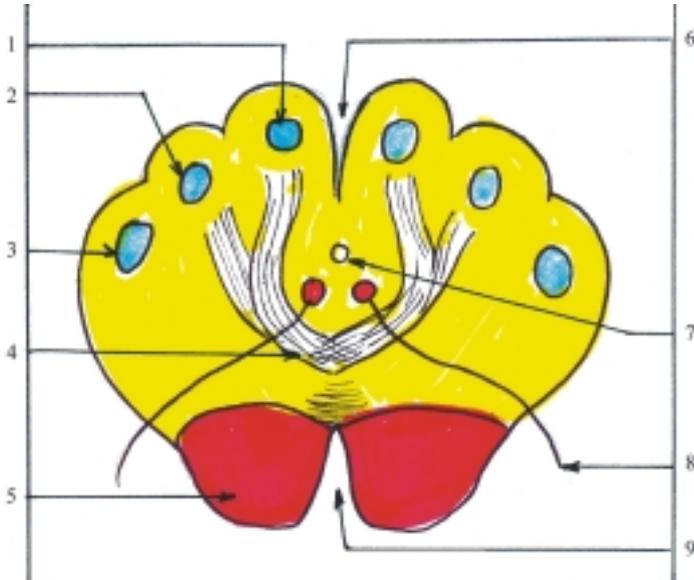


Fig. 50.8. Estructura de la médula oblongada corte transversal por la parte inferior. 1. núcleo grácil, 2. núcleo cuneiforme, 3. núcleo espinal del nervio trigémino, 4. decusación del lemnisco medial, 5. pirámide, 6. surco mediano posterior, 7. canal central, 8. nervio hipogloso, 9. fisura mediana anterior.

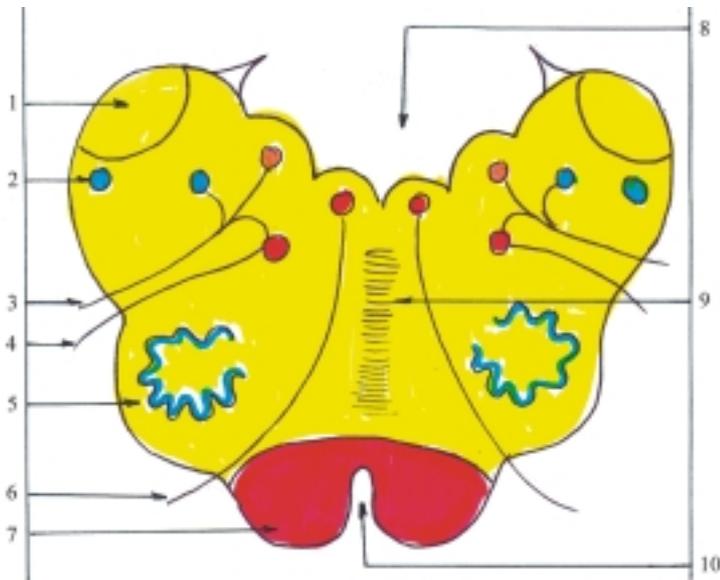


Fig. 50.9. Estructura de la médula oblongada corte transversal por la parte superior. 1. pedúnculo cerebeloso inferior, 2. núcleo espinal del nervio trigémino, 3. nervio vago, 4. nervio accesorio, 5. núcleo olivar inferior, 6. nervio hipogloso, 7. pirámide, 8. IV ventrículo, 9. decusación del lemnisco medial, 10. fisura mediana anterior.

Fig. 50.10. Estructura del puente corte transversal por la parte superior. 1. pedúnculo cerebeloso superior, 2. cuerpo trapezoide, 3. lemnisco medial, 4. núcleos pontinos, 5. fascículo corticoespinal, 6. IV ventrículo, 7. fascículo longitudinal medial, 8 nervio trigémino.

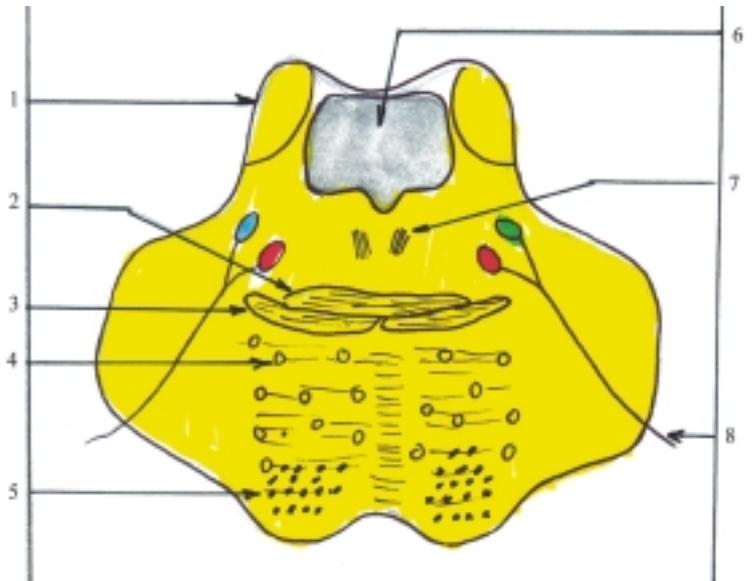
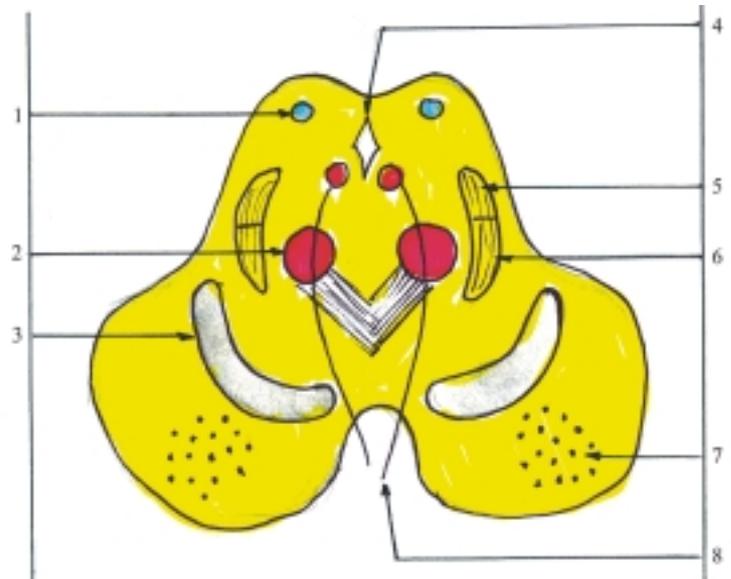


Fig. 50.11. Estructura del mesencéfalo corte transversal por su porción superior. 1. estratos grises de los colículos superiores, 2. núcleo rojo, 3. sustancia negra, 4. acueducto mesencefálico, 5. lemnisco lateral, 6. lemnisco medial, 7. tracto corticoespinal o piramidal, 8. nervio oculomotor.



nerviosas, situado en el centro del tronco encefálico, que se extiende hacia abajo hasta la parte superior de la médula espinal y hacia arriba hasta el diencefalo. Está constituido por numerosas células nerviosas que se encuentran dispersas o formando núcleos, entrelazados por una red de fibras nerviosas. La formación reticular contiene núcleos nerviosos que regulan distintas funciones vegetativas, algunas son de importancia vital (cardíaca, vasomotora, respiratoria y digestiva) y participan en la regulación de diversos mecanismos reflejos (tos, vómito, insalivación, deglución, etc.). En general la formación reticular actúa como un regulador de los procesos de excitación e inhibición de los niveles superiores e inferiores del

sistema nervioso central, y ejerce su influencia en numerosas funciones del organismo de manera indirecta, mediante sus conexiones con el cerebro, cerebelo y médula espinal. Entre los influjos reticulares ascendentes se destaca su acción excitadora sobre la corteza cerebral que mantiene el estado de vigilia del individuo. Entre los influjos reticulares descendentes que actúan sobre la médula espinal se distingue la acción de excitación e inhibición de la motilidad.

El tronco encefálico contiene numerosos haces de fibras nerviosas largas que tienen distintas direcciones y además, posee fibras nerviosas cortas de asociación intersegmentarias. Algunos haces de fibras nerviosas largas pasan a través del tronco

encefálico conectando las partes superiores e inferiores del sistema nervioso central y otras se originan o terminan en el tronco, conectándolo con las estructuras vecinas (cerebro, cerebelo y médula espinal). Los haces de fibras que se extienden entre la médula espinal y el cerebro tienen una dirección longitudinal y los conectados al cerebelo pasan por los pedúnculos cerebelosos donde presentan una dirección transversal; esta disposición es más evidente en los que pasan por los pedúnculos cerebelosos medios. Sin embargo, algunos de estos haces cruzan al lado opuesto y forman decusaciones (cruzamiento en X). En general, los haces de fibras motoras se extienden por la parte ventral o anterior y los sensitivos por detrás de estos y lateralmente (figs. 50.8, 50.9, 50.10, 50.11).

Entre los fascículos y tractos motores se destacan los de la motilidad voluntaria o sistema piramidal que descienden por la parte anterior del tronco encefálico y están formados por el tracto corticonuclear, que solo llega hasta el tronco y termina en los núcleos motores de los nervios craneales; y el tracto corticoespinal que llega hasta la médula espinal y termina en los núcleos motores de los nervios espinales. Este último, al pasar por la médula oblongada, al nivel de las pirámides, forma la decusación piramidal o motora, al cruzar hacia el lado opuesto parte de sus fibras.

Entre los fascículos y tractos sensitivos se destacan los ya mencionados en la médula espinal. De la vía propioceptiva consciente y táctil discriminativa, los fascículos grácil y cuneiforme que ascienden por los funículos posteriores hasta los núcleos grácil y cuneiforme de la médula oblongada, donde continúan con los lemniscos mediales que forman la decusación sensitiva del mismo nombre (por detrás de la decusación motora o piramidal) y ascienden hasta el tálamo. De la vía propioceptiva inconsciente, los tractos

espinocerebelosos posteriores que se extienden por la médula oblongada hasta el cerebelo pasando por los pedúnculos cerebelosos inferiores y los tractos espinocerebelosos anteriores que ascienden hasta el mesencéfalo donde se decusan y terminan en el cerebelo pasando por los pedúnculos cerebelosos superiores. De las vías térmico-dolorosa y táctil no discriminativa, los tractos espinotalámicos lateral y anterior ascienden hasta el puente donde se unen y forman el lemnisco espinal que se extiende hasta el tálamo.

Además en el tronco encefálico se encuentran otros fascículos y tractos importantes que pertenecen a distintas vías de conducción nerviosa. Por ejemplo: de la vía motora involuntaria o extrapiramidal los tractos tectoespinal, rubroespinal, vestíbulo espinal, olivoespinal y retículo espinal; de la vía corticopontocerebelosa, las fibras corticopontinas y pontocerebelosas mediante las cuales, la corteza cerebral influye sobre el cerebelo; de la vía auditiva a partir de los núcleos cocleares de los VIII pares de nervios craneales, el cuerpo trapezoide se extiende transversalmente por el puente y el lemnisco lateral asciende hasta los colículos inferiores del techo mesencefálico y los cuerpos geniculados mediales del metatálamo; de la vía vestibular o del equilibrio, a partir de los núcleos vestibulares del VIII par de nervios craneales se extienden los tractos vestíbulo cerebeloso y vestíbulo espinal y el fascículo longitudinal medial. Este último posee fibras ascendentes conectadas a los núcleos de los nervios craneales III, IV y VI que inervan la musculatura de los ojos y fibras descendentes que llegan hasta los segmentos cervicales de la médula espinal, y desempeñan una función importante en los movimientos conjugados de los ojos y de la cabeza.

51. Porciones suprasegmentarias del sistema nervioso central

Cerebelo

El cerebelo es la parte posterior e inferior del encéfalo que deriva de la parte dorsal del metencéfalo. Es un órgano suprasegmentario que mantiene relaciones con otras partes del sistema nervioso central y actúa como modulador de las funciones nerviosas. Sus funciones principales son la coordinación de los movimientos, la regulación del tono muscular y el mantenimiento del equilibrio.

El cerebelo está situado por detrás del tronco encefálico, específicamente por detrás de la médula oblongada y el puente, con los cuales forma el rombencéfalo, en cuyo interior se encuentra el IV ventrículo. Ocupa con estos órganos la fosa craneal posterior, cubierto arriba por los lóbulos occipitales de los hemisferios cerebrales, de los cuales está separado por la tienda del cerebelo, que es una expansión de la duramadre.

El cerebelo tiene la forma de un ovoide, con un diámetro mayor transversal y algo aplanado de arriba abajo, que se puede comparar a una mariposa, en el que clásicamente se describen 3 porciones: el vermis en el medio y los hemisferios cerebelosos en ambos lados, derecho e izquierdo (fig. 51.1).

En la superficie externa del cerebelo se distinguen 2 caras (superior e inferior), limitadas por un borde circular, cuya parte anterior es más gruesa. En la cara superior el vermis forma una prominencia y en la cara inferior está situado en un surco medio llamado vallécula del cerebelo. El borde circular presenta 2 depresiones o incisuras (anterior y posterior). La incisura anterior es ancha y poco profunda donde se encuentran los pedúnculos cerebelosos, mientras que la incisura posterior es estrecha y más profunda donde se insinúa una expansión de la duramadre llamada hoz del cerebelo.

La superficie externa del cerebelo se caracteriza porque presenta numerosos pliegues transversales nombrados folios cerebelosos, que están separados por las fisuras cerebelosas. Estas fisuras son de diferentes profundidades, las más destacadas son las

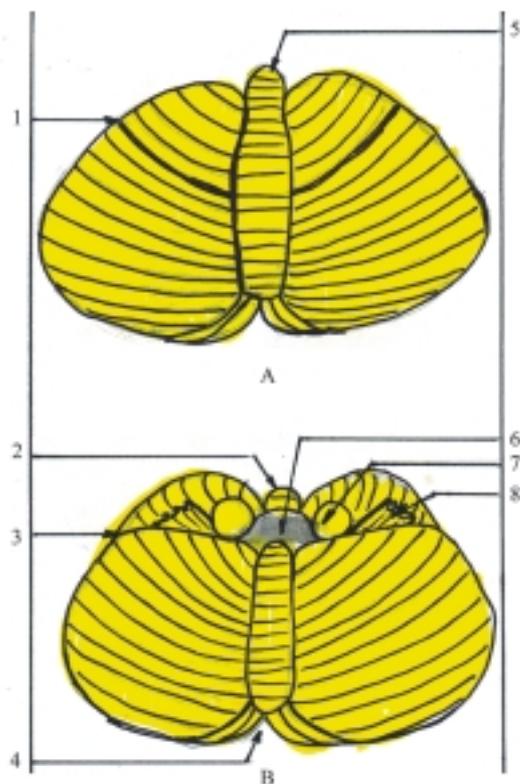


Fig. 51.1. Cerebelo. A. Cara superior, B. Cara inferior, 1. fisura prima, 2. incisura anterior, 3. surco posterolateral, 4. incisura posterior, 5. vermis, 6. IV ventrículo, 7. pedúnculo cerebeloso medio, 8. flóculo.

fisuras horizontal, posterolateral y prima, que permiten dividir la periferia del cerebelo en 3 lóbulos (flóculo nodular, anterior y posterior), los cuales tienen una situación determinada y a su vez se subdividen en lobulillos. La fisura horizontal es la más profunda y está situada en la parte posterior del borde circular, que separa la cara superior de la inferior. La fisura posterolateral está situada en la cara inferior y separa el lóbulo flóculo nodular del cuerpo del cerebelo. La fisura prima está situada en la cara superior y divide el cuerpo del cerebelo en 2 lóbulos, anterior y posterior.

El lóbulo flóculo nodular está situado en la cara inferior por delante de la fisura posterolateral y está compuesto por 3 lobulillos, el nódulo en la extremidad anterior del vermis y los flóculos a ambos lados. El lóbulo anterior está situado en la cara superior por delante de la fisura prima y está compuesto por varios lobulillos. El lóbulo posterior abarca el resto del cerebelo, se extiende en la cara superior por detrás de la fisura prima y en la cara inferior por detrás de la fisura posterolateral y está compuesto también por varios lobulillos.

El cerebelo se une con el tronco encefálico mediante 3 pares de columnas formadas por fibras nerviosas nombradas pedúnculos cerebelosos inferiores, medios y superiores. Los pedúnculos cerebelosos inferiores están conectados a la médula oblongada, los medios al puente y los superiores al mesencéfalo. En el espacio comprendido entre los pedúnculos cerebelosos se extienden los velos medulares inferior y superior, que forman parte del techo del IV ventrículo.

Estructura del cerebelo

La estructura del cerebelo está compuesta por la sustancia blanca en el centro, denominada cuerpo medular y la sustancia gris situada en la periferia en forma de una lámina delgada llamada corteza cerebelosa. Además posee acúmulos de sustancia gris en el espesor de la sustancia blanca que constituyen los núcleos del cerebelo, nombrados desde el centro hacia la periferia, fastigio o del techo, globoso, emboliforme y dentado, los cuales son pares y se distinguen en los cortes frontales y horizontales de este órgano.

En los cortes del cerebelo (fig. 51.2) se observa que la sustancia blanca del cuerpo medular, cubierta por la sustancia gris de la corteza, presenta un aspecto singular, flexuoso, parecido a las ramas de un árbol, por lo que se le conoce como "árbol de la vida", aunque la lesión del cerebelo no amenaza directamente la vida del individuo.

La corteza del cerebelo está formada por 3 capas o estratos: el externo, molecular o plexiforme contiene pocas neuronas y muchas fibras amielínicas; el medio de neuronas piriformes o células de Purkinje que son células de gran tamaño, en forma de pera y dispuestas en una sola hilera; y el interno o granuloso que contiene numerosas neuronas pequeñas.

En la corteza del cerebelo también se encuentran fibras nerviosas que se pueden clasificar en aferentes, eferentes y de asociación. Las fibras nerviosas aferentes proceden de otras partes del sistema nervioso central (tronco encefálico y médula espinal), que penetran en el cerebelo por los pedúnculos

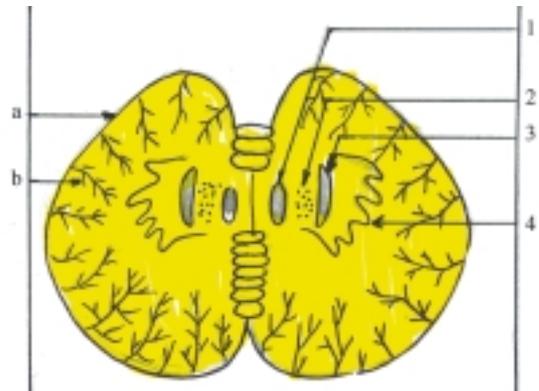


Fig. 51.2. Estructura del cerebelo corte horizontal. 1. núcleo del techo o fastigio, 2. núcleo globoso, 3. núcleo emboliforme, 4. núcleo dentado, a) corteza del cerebelo (sustancia gris), b) cuerpo medular (sustancia blanca).

cerebelosos y al llegar a la corteza forman 2 tipos de fibras terminales, las fibras trepadoras que atraviesan el estrato granuloso y hacen sinapsis directas con las neuronas del estrato medio (células de Purkinje) y las fibras musgosas que terminan en el estrato granuloso y mediante las neuronas de este estrato, hacen conexión indirecta con las células de Purkinje. Las fibras nerviosas eferentes están constituidas por los axones de las neuronas piriformes o células de Purkinje del estrato medio, que se dirigen hacia los núcleos cerebelosos, aunque algunas de estas fibras pueden abandonar el cerebelo sin hacer escala en estos. Las fibras nerviosas de asociación son menos numerosas y tienen la función de conectar distintas partes del cerebelo entre sí.

Las fibras nerviosas aferentes y eferentes que conectan el cerebelo con otras estructuras del sistema nervioso central, se agrupan en distintos fascículos o tractos nerviosos que pasan por los pedúnculos cerebelosos, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Por los pedúnculos cerebelosos inferiores pasan fibras nerviosas aferentes que forman el tracto espinocerebeloso posterior procedente de la médula espinal relacionado con la vía propioceptiva inconsciente, las fibras arqueadas externas procedentes de los núcleos grácil y cuneiforme de la médula oblongada relacionadas con la vía propioceptiva consciente, el tracto olivocerebeloso procedente de los núcleos olivares de la médula oblongada y el tracto vestibulocerebeloso procedente de los núcleos vestibulares del VIII par de nervios craneales relacionados con la vía vestibular o del equilibrio. Además pasan fibras nerviosas eferentes cerebelovestibulares relacionadas con la función de mantener el equilibrio.

- Por los pedúnculos cerebelosos medios pasan fibras nerviosas aferentes pontocerebelosas que constituyen la continuación del sistema corticopontocerebeloso, mediante el cual la corteza cerebral subordina las funciones del cerebelo.
- Por los pedúnculos cerebelosos superiores pasan fibras nerviosas aferentes que forman el tracto espinocerebeloso anterior, procedente de la médula espinal relacionado con la vía propioceptiva inconsciente. Además pasan fibras nerviosas eferentes que forman el tracto cerebelotegmental que termina en el núcleo rojo de los pedúnculos cerebrales y el tálamo del diencefalo por donde envía impulsos al sistema extrapiramidal.

Como ya se explicó (en la filogenia del rombencéfalo), el cerebelo se desarrolla por la influencia de los receptores vestibulares (del equilibrio) y alcanza su máximo desarrollo en el humano por su posición bípeda, en la que resulta de gran importancia la función del equilibrio; eso demuestra que el desarrollo de un órgano depende de su actividad funcional. En las distintas etapas del proceso de cefalización que ocurre durante la filogenia y la ontogenia del humano aparecen 3 partes en el cerebelo, denominadas arquicerebelo, paleocerebelo y neocerebelo, que se corresponden con las divisiones clásicas y periféricas de este órgano, las cuales están vinculadas con los núcleos cerebelosos centrales y conectadas con otras regiones del sistema nervioso central. Esta división del cerebelo tiene una concepción morfofuncional, aunque no existe una base morfológica que permita establecer un límite preciso de separación entre sus partes:

- El arquicerebelo se desarrolla en la primera etapa de la cefalización (peces inferiores), representa la parte más antigua del cerebelo, que está constituida principalmente por el lóbulo floculonodular y los núcleos fastigio o del techo, relacionados con el sistema vestibular, y también se les conoce como porción vestibular que interviene en las funciones del equilibrio.
- El paleocerebelo surge en la segunda etapa de la cefalización (peces superiores), representa la parte más antigua del cerebelo humano, que está formado principalmente por el vermis, o más en específico por el lóbulo anterior y los núcleos globosos y emboliformes relacionados con la médula espinal, por eso también se le denomina porción vertebral que participa en la postura y posición erecta del tronco.
- El neocerebelo aparece en la tercera etapa de cefalización (animales terrestres), representa la parte más nueva del cerebelo, compuesta sobre todo por los hemisferios cerebelosos o más en específico por

el lóbulo posterior y los núcleos dentados, relacionados con la corteza cerebral, que participa en la coordinación de los movimientos, especialmente de los miembros.

Diencefalo: talamoencefalo

El diencefalo o cerebro intermedio deriva de la porción caudal del prosencefalo. Está compuesto por un conjunto de estructuras suprasegmentarias situadas por arriba del tronco encefálico, específicamente por encima del mesencefalo y cubierta por los hemisferios cerebrales, que limitan la cavidad del III ventrículo y en el que se distinguen 2 partes: el talamoencefalo y el hipotálamo.

El talamoencefalo es la parte dorsal del diencefalo, filogenéticamente más joven, que constituye el centro subcortical de las vías aferentes o sensitivas y consta de 3 partes: tálamo, metatálamo y epitálamo.

El tálamo (tálamo dorsal o tálamo óptico) es una estructura suprasegmentaria, íntimamente relacionada con la corteza cerebral, que constituye un centro subcortical de gran importancia porque actúa como estación de relevo de las vías de conducción nerviosa aferentes o sensitivas, donde se realiza la integración de los distintos tipos de sensibilidad, le proporciona un matiz afectivo (agradable o desagradable) y activa rápidamente las células de la corteza cerebral. Además, está vinculada a la vía motora extrapiramidal y el hipotálamo, con los cuales interviene en la regulación de los movimientos somáticos y viscerales involuntarios.

El tálamo está constituido por un par de masas de sustancia gris, que están situadas a ambos lados del III ventrículo, pero en la parte media se unen por una banda de sustancia gris llamada adhesión intertalámica (comisura gris). Cada tálamo tiene una forma ovoidea en el que se describen 2 extremidades (anterior y posterior) y 4 caras (medial, lateral, superior e inferior). La extremidad anterior denominada tubérculo anterior es delgada y forma el borde posterior del agujero interventricular (de Monro), comunicación entre el III ventrículo y los ventrículos laterales. La extremidad posterior nombrada pulvinar es gruesa y limita lateralmente, a la lámina del techo mesencefálico donde se encuentran los colículos superiores e inferiores. La cara medial forma parte de la pared lateral del III ventrículo, por encima del surco hipotalámico. La cara lateral se relaciona con la cápsula interna, que es una franja de sustancia blanca que lo separa del núcleo lenticular (cuerpo estriado del telencefalo). La cara superior forma parte de la pared inferior de la porción central del ventrículo lateral y su borde lateral se relaciona con el núcleo caudado (cuerpo estriado del

telencéfalo). La cara inferior se relaciona hacia delante con el hipotálamo y hacia atrás, al nivel del pulvinar, con el metatálamo constituido por los cuerpos geniculados medial y lateral (figs. 51.3 y 51.4).

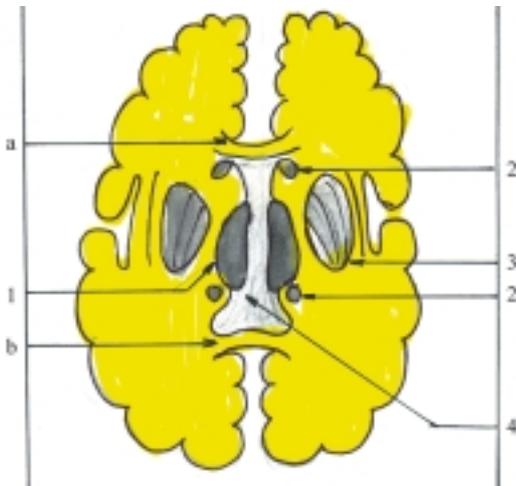


Fig. 51.3. Tálamo corte horizontal del cerebro. 1. tálamo, 2. núcleo caudado, 3. núcleo lentiforme, 4. III ventrículo, a) extremidad anterior o rodilla del cuerpo calloso, b) extremidad posterior o esplenio del cuerpo calloso.

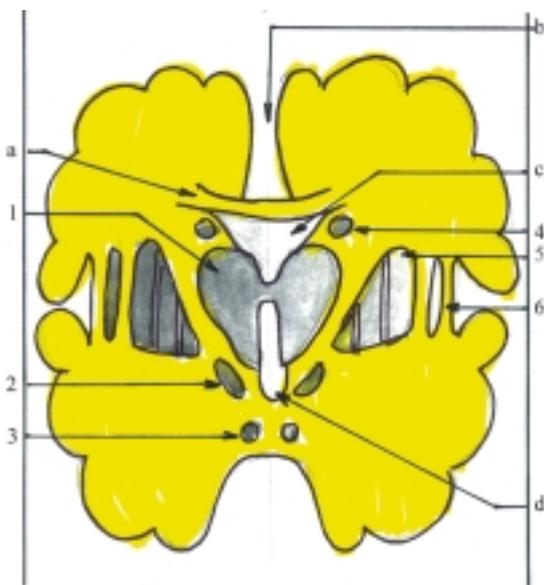


Fig. 51.4. Tálamo corte frontal del cerebro. 1. tálamo, 2. núcleo subtalámico, 3. núcleo del cuerpo mamilar, 4. núcleo caudado, 5. núcleo lentiforme, 6. claustrum, a) cuerpo calloso, b) fisura longitudinal superior, c) ventrículo lateral, d) III ventrículo.

La estructura del tálamo se caracteriza porque está formado por una masa voluminosa de sustancia gris y 2 láminas de sustancia blanca (láminas medulares

externa e interna). La lámina medular externa cubre su cara lateral y la lámina medular interna atraviesa su espesor. Estas láminas dividen el tálamo en varios grupos de núcleos que según su posición se nombran anteriores, medianos, mediales, intralaminares, ventrolaterales, posteriores y reticulares. Estos últimos están situados en las caras lateral e inferior del tálamo, por fuera de la lámina medular externa.

Los núcleos del tálamo se pueden clasificar desde el punto de vista morfofuncional, teniendo en cuenta la conexión de sus fibras en específicos, no específicos o difusos y de asociación:

- Los núcleos anteriores son específicos y están relacionados con reflejos olfatorios y además con mecanismos viscerales y de las emociones.
- Los núcleos medianos, mediales e intralaminares son predominantemente difusos y están relacionados con las actividades viscerales.
- Los núcleos ventrolaterales algunos son de asociación (núcleos laterales) y otros son específicos (núcleos ventrales). Entre estos últimos se destacan los ventrales anteriores y los ventrales laterales relacionados con la regulación motora del sistema extrapiramidal, los ventrales posterolaterales relacionados con la sensibilidad de la mayor parte del cuerpo y los ventrales posteromediales relacionados con la sensibilidad de la cara y el sentido del gusto.
- Los núcleos posteriores están representados por el pulvinar que es un núcleo de asociación de gran tamaño e importancia, porque establece conexiones con los núcleos de los cuerpos geniculados lateral y medial del metatálamo, relacionados con las vías óptica y auditiva, respectivamente.
- Los núcleos reticulares son difusos, están relacionados con los estados del sueño y de vigilia.

El metatálamo está compuesto por los cuerpos geniculados mediales y laterales (fig. 51.5), que son 2 pares de eminencias pequeñas, situadas de cada lado por debajo del pulvinar o extremidad posterior del tálamo, las cuales están unidas a los colículos inferior y superior del techo mesencefálico mediante los brazos de estos colículos. Estas estructuras constituyen centros subcorticales de la audición y la visión, que actúan como estaciones de relevos de estas vías nerviosas. Los colículos inferiores se unen a los cuerpos geniculados mediales y forman los centros subcorticales de la audición y los colículos superiores se unen a los cuerpos geniculados laterales y constituyen los centros subcorticales de la visión. Los núcleos que se encuentran en los cuerpos geniculados del metatálamo mantienen conexiones con los centros corticales de las vías nerviosas o analizadores correspondientes.

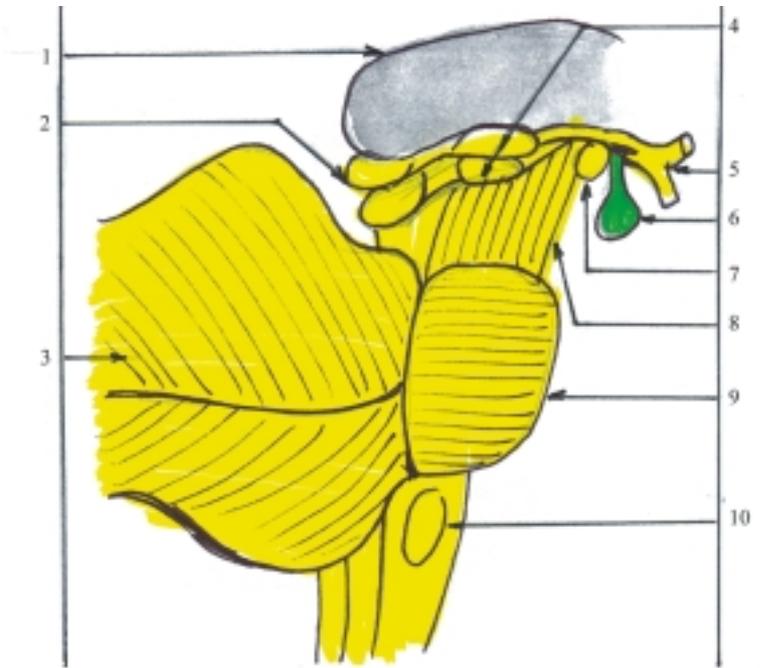


Fig. 51.5. *Metatálamo* (cuerpos geniculados) vista lateral derecha. 1. tálamo, 2. colículos superior e inferior, 3. cerebro, 4. cuerpos geniculados lateral y medial, 5. quiasma óptico, 6. hipófisis, 7. cuerpo mamilario, 8. pedúnculo cerebral, 9. puente, 10. médula oblongada.

El epitálamo está constituido por una serie de estructuras poco desarrolladas en el humano, que se encuentran entre las extremidades posteriores o pulvinares de ambos tálamos, por arriba del techo mesencefálico y forman parte de la pared posterosuperior del III ventrículo. Entre las estructuras que componen el epitálamo se destaca el cuerpo pineal (epífisis cerebral), considerada como una glándula endocrina capaz de sintetizar la hormona melatonina que influye en la pigmentación e inhibe el funcionamiento de las gónadas. Esta estructura tiene una forma oval, comparada a una piña pequeña, del tamaño de un guisante, que es más grande en la infancia y en las mujeres e involuciona antes de la madurez sexual. El cuerpo pineal se localiza en el plano medio, entre los pulvinares de ambos tálamos a los cuales se une y queda suspendido sobre el surco que separa a los colículos superiores (del techo mesencefálico). Por delante del cuerpo pineal se encuentran las habénulas (pedúnculos anteriores del cuerpo pineal), constituidas por un par de cordones blancos que tienen el aspecto de riendas que se unen al inicio donde forman un pliegue transversal llamado comisura habenular y se extienden hacia delante, luego continúan con las eestrias medulares que se adhieren al borde superomedial del tálamo de cada lado. Lateralmente a las habénulas se encuentran los triángulos habenulares que contienen núcleos relacionados con las vías olfatorias (fig. 51.6).

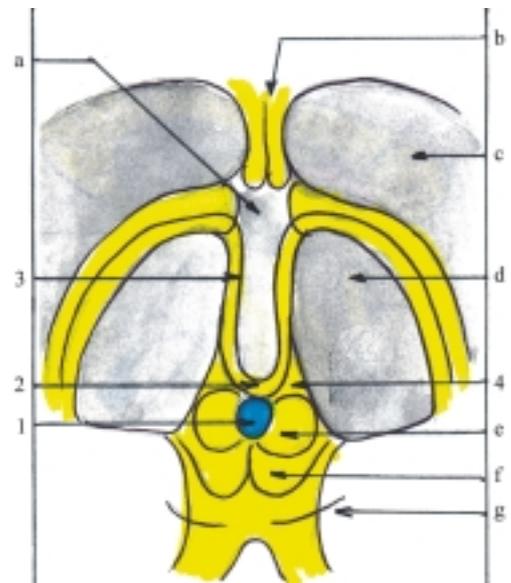


Fig. 51.6. *Epitálamo* vista posterior. 1. cuerpo pineal o epífisis cerebral, 2. comisura habenular, 3. habénula, 4. triángulo habenular, a) III ventrículo, b) fórnix, c) núcleo caudado, d) tálamo, e) colículo superior, f) colículo inferior, g) nervio troclear.

Diencefalo: hipotálamo

El hipotálamo (tálamo ventral) es la parte ventral del diencefalo, filogenéticamente más antigua, que tiene

funciones muy variadas y complejas, y constituye el más importante centro suprasegmentario de integración de las funciones vegetativas. Está íntimamente relacionado con el sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino e interviene en la regulación de numerosas actividades viscerales y procesos metabólicos. También participa en la regulación del sistema cardiovascular y en el mantenimiento de la temperatura corporal. Además ejerce su influencia en la conducta emocional del individuo y en los estados de vigilia y de sueño.

El hipotálamo está compuesto por varias estructuras situadas por debajo del tálamo y conforma el suelo y la parte inferior de las paredes laterales del III ventrículo, por debajo del surco hipotalámico. Algunas formaciones relacionadas con el hipotálamo se pueden observar en la cara inferior del cerebro, entre los pedúnculos cerebrales (fosa interpeduncular) y se destacan de delante hacia atrás el quiasma óptico, el tubérculo ceniciento y los cuerpos mamilares (fig. 51.7). El quiasma óptico tiene la forma de una lámina cuadrangular que representa la decusación incompleta de los nervios ópticos, los cuales se extienden hacia delante. El quiasma óptico se continúa hacia atrás con los tractos ópticos que rodean a los pedúnculos cerebrales y se dirigen hacia los cuerpos geniculados laterales del metatálamo que forman parte de los centros subcorticales de la visión. El tubérculo ceniciento es una prominencia pequeña redondeada que representa un saliente hueco de la pared inferior del III ventrículo, el cual se continúa hacia abajo por una prolongación tubular llamada infundíbulo, que termina en el lóbulo posterior de la hipófisis (neurohipófisis), donde se almacenan las hormonas elaboradas por el hipotálamo (oxitocina y vasopresina). Los cuerpos mamilares son 2 prominencias pequeñas redondeadas que se relacionan por detrás con la sustancia perforada interpeduncular (posterior) y actúan como centros subcorticales olfatorios.

En el hipotálamo se incluyen el área preóptica y la región subtalámica. El área preóptica está formada por una delgada lámina de sustancia gris llamada lámina terminal que se origina embriológicamente del telencéfalo y se extiende hacia arriba desde el borde anterior del quiasma óptico hasta la comisura anterior, que constituye la parte inferior de la pared anterior del III ventrículo y contiene núcleos relacionados con la termorregulación del organismo. La región subtalámica es una pequeña porción de sustancia gris atravesada por fibras nerviosas que se encuentran en la parte posterolateral del hipotálamo, y representa una zona de transición entre la región dorsal de los pedúnculos cerebrales y el diencéfalo, que contiene núcleos pertenecientes del sistema motor extrapiramidal (núcleo subtalámico o cuerpo de Luys y la zona incierta),

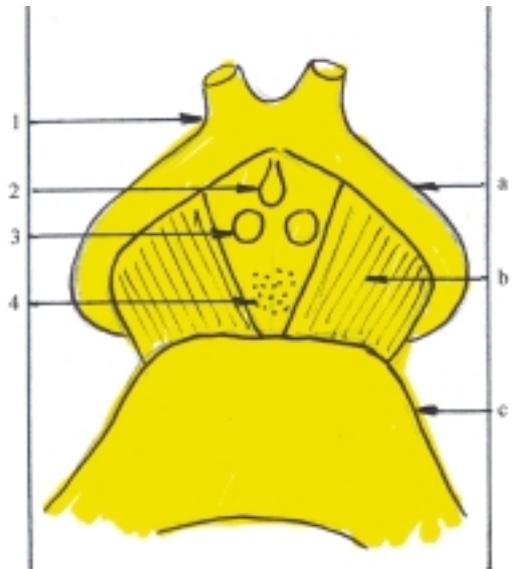


Fig. 51.7. Hipotálamo vista inferior. 1. quiasma óptico, 2. tubérculo ceniciento, 3. cuerpos mamilares, 4. sustancia perforada posterior, a) tracto óptico, b) pedúnculo cerebral, c) puente.

relacionados con el núcleo rojo y sustancia negra de los pedúnculos cerebrales.

La estructura del hipotálamo está compuesta por numerosas agrupaciones de cuerpos neurocelulares o núcleos que se distribuyen en 3 regiones, localizadas al nivel de las formaciones relacionadas con el hipotálamo ya mencionadas (quiasma óptico, tubérculo ceniciento y cuerpos mamilares) y que se denominan: anterior o supraóptica, intermedia o tuberal y posterior o mamilar (fig. 51.8).

En general se plantea que las regiones anterior y medial del hipotálamo están relacionadas con el sistema nervioso parasimpático, y son sensibles a los estados de hipertermia, producen descenso de la temperatura corporal mediante diversos mecanismos como la vasodilatación cutánea y la sudación; mientras que las regiones posterior y lateral están relacionadas con el sistema simpático, y son sensibles a los estados de hipotermia, producen aumento de la temperatura corporal mediante diversos mecanismos como la vasoconstricción.

En diversas regiones del hipotálamo existen núcleos cuyas células elaboran sustancias de tipo hormonal (factores liberadores e inhibidores) que son transportadas por vía sanguínea hacia la adenohipófisis (sistema portal hipotalámico-hipofisario), donde controlan la secreción de las hormonas que en esta se producen.

Entre los núcleos del hipotálamo se destacan 2 de la región anterior cuyas células elaboran hormonas específicas, que son transportadas por vía nerviosa

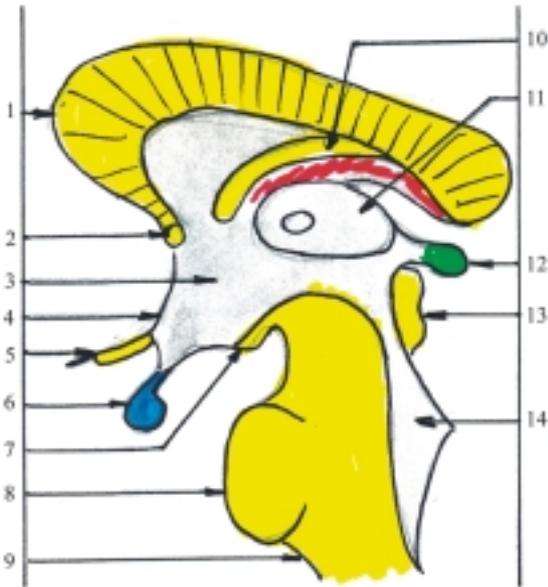


Fig. 51.8. Hipotálamo corte sagital. 1. cuerpo calloso, 2. comisura anterior; 3. III ventrículo en el nivel del hipotálamo, 4. lámina terminal, 5. quiasma óptico, 6. hipófisis, 7. cuerpo mamilar, 8. puente, 9. médula oblongada, 10. fórnix, 11. tálamo, 12. cuerpo pineal, 13. colículos superior e inferior; 14. IV ventrículo.

hacia la neurohipófisis (tracto hipotalámico-hipofisario) donde se almacenan hasta su liberación por vía sanguínea (el núcleo supraóptico secreta la hormona vasopresina y el núcleo paraventricular la hormona oxitocina).

Telencéfalo (hemisferios cerebrales)

El telencéfalo o cerebro terminal es la parte superior y más voluminosa del encéfalo, que deriva de la porción rostral del prosencéfalo. Está compuesto por los hemisferios cerebrales, cuya corteza alcanza un gran desarrollo en el humano. Su función fundamental es la actividad nerviosa superior, que está basada en los reflejos condicionados y su rasgo característico es el lenguaje. En la corteza cerebral radican los centros nerviosos superiores, sensitivos y motores, que procesan la información recibida y elaboran la respuesta ante la situación dada; constituyen una zona amplia en la que se realiza la actividad consciente, el almacenamiento de la información y los procesos más abstractos del pensamiento.

El telencéfalo formado por los hemisferios cerebrales está situado en la cavidad craneal, ocupa la mayor parte de esta y está envuelto por las membranas

meníngicas, mediante las cuales se relaciona por arriba con la cara interna de la calvaria y por abajo se apoya sobre las fosas craneales anterior y media, está separado de la fosa craneal posterior y su contenido, específicamente del cerebelo, por una lámina de la duramadre extendida horizontalmente en ese lugar llamada tienda del cerebelo. El telencéfalo tiene una forma irregular ovoidea, cuyo eje longitudinal se dispone en dirección sagital y su extremidad posterior es más voluminosa.

Los hemisferios cerebrales son 2, derecho e izquierdo, separados en la parte superior mediante la fisura longitudinal superior (interhemisférica), donde se introduce la hoz del cerebro, lámina de la duramadre que se extiende sagitalmente (fig. 51.9). Pero en la profundidad de esta fisura, ambos hemisferios están unidos por el cuerpo calloso, lámina de sustancia blanca formada por fibras nerviosas dispuestas transversalmente y en su parte inferior se encuentran las formaciones componentes del hipotálamo y sus conexiones con el tronco encefálico enmarcados por la fisura transversa del cerebro (de Bichat), que tiene la forma de una herradura cuya concavidad está dirigida hacia delante.

Los hemisferios cerebrales se caracterizan porque conforman en su interior las cavidades de los ventrículos laterales y en la superficie externa presentan numerosos surcos que tienen distintas direcciones y profundidades, los cuales separan una serie de pliegues o giros cerebrales. Estas irregularidades son causadas por el gran desarrollo que adquiere la corteza cerebral, que aumenta considerablemente su superficie sin llegar a aumentar el volumen cerebral, por las limitaciones de la cavidad craneal donde se alojan.

En la superficie externa de cada hemisferio cerebral se describen las porciones siguientes: 3 caras (superolateral, medial e inferior), limitadas por 3 bordes (superior o superomedial, inferior o inferolateral y medial o inferomedial) y 3 polos (frontal, occipital y temporal).

En la cara superolateral de cada hemisferio se distinguen 2 surcos profundos, el lateral y el central (fig. 51.10). El surco lateral (de Silvio) se inicia en la cara inferior, específicamente en la fosa lateral del cerebro, pasa por el borde inferolateral y se extiende por la cara superolateral, hacia atrás y un poco hacia arriba. El surco central (de Rolando) se inicia en el borde superior, en un punto casi equidistante entre los polos frontal y occipital y se extiende por la parte central de la cara superolateral hacia abajo y un poco hacia delante. Además, en el borde superior y cerca del polo occipital se observa una incisura, huella del surco parietooccipital que asciende por la cara medial. Estos surcos delimitan una serie de lóbulos que en su mayoría reciben el nombre de los huesos que componen

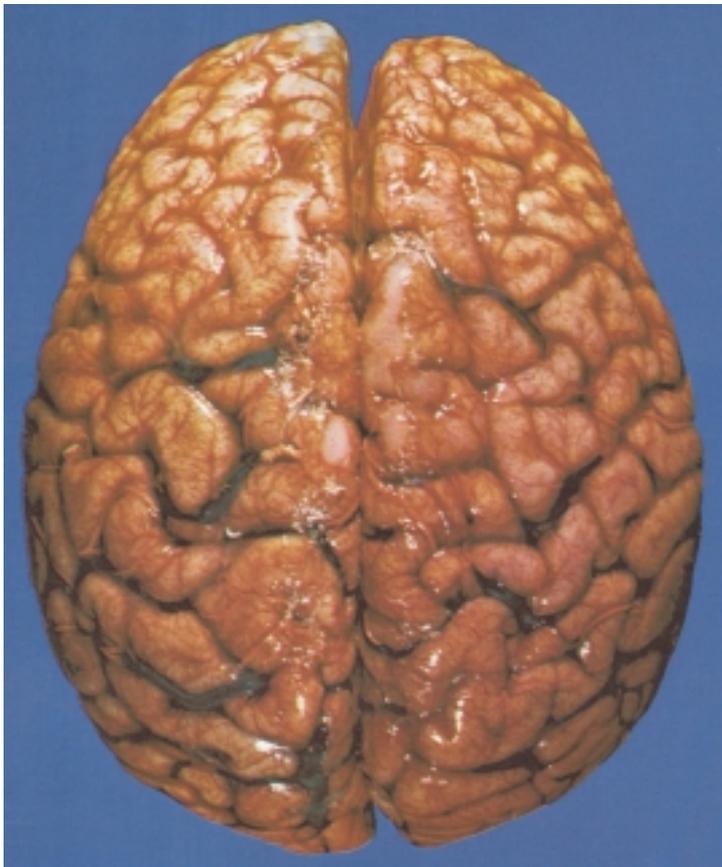


Fig. 51.9. *Hemisferios cerebrales vista superior (fotografía de Yokochi).*

la calvaria, con los cuales se relacionan: frontal, parietal, temporal, occipital y de la ínsula. El lóbulo frontal está situado por delante del surco central y presenta 3 surcos (precentral, frontal superior y frontal inferior) que delimitan 4 giros (precentral, frontal superior, frontal medio y frontal inferior). El lóbulo parietal se encuentra detrás del surco central y tiene 2 surcos (poscentral e intraparietal), que delimitan un giro (poscentral) y 2 lobulillos (parietal superior y parietal inferior; en este último se observan los giros supramarginal y angular que limitan las extremidades posteriores de los surcos lateral y temporal superior, respectivamente). El lóbulo temporal se localiza por debajo del surco lateral y posee 2 surcos (temporal superior y temporal inferior), que delimitan sus 3 giros (temporal superior, temporal medio y temporal inferior). El lóbulo occipital es difícil de precisar, se ubica por detrás de una línea imaginaria desde la incisura que forma el surco parietooccipital en el borde superior hasta la incisura preoccipital, poco definida, del borde inferolateral. En este lóbulo los surcos y giros son inconstantes, y puede observarse el surco occipital transverso que a veces se continúa con el surco intraparietal del lóbulo parietal. El lóbulo de la ínsula se encuentra en la fosa lateral del cerebro, situada en la profundidad del surco lateral, por lo que, para

observarlo es necesario separar los bordes de este surco (opérculos). Este lóbulo tiene una forma triangular con su vértice o limen dirigido hacia delante y abajo y su base está rodeada por el surco circular que lo separa de las estructuras vecinas.

La cara inferior de cada hemisferio está dividida por el inicio del surco lateral o fosa lateral del cerebro en 2 porciones: la anterior u orbitaria que corresponde al lóbulo frontal y la posterior o temporooccipital que corresponde a los lóbulos del mismo nombre, entre los cuales no existe un límite preciso (fig. 51.11). En la porción anterior u orbitaria se distingue el surco olfatorio. Medialmente a este surco se encuentra el giro recto y lateralmente se observan los surcos orbitarios, pequeños e irregulares, que en ocasiones presentan la forma de una letra H y separan los giros orbitarios (anterior, posterior, medial y lateral). En el surco olfatorio se encuentran varias estructuras pertenecientes al sistema olfatorio, las que se denominan en sentido anteroposterior, bulbo, tracto y trígono olfatorio, y terminan en la sustancia perforada anterior. En la porción posterior o temporooccipital se destacan 2 surcos que tienen una dirección sagital, el occipitotemporal en posición lateral y el colateral que es medial y se continúa hacia delante con el surco rinal. Estos surcos delimitan varios giros. El surco

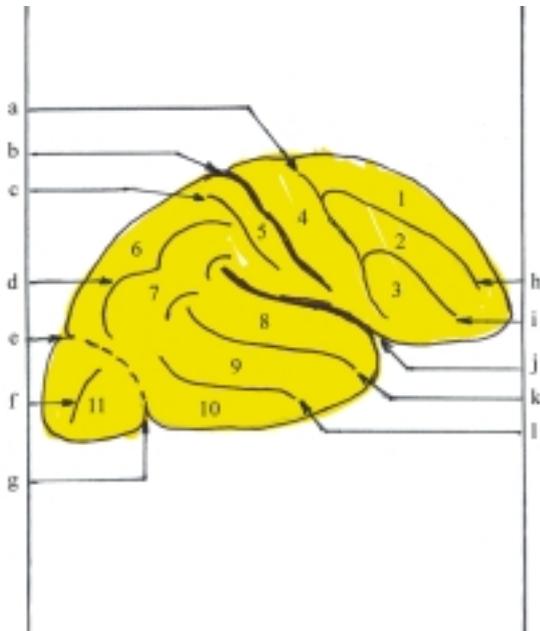


Fig. 51.10. Cara superolateral del hemisferio cerebral derecho. a) surco precentral, b) fisura central o de Rolando, c) surco poscentral, d) surco intraparietal, e) surco parietooccipital (en cara medial), f) surco occipital transverso, g) incisura preoccipital, h) surco frontal superior; i) surco frontal inferior; j) fisura lateral o de Silvio, k) surco temporal superior, l) surco temporal inferior, 1. giro frontal superior, 2. giro frontal medio, 3. giro frontal inferior, 4. giro precentral, 5. giro poscentral, 6. lobulillo parietal superior, 7. lobulillo parietal inferior, 8. giro temporal superior, 9. giro temporal medio, 10. giro temporal inferior, 11. lóbulo occipital.

colateral separa el giro occipitotemporal lateral del giro occipitotemporal medial. Este último se subdivide en 2 partes, la posterior o giro lingual y la anterior o giro parahipocámpico, cuya extremidad anterior o gancho (uncus) se incurva hacia arriba.

La cara medial de cada hemisferio solo se puede observar cuando se separan los hemisferios cerebrales mediante un corte sagital (medio), que pase por la fisura longitudinal del cerebro y seccione al cuerpo caloso. Después de realizado el corte se destaca en el centro de esta cara el cuerpo caloso seccionado, que presenta el aspecto de una banda blanca, incurvada hacia abajo, en el que se describen 3 porciones: la media o tronco, la extremidad posterior o esplenio y la extremidad anterior o rodilla. Esta última se incurva hacia abajo y atrás y se adelgaza progresivamente donde forma el pico o rostro del cuerpo caloso, que se continúa por debajo de la comisura anterior con la lámina terminal (fig. 51.12). En esta cara se distinguen 5 surcos (del cuerpo caloso, del hipocampo, del cíngulo, parietooccipital y calcarino). El surco del cuerpo caloso bordea por delante y arriba el cuerpo caloso y por

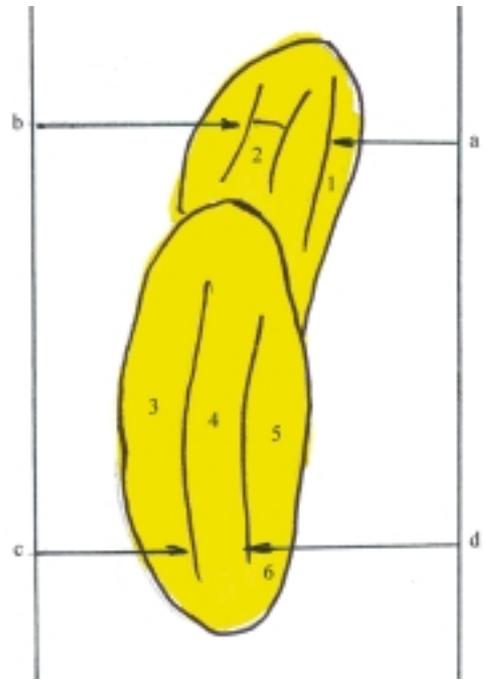


Fig. 51.11. Cara inferior del hemisferio cerebral derecho. a) surco olfatorio, b) surcos orbitales, c) surco occipitotemporal, d) surco colateral, 1. giro recto, 2. giros orbitales, 3. giro temporal inferior, 4. giro occipitotemporal lateral, 5. giro parahipocámpico, 6. giro lingual (estos 2 últimos forman en conjunto el giro occipitotemporal medial).

detrás se continúa hacia abajo con el surco del hipocampo. El surco del cíngulo es paralelo a la parte anterior y superior del cuerpo caloso y su extremidad posterior termina en el borde superior del hemisferio, pero antes emite una prolongación hacia abajo paralela al esplenio del cuerpo caloso llamada surco subparietal. El surco parietooccipital se extiende hacia abajo y delante desde el borde superior del hemisferio. El surco calcarino se extiende hacia delante desde el polo occipital, se une al surco parietooccipital y continúa su trayecto. Estos surcos delimitan los giros del cíngulo y frontal superior y los lobulillos paracentral, precuña y cuña. El giro del cíngulo se encuentra entre los surcos del cuerpo caloso y del cíngulo, y se continúa hacia abajo con el giro parahipocámpico. El giro frontal superior, ya mencionado en la cara superolateral del lóbulo frontal, se extiende por la periferia de la cara medial limitado por el surco del cíngulo y en su parte posterior forma el lobulillo paracentral que representa la cara medial de los extremos superiores de los giros precentral y poscentral, observados en la cara superolateral del hemisferio. La precuña pertenece al lóbulo parietal y la cuña al lóbulo occipital, los cuales están separados por el surco parietooccipital.

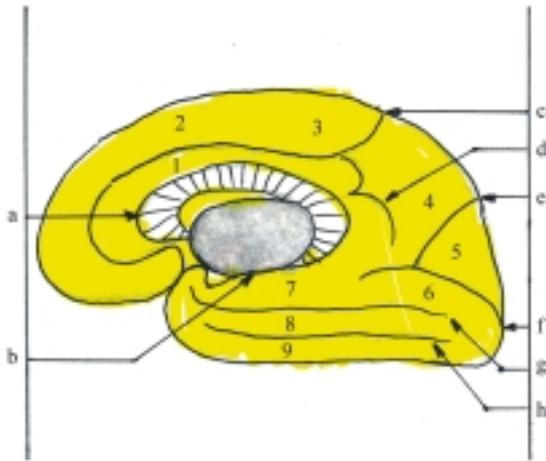


Fig. 51.12. Cara medial del hemisferio cerebral derecho. a) surco del cuerpo calloso, b) surco del hipocampo, c) surco del cíngulo, d) surco subparietal, e) surco parietooccipital, f) surco calcarino, g) surco colateral, h) surco occipitotemporal, 1. giro del cíngulo, 2. giro frontal superior, 3. lobulillo paracentral, 4. precuña, 5. cuña, 6. giro lingual, 7. giro parahipocámpico, 8. giro occipitotemporal lateral, 9. giro temporal inferior.

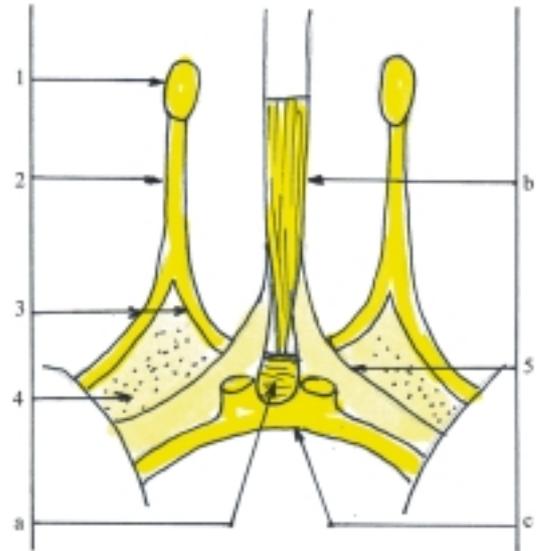


Fig. 51.13. Porción olfatoria de los hemisferios cerebrales. 1. bulbo olfatorio, 2. tracto olfatorio, 3. estrías olfatorias lateral y medial, 4. sustancia perforada anterior, 5. bandeleta diagonal, a) lámina terminal, b) rodilla del cuerpo calloso, c) quiasma óptico.

Rinencéfalo y sistema límbico

El rinencéfalo o cerebro olfatorio, en el sentido estricto de la palabra, comprende las estructuras cerebrales vinculadas con la olfacción, las que filogenéticamente constituyen la parte más antigua del telencéfalo. En los vertebrados inferiores (peces), el rinencéfalo está representado principalmente por los lóbulos olfatorios que forman la mayor parte del cerebro; pero en los vertebrados superiores y en particular en el humano, esta parte queda rezagada en comparación con el gran desarrollo que alcanza la corteza cerebral (neocorteza). En el humano, los lóbulos olfatorios están representados por los bulbos olfatorios que se encuentran en la porción orbitaria de la cara inferior de los hemisferios cerebrales y es donde terminan los filamentos nerviosos olfatorios procedentes de las células olfatorias localizadas en la mucosa olfatoria de la cavidad nasal. A partir del bulbo olfatorio de cada lado, se extiende hacia atrás el tracto olfatorio, que en su extremidad posterior se ensancha y forma el triángulo olfatorio de donde parten las estrías olfatorias lateral y medial, entre las cuales se encuentra la sustancia perforada anterior que está relacionada con otras estructuras olfatorias (bandeleta diagonal, área subcallosa y giro paraterminal) (fig. 51.13). Las estrías

olfatorias medial y lateral se extienden por distintas vías y la mayoría de sus fibras terminan en la corteza del uncus en la extremidad anterior del giro parahipocámpico.

El término de rinencéfalo ha sido utilizado con un criterio más amplio, pues se incluyen en esta denominación diversas zonas del encéfalo que en realidad tienen otras funciones, como las relacionadas con el control visceral y la conducta emocional del individuo. El conjunto de estas estructuras recibe el nombre de sistema límbico (por asociación del llamado lóbulo límbico de Broca), que tiene numerosas conexiones o circuitos, lo que hace pensar la posibilidad de dividir este sistema en varios subsistemas integrados de la vida vegetativa y emocional. En general, el sistema límbico está formado por un anillo de corteza cerebral localizado en las caras medial e inferior de cada hemisferio cerebral, que rodea un grupo de estructuras profundas asociadas y establece conexiones con otras regiones del encéfalo. Las estructuras más destacadas que forman o están relacionadas con el sistema límbico son las siguientes (fig. 51.14):

- El rinencéfalo propiamente dicho formado por las estructuras olfatorias primarias (ver vías olfatorias).
- El llamado lóbulo límbico que forma el anillo de corteza cerebral constituido por el giro del cíngulo, istmo del giro del cíngulo y giro parahipocámpico

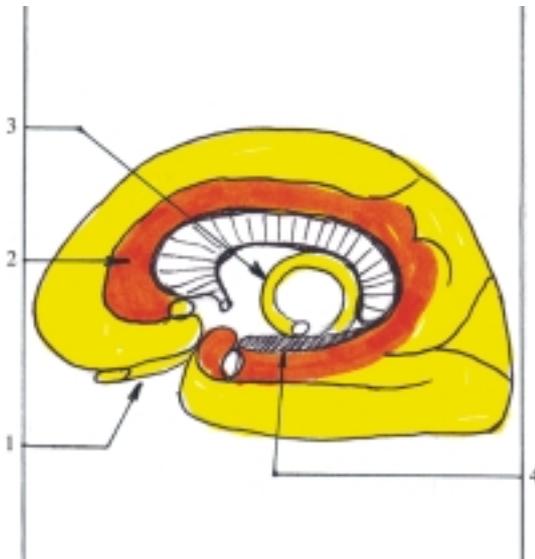


Fig. 51.14. Sistema límbico. 1. porción olfatoria, 2. lóbulo límbico (giro del cíngulo, istmo del giro del cíngulo y giro parahipocámpico), 3. fórnix, 4. formación del hipocampo (hipocampo, giro dentado, indusio gris).

con el uncus (ver caras medial e inferior del hemisferio cerebral).

- La formación del hipocampo compuesta por el hipocampo, el giro dentado y el indusio gris con las estrías longitudinales que conforman un semianillo o arco de corteza cerebral antigua (arquicorteza), extendido por los surcos que limitan internamente al llamado lóbulo límbico. Hacia abajo, el surco del hipocampo forma una prominencia en la pared inferomedial del cuerno temporal o inferior del ventrículo lateral llamada hipocampo (asta de Ammon). Además, este surco separa el giro parahipocámpico del giro dentado y este último se extiende hacia atrás y arriba, y se continúa en el surco del cuerpo calloso con el indusio gris.
- El fórnix o trígono cerebral, compuesto por 2 fascículos de sustancia blanca unidos en el medio y separados en sus extremidades, que forma en general un arco de concavidad inferior situado debajo del cuerpo calloso y se extiende en dirección sagital desde el hipocampo hasta los cuerpos mamilares del hipotálamo. En el fórnix se distinguen 3 porciones: en el medio el cuerpo, hacia delante las columnas y hacia atrás los pilares (crura fornicis). El cuerpo del fórnix se encuentra sobre la tela coroidea del techo del III ventrículo y se une por arriba con el cuerpo calloso mediante el septo pelúcido. Las columnas del fórnix se extienden hacia abajo, pasan por detrás de la comisura anterior y bordean la extremidad anterior del tálamo con el cual limita el agujero interventricular que comunica el III ventrículo con los ventrículos laterales; luego atraviesa el hipotálamo y termina en los cuerpos

mamilares. Los pilares del fórnix se extienden hacia abajo, bordean la extremidad posterior del tálamo y se continúan con las fimbrias del hipocampo situadas entre el giro dentado y el hipocampo. Además, entre ambos pilares se extiende la comisura del fórnix.

- Núcleos basales de los hemisferios cerebrales (cuerpo amigdalino).
- Núcleos de otras porciones del encéfalo. Del diencefalo (tálamo e hipotálamo) y del tronco encefálico (formación reticular).

Estructura de los hemisferios cerebrales

La estructura de los hemisferios cerebrales está constituida por las sustancias gris y blanca. La sustancia gris está compuesta por las acumulaciones de los cuerpos neurocelulares que se disponen en la periferia donde se forma la corteza cerebral (manto o palio) y en el centro donde forman los núcleos basales. La sustancia blanca está compuesta por las fibras nerviosas que se disponen en el centro, entre las estructuras formadas por la sustancia gris (corteza cerebral y núcleos basales), y constituyen las vías de conducción nerviosa que tienen distintas direcciones y conectan diferentes zonas de los hemisferios cerebrales y a estos con otras porciones del sistema nervioso central.

La corteza cerebral está compuesta fundamentalmente por los cuerpos neurocelulares que se disponen formando varias láminas superpuestas y que en conjunto constituyen un manto de sustancia gris o palio de unos 3 mm de espesor, situado en la periferia de los hemisferios cerebrales. Las células de la corteza cerebral son muy numerosas y variadas en su forma, tamaño y disposición en las láminas. Se distinguen 3 tipos: las piramidales, las estrelladas o granulosas y las fusiformes. En general, la corteza cerebral está formada por 6 láminas, ordenadas de la superficie a la profundidad de la forma siguiente (fig. 51.15):

- I. Lámina molecular o plexiforme con predominio de fibras nerviosas y algunas células granulosas.
- II. Lámina granulosa externa con predominio de células granulosas y algunas células piramidales pequeñas.
- III. Lámina piramidal externa con predominio de células piramidales medianas y algunas células granulosas.
- IV. Lámina granulosa interna parecida a la II lámina.
- V. Lámina piramidal interna o ganglionar con predominio de células piramidales medianas y grandes (de Betz).
- VI. Lámina multiforme con predominio de células fusiformes y de distintas formas.

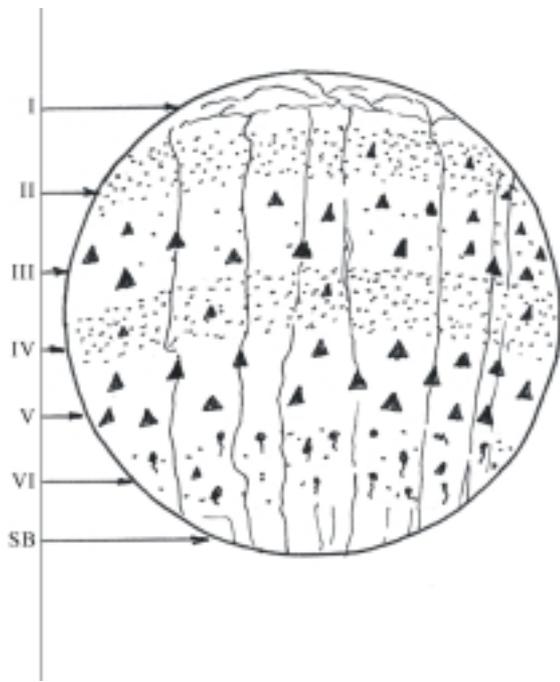


Fig. 51.15. Estructura de la corteza cerebral. I. lámina molecular o plexiforme, II. lámina granulosa externa, III. lámina piramidal externa, IV. lámina granulosa interna, V. lámina piramidal interna o ganglionar, VI. lámina multiplaxiforme, SB. sustancia blanca.

La organización laminar antes mencionada se encuentra en la mayor parte de la corteza cerebral (neocorteza), aunque presenta variaciones en distintas regiones en cuanto a su grosor, las características de sus láminas y el predominio de determinado tipo de células, de acuerdo con las funciones que realiza. Por ejemplo, en la corteza sensitiva predominan las células granulosas y en la corteza motora predominan las células piramidales y fusiformes. Las láminas superficiales (I y II) están relacionadas principalmente con las vías de asociación, las láminas intermedias (III y IV) con las vías aferentes y las láminas más profundas (V y VI) con las vías eferentes. En la corteza más antigua correspondiente a la formación del hipocampo (arquicorteza), el número de láminas es menor.

Los núcleos basales, centrales o subcorticales, son 3 en cada hemisferio: el cuerpo estriado, el claustró y el cuerpo amigdalino (figs. 51.16 y 51.17). El cuerpo estriado representa la parte principal del sistema extrapiramidal y además, es el centro superior que regula las funciones vegetativas, de la termorregulación y del metabolismo de los glúcidos, que predomina sobre los centros vegetativos similares del hipotálamo. El cuerpo estriado está dividido en 2 núcleos, el caudado y el lentiforme. El núcleo caudado ocupa una posición medial, colindante con el tálamo y tiene una forma

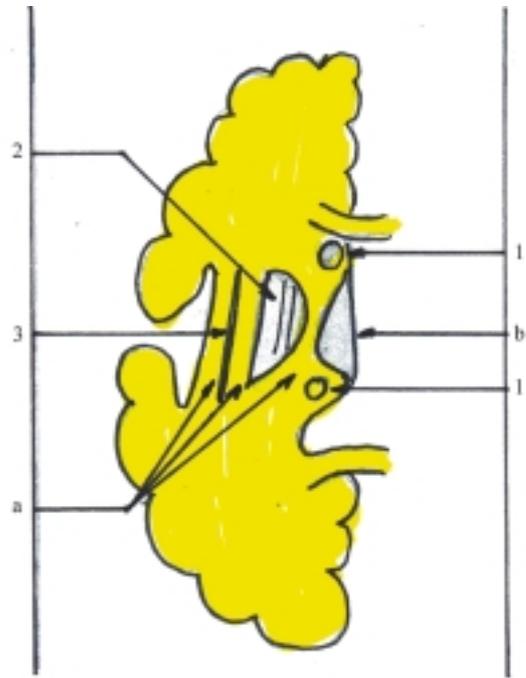


Fig. 51.16. Núcleos basales del cerebro corte horizontal del hemisferio cerebral derecho. 1. núcleo caudado, 2. núcleo lentiforme (putamen y núcleos pálidos), 3. claustró, a) cápsulas extrema, externa e interna, b) tálamo.

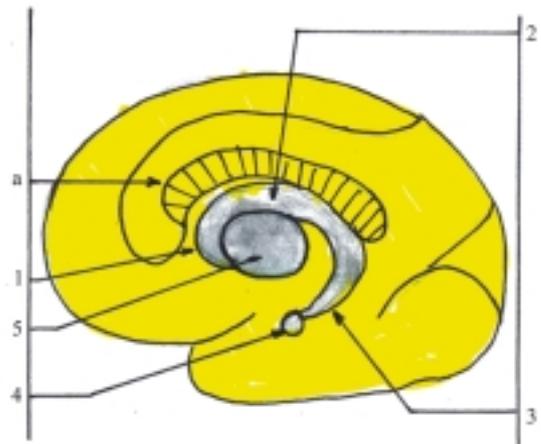


Fig. 51.17. Núcleos basales del cerebro proyección en hemisferio cerebral. 1. cabeza del núcleo caudado, 2. cuerpo del núcleo caudado, 3. cola del núcleo caudado, 4. cuerpo amigdalino, 5. putamen, a) cuerpo calloso.

parecida a una coma, en la que se distinguen 3 porciones (cabeza, cuerpo y cola). La cabeza está situada hacia delante donde se une con el núcleo lentiforme, el cuerpo se dirige hacia arriba y atrás y la

cola se incurva hacia abajo y adelante hasta terminar en el cuerpo amigdalino. El núcleo lentiforme ocupa una posición lateral, tiene la forma de una lente biconvexa y en un corte horizontal presenta una forma triangular, con su base lateral y su vértice medial. Este núcleo se subdivide en 3 partes por las láminas medulares, lateral y medial, denominadas en sentido lateromedial, putamen, globo pálido lateral y globo pálido medial. Filogenéticamente el globo pálido es una estructura más vieja (paleoestriado) que está relacionada con el tálamo, centro subcortical sensitivo, mientras que el putamen y el núcleo caudado son estructuras más nuevas (neostriado) y constituyen la parte principal del cuerpo estriado. El claustró o antemuro es una lámina delgada que ocupa una posición más lateral, entre el putamen y la corteza del lóbulo de la ínsula. El cuerpo amigdalino es un centro subcortical relacionado con las vías olfatorias, situado cerca del polo temporal donde termina la cola del núcleo caudado.

Las fibras nerviosas que forman la sustancia blanca se clasifican en 3 tipos, de acuerdo con su destino o estructuras que unen, las que se denominan: de asociación, comisurales y de proyección.

Las fibras de asociación relacionan diferentes zonas de la corteza de un mismo hemisferio cerebral y pueden dividirse en cortas y largas. Las fibras de asociación cortas o arqueadas conectan entre sí los giros adyacentes. Las fibras de asociación largas unen porciones de la corteza más alejadas unas de otras, entre los lóbulos (ejemplos; el fascículo longitudinal superior relaciona las cortezas frontal y occipital, el fascículo longitudinal inferior relaciona las cortezas temporal y occipital y el fascículo unciforme relaciona las cortezas temporal y frontal orbitaria).

Las fibras comisurales relacionan zonas simétricas de ambos hemisferios. Se distinguen 3 grupos de fibras (cuerpo calloso, comisura anterior y comisura del fórnix). El cuerpo calloso relaciona la neocorteza de ambos hemisferios. La comisura anterior relaciona las regiones olfatorias (porciones orbitarias de los lóbulos frontales y los giros parahipocámpicos de los lóbulos temporales). La comisura del fórnix relaciona por detrás las formaciones del hipocampo.

Las fibras de proyección relacionan la corteza cerebral con otras estructuras del sistema nervioso central situadas más abajo (núcleos basales de los hemisferios cerebrales, diencéfalo, cerebelo, tronco encefálico y médula espinal) y se clasifican en aferentes y eferentes. Las fibras de proyección más cercanas a la corteza cerebral forman la corona radiada y las situadas entre los núcleos basales forman las cápsulas interna, externa y extrema. La cápsula interna separa al núcleo lentiforme del núcleo caudado y del tálamo. La

cápsula externa separa el núcleo lentiforme del claustró y la cápsula extrema separa el claustró de la corteza del lóbulo de la ínsula (fig. 51.16).

En los cortes horizontales del cerebro la cápsula interna presenta la forma de un ángulo abierto lateralmente, en el que se describen 3 porciones: el vértice o rodilla y los brazos anterior y posterior. A través de la cápsula interna pasan todas las fibras de proyección de los hemisferios cerebrales, que se ubican en zonas específicas de esta región. Ejemplos: por el brazo anterior pasan fibras aferentes desde los núcleos más anteriores del tálamo y fibras eferentes hacia los núcleos del puente (fibras frontales del tracto corticopontino); por la rodilla pasan fibras eferentes hacia los núcleos motores de los nervios craneales (tracto corticonuclear); por el brazo posterior pasan fibras eferentes hacia los núcleos motores de los nervios espinales (tracto corticoespinal), fibras eferentes hacia los núcleos del puente (fibras parietales, temporales y occipitales del tracto corticopontino) y fibras aferentes desde los núcleos más posteriores del tálamo y de las vías auditiva y óptica.

Localizaciones funcionales en la corteza cerebral

Las localizaciones de las funciones en la corteza cerebral es un tema bastante complejo que ha dado lugar a diversas teorías, algunas de las cuales plantean criterios extremos, como la del “localismo estricto,” que divide a la corteza cerebral en centros nerviosos de límites precisos con funciones específicas, y la del “equipotencialismo” o de la “acción en masa”, que considera a toda la corteza cerebral equivalente en sus funciones, de manera que todas sus partes cooperan en la producción de los fenómenos intelectuales. También existen teorías intermedias o “heterovalentes” basadas en estudios histológicos de los campos citoarquitectónicos corticales y en investigaciones neurofisiológicas y neuropsicológicas, que han demostrado la localización de algunas funciones específicas en ciertas áreas o zonas generales de la corteza cerebral, y han llegado a establecer mapas de dichas áreas funcionales en los que se indican las zonas motoras y sensitivas primarias que tienen funciones muy específicas; mientras que el resto de las zonas llamadas secundarias o de asociación desempeñan funciones más generales que proporcionan un nivel alto de interpretación de las experiencias sensoriales.

Pavlov, basado en estos últimos criterios y en sus investigaciones sobre los reflejos condicionados y el concepto de los analizadores, elaboró su teoría “del núcleo y los elementos difusos” al considerar a la

corteza cerebral como un sistema complejo de analizadores, donde tienen lugar el análisis y la síntesis de las excitaciones, de manera que los núcleos son los centros superiores o corticales de los analizadores, y representan la proyección detallada y precisa de los receptores en la corteza cerebral; mientras que los elementos difusos se encuentran en la periferia de los núcleos o diseminados lejos de estos, y pueden hasta cierto grado compensar la función perdida de los núcleos por lesiones.

Según Pavlov, la actividad de la corteza cerebral comprende 2 sistemas de señales: el primer sistema de señales está relacionado con el análisis y la síntesis de los estímulos recibidos por los analizadores (órganos de los sentidos), que es común en todos los animales y constituye la fase sensorial del cono-cimiento; el segundo sistema de señales está relacionado con el lenguaje, que es una característica específica del humano, surge con el desarrollo social y la actividad laboral, lo capacita en los procesos de abstracción y constituye la fase racional del conocimiento.

Hoy día se considera que la corteza cerebral es una superficie receptora continua, aun en aquellas áreas conocidas como motoras, ya que muy próximas a estas existen áreas sensitivas, por lo que también se denominan áreas sensitivomotoras.

En la corteza cerebral se han descrito numerosas áreas o campos citoarquitectónicos, cuyo número varía según los autores. Por ejemplo, Campbell plantea 20, Brodmann 47, von Encom 109 y otros autores han llegado a describir más de 200. En general y de forma resumida, las áreas corticales más destacadas son las siguientes (fig. 51.18):

- El área cortical primaria de la sensibilidad general, superficial o exteroceptiva (de la piel o cutánea) y profunda o propioceptiva (del aparato locomotor), se localiza al nivel del giro poscentral y su prolongación en el lobulillo paracentral. En el giro poscentral se puede esquematizar la proyección del lado opuesto del cuerpo en posición invertida, o sea, con la cabeza hacia abajo y los pies hacia arriba (homúnculo sensitivo). Además, existen áreas de asociación o secundarias, como la relacionada con el reconocimiento de los objetos mediante el tacto (estereognosis) que se localiza en el lobulillo parietal superior.
- Las áreas corticales primarias de la sensibilidad especial son la olfatoria en la parte anterior del giro parahipocámpico, la gustativa en la parte inferior del giro poscentral, la óptica en las paredes del surco calcarino, la auditiva en la parte media del giro temporal superior y la vestibular o del equilibrio en el lóbulo temporal, cerca del área auditiva.
- Las áreas corticales primarias de la vía motora piramidal (de los movimientos voluntarios) se localizan en el giro precentral y su prolongación en

el lobulillo paracentral. En el giro precentral también se puede esquematizar la proyección del lado opuesto del cuerpo, en posición invertida, con la cabeza hacia abajo y los pies hacia arriba (homúnculo motor). Además, existen áreas de asociación o secundarias por delante y por detrás del área motora primaria que están relacionadas con movimientos coordinados complejos. Por ejemplo, en el área premotora, la parte posterior del giro frontal medio está vinculada con los movimientos combinados de la cabeza y los ojos, mientras que en el lobulillo parietal inferior, el giro supramarginal está vinculado con los movimientos coordinados dirigidos habituales.

- Las áreas corticales relacionadas con la vía motora extrapiramidal (de los movimientos automáticos involuntarios), ocupan un alto sector por delante y por detrás del área motora primaria (piramidal).
- Las áreas corticales del lenguaje son la auditiva del lenguaje oral o hablado en la parte posterior del giro temporal superior o área de Wernicke (capacidad de comprender las palabras), la óptica del lenguaje escrito en el giro angular del lobulillo parietal inferior (capacidad de leer), la motora del lenguaje escrito en la parte posterior del giro frontal medio (capacidad de escribir) y la motora del lenguaje hablado en la parte posterior del giro frontal inferior (capacidad de hablar). En la mayoría de las personas (90 %), el área del lenguaje está más desarrollada en el hemisferio cerebral izquierdo, por lo cual se le denomina hemisferio dominante.

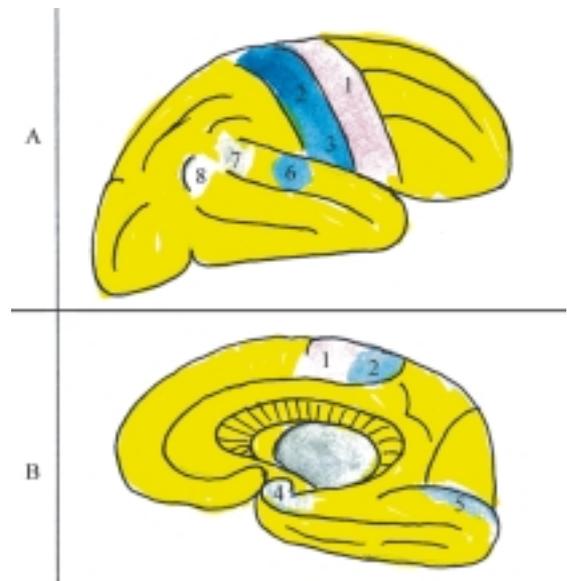


Fig. 51.18. Localizaciones funcionales en la corteza cerebral. A. Cara superolateral, B. Cara medial, 1. área motora, 2. área sensitiva, 3. área gustativa, 4. área olfatoria, 5. área óptica, 6. área auditiva, 7. área auditiva del lenguaje oral (área de Wernicke), 8. área óptica del lenguaje escrito.

52. Sistema ventricular, meninges y vascularización del sistema nervioso central

Sistema ventricular

El sistema ventricular es el conjunto de cavidades que se encuentran en el interior del sistema nervioso central, es decir, del encéfalo y de la médula espinal. Estas cavidades se comunican unas con otras y forman un espacio interno continuo por donde circula el líquido cerebrospinal.

En el interior del telencéfalo, o sea, de los hemisferios cerebrales, se hallan los ventrículos laterales (I y II) que se comunican mediante los agujeros interventriculares (agujero del Monro) con el ventrículo medio (III) situado en el diencéfalo. Este se comunica a través del acueducto cerebral o mesencefálico (acueducto de Silvio) con el IV ventrículo, correspondiente al rombencéfalo, el cual se continúa hacia abajo con el canal central de la médula espinal (conducto ependimario) que se dilata un poco en la región del cono medular y forma el ventrículo terminal (V) (fig. 52.1).

Las paredes de los ventrículos están tapizadas por una membrana epitelial llamada epéndimo y en algunas zonas de estas cavidades donde penetra la membrana meníngea interna o piamadre, se forman la tela coroidea y los plexos coroideos. Estos últimos tienen el aspecto de ovillos vasculares o cuerpos glomerulares revestidos por el epéndimo y segregan el líquido cerebrospinal que se vierte en el interior de los ventrículos.

En el tercer mes de vida intrauterina, los ventrículos constituyen un sistema cavitario cerrado, por lo tanto, se produce una verdadera hidrocefalia interna no comunicante, que tiene 2 funciones importantes en el desarrollo inicial del sistema nervioso central, una mecánica y otra nutricional. La función mecánica favorece el desarrollo de las vesículas telencefálicas y la función nutricional es transicional, hasta contar con un aparato circulatorio más eficiente.

En el cuarto mes de vida intrauterina, el aparato vascular ha penetrado en la sustancia nerviosa que

lleva sangre oxigenada y rica en nutrientes desde la placenta. En esta etapa el IV ventrículo se comunica con las cavidades subaracnoideas mediante las

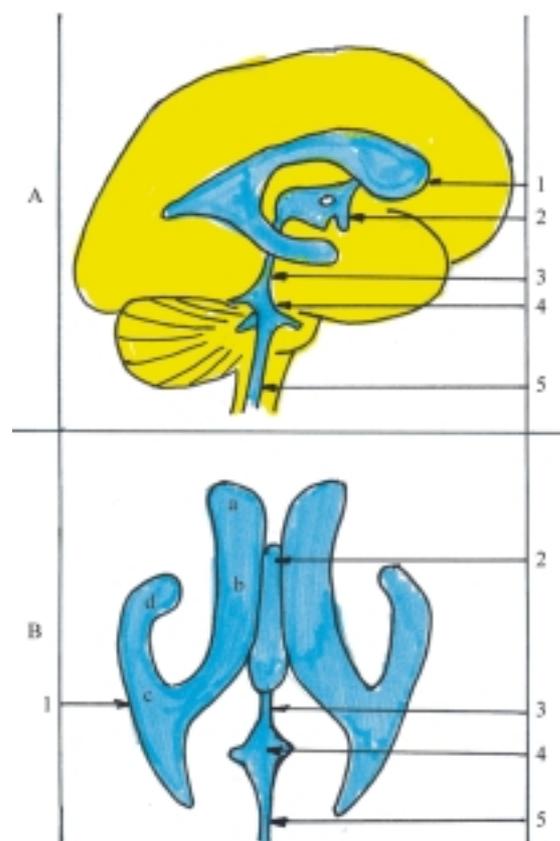


Fig. 52.1. Sistema ventricular del sistema nervioso central. A. Proyección lateral del sistema ventricular, B. Vista superior del sistema ventricular, 1. ventrículo lateral, a) cuerno frontal, b) porción central, c) cuerno occipital, d) cuerno temporal, 2. III ventrículo o ventrículo medio, 3. acueducto mesencefálico, 4) IV ventrículo, 5) canal central de la médula espinal.

aberturas mediana y laterales (agujeros de Magendie y de Luschka, respectivamente), se inicia la circulación del líquido cerebrospinal por la superficie externa del sistema nervioso central.

Para estudiar el sistema ventricular del sistema nervioso central se emplean por lo general 3 métodos:

1. Los cortes del encéfalo y de la médula espinal.
2. El relleno de las cavidades con sustancias solidificables para obtener moldes de estas y complementada con la técnica de corrosión para destruir el tejido nervioso que las rodea.
3. La radiografía (ventriculografía) con sustancias radioopacas (yodadas) y radiotransparentes (aire).

Ventrículos laterales (I y II)

Los ventrículos laterales se encuentran dentro de ambos hemisferios cerebrales, izquierdo y derecho, los cuales se consideran convencionalmente como el I y II ventrículo, respectivamente. Estos ventrículos comunican con el ventrículo medio (III) mediante los agujeros interventriculares (agujeros de Monro) y se disponen por debajo del cuerpo calloso, de tal manera que rodean una parte de la sustancia nerviosa formada por el tálamo y el cuerpo estriado (núcleos caudado y lentiforme).

Cada uno de los ventrículos laterales presenta un cuerpo o porción central correspondiente al lóbulo parietal y 3 prolongaciones o cuernos: el anterior o frontal, el posterior u occipital y el inferior o temporal (fig. 52.1).

El cuerno anterior o frontal se encuentra por delante del agujero interventricular, que se localiza entre la extremidad anterior del tálamo (tubérculo anterior) y la columna del fórnix. En el cuerno anterior se describen 3 paredes (superior, inferolateral y medial). La pared superior está formada por el cuerpo calloso, la inferolateral por la cabeza del núcleo caudado y la medial por el septo pelúcido (fig. 52.2).

La porción central se encuentra en el espesor del lóbulo parietal y se extiende desde el nivel del agujero interventricular hasta la región del esplenio del cuerpo calloso, donde se bifurca en los cuernos posterior e inferior. En la porción central se describen 4 paredes (superior, inferior, lateral y medial). La pared superior está formada por el cuerpo calloso, la inferior por el tálamo, la lateral por el cuerpo del núcleo caudado y la medial por el fórnix (fig. 52.3).

El cuerno posterior u occipital presenta 2 paredes (superolateral e inferomedial). La pared superolateral está compuesta por fibras del cuerpo calloso (tapiz).

En la pared inferomedial se distinguen 2 eminencias pequeñas, una inferior más manifiesta conocida como espolón (calcar avis), que se corresponde con el surco calcarino y otra superior, menor, nombrada bulbo, que se corresponde con el surco parietooccipital (fig. 52.4).

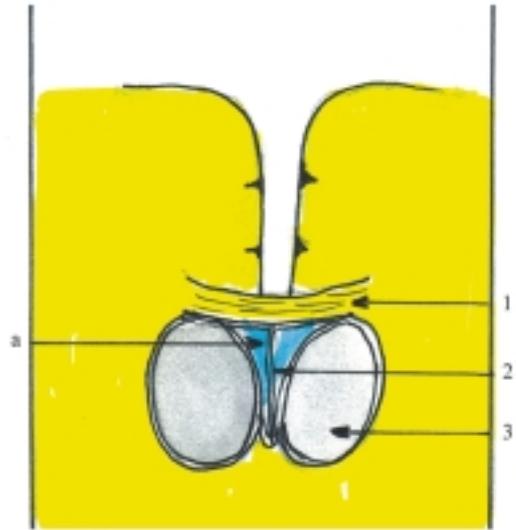


Fig. 52.2. Cuernos frontales de los ventrículos laterales corte frontal. a) cuernos frontales de los ventrículos laterales, 1. cuerpo calloso, 2. septo pelúcido, 3) cabeza del núcleo caudado.

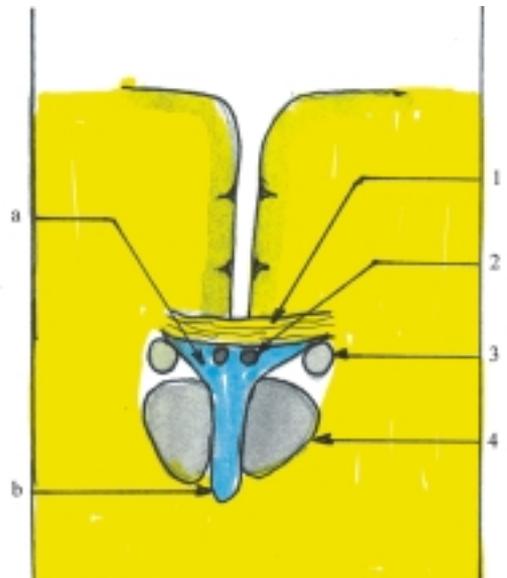


Fig. 52.3. Porción central de los ventrículos laterales corte frontal. a) porción central de los ventrículos laterales, b) III ventrículo, 1. cuerpo calloso, 2. fórnix, 3. cuerpo del núcleo caudado, 4. tálamo.

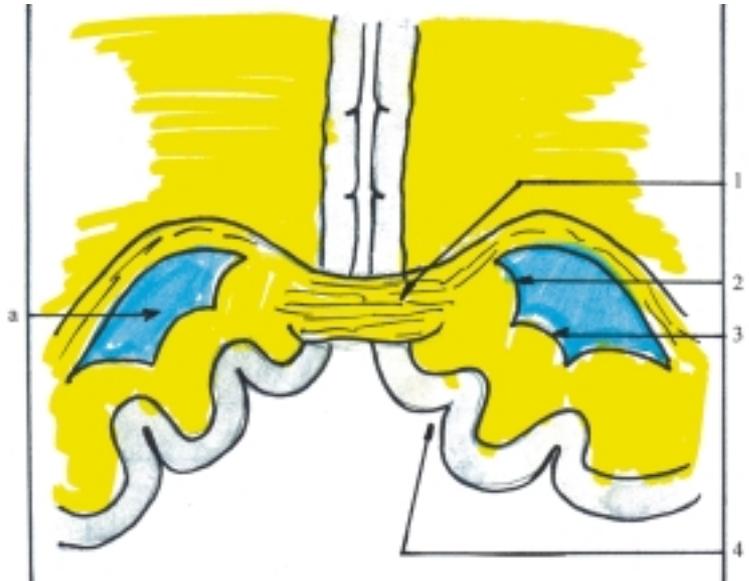


Fig. 52.4. Cuernos occipitales de los ventrículos laterales corte frontal. a) cuernos occipitales de los ventrículos laterales, 1. cuerpo calloso, 2. bulbo, 3. espolón, 4. surco calcarino.

El cuerno inferior o temporal en un corte frontal presenta aspecto de medialuna de concavidad inferomedial, en la que se pueden describir 2 paredes (superolateral e inferomedial). La pared superolateral está formada por la cola del núcleo caudado y una franja de sustancia blanca que la separa del núcleo lentiforme. La pared inferomedial está constituida por el hipocampo (fig. 52.5).

En los ventrículos laterales se localizan los plexos coroideos: en el suelo de la porción central y en el techo del cuerno inferior, sin extenderse a los cuernos anterior y posterior, pero se continúa con el plexo coroideo del III ventrículo a través del agujero interventricular.

Ventrículo medio (III)

El ventrículo medio o III ventrículo se encuentra limitado por estructuras del diencefalo. Este ventrículo se comunica con los ventrículos laterales a través de los agujeros interventriculares y con el IV ventrículo mediante el acueducto mesencefálico o del cerebro.

El III ventrículo está situado en el plano medio y en un corte frontal del encéfalo presenta el aspecto de una fisura vertical, en la que se describen 6 paredes (laterales, anterior, posterior, superior e inferior) (figs 52.5 y 52.6).

Las paredes laterales están formadas fundamentalmente por los tálamos, entre los cuales se extiende la adhesión intertalámica y por debajo de estos se halla el hipotálamo.

La pared anterior está constituida por la comisura anterior del cerebro y por debajo de esta, la lámina terminal que se extiende hasta el quiasma óptico. Por

detrás de la comisura anterior se hallan las columnas del fórnix y más hacia atrás los extremos anteriores de los tálamos. Entre estas 2 últimas estructuras (columnas del fórnix y extremos anteriores de los tálamos) se localiza la comunicación del III ventrículo con los ventrículos laterales.

La pared posterior está compuesta por la comisura posterior del cerebro que tiene por arriba el cuerpo pineal y por debajo el orificio del acueducto mesencefálico.

La pared superior presenta la tela coroidea que contiene los plexos coroideos de este ventrículo y que lo separan del cuerpo del fórnix y del cuerpo calloso.

La pared inferior está formada por estructuras hipotalámicas que se observan en la cara inferior de los hemisferios cerebrales. En el área anterior el quiasma óptico. En el área media el tubérculo cineriento con el infundíbulo (tallo pituitario). En el área posterior los cuerpos mamilares y por detrás de estos, la sustancia perforada posterior que ocupa la fosa interpeduncular limitada posteriormente por el puente y a ambos lados por los pedúnculos cerebrales.

En el III ventrículo se observan 4 recesos: el óptico encima del quiasma óptico, el infundibular en la región del infundíbulo, el pineal al nivel del cuerpo pineal y por arriba de este, el suprapineal.

Cuarto ventrículo (IV)

El IV ventrículo es la cavidad del rombencéfalo, limitado hacia atrás por el cerebelo y hacia delante por el puente y la médula oblongada. Se comunica por arriba con el III ventrículo mediante el acueducto mesencefálico y por debajo se continúa con el canal central de la médula

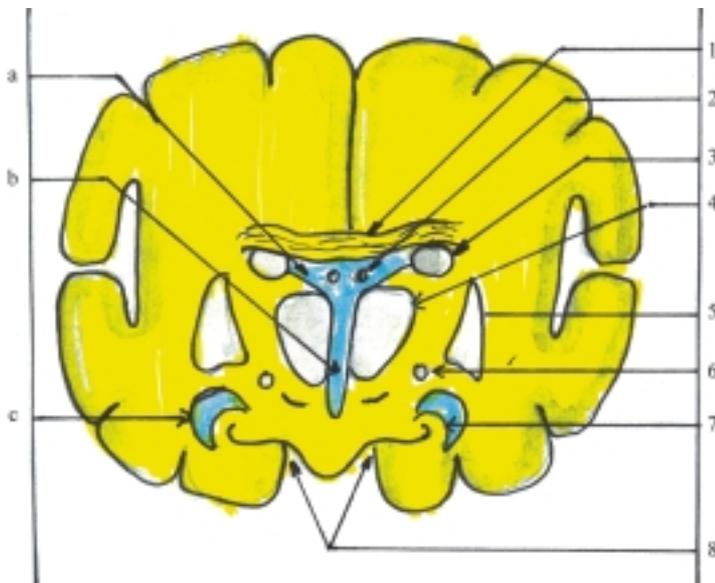


Fig. 52.5. *Ventriculos laterales y III ventriculo corte frontal. a) porción central de los ventriculos laterales, b) III ventriculo, c) cuerno temporal de los ventriculos laterales, 1. cuerpo caloso, 2. fórnix, 3. cuerpo del núcleo caudado, 4. tálamo, 5. núcleo lentiforme, 6. cola del núcleo caudado, 7. hipocampo, 8. surcos del hipocampo.*

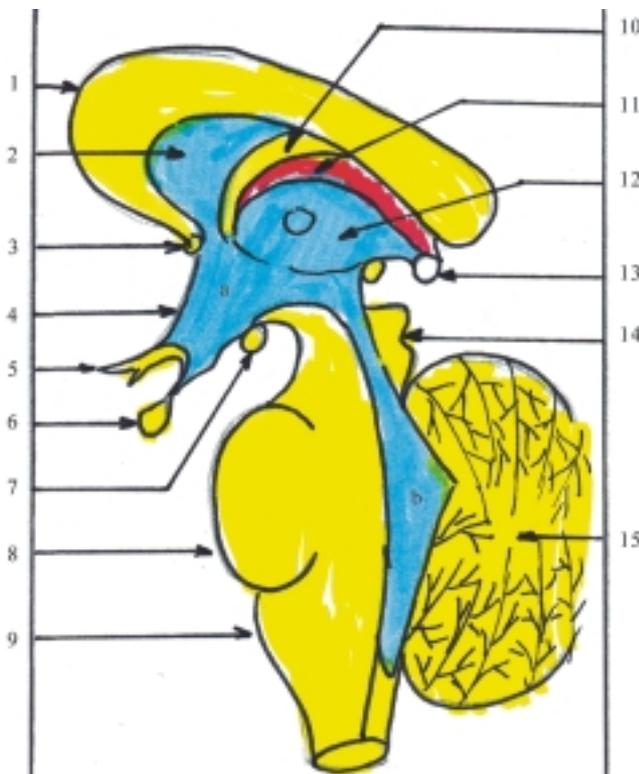


Fig. 52.6. *III y IV ventriculo corte sagital. a) III ventriculo, b) IV ventriculo, 1. cuerpo caloso, 2. septo pelúcido, 3. comisura anterior, 4. lámina terminal, 5. quiasma óptico, 6. hipófisis, 7. cuerpo mamilar, 8. puente, 9. médula oblongada, 10. fórnix, 11. plexo coroideo, 12. tálamo, 13. cuerpo pineal, 14. techo mesencefálico con colículos, 15. cerebelo.*

espinal. Además se comunica con la cavidad subaracnoidea mediante las aberturas mediana y laterales.

El IV ventrículo es impar y tiene el aspecto de una casa de campana en forma de rombo, en el cual se describen el suelo o fosa romboidea, y el techo.

El suelo o fosa romboidea (fig. 52.7) está conformada hacia arriba por el puente y hacia abajo por la médula oblongada. De acuerdo con su forma

romboidea presenta 4 bordes y 4 ángulos. Los bordes son 2 superiores formados por los pedúnculos cerebelosos superiores y 2 inferiores constituidos por los pedúnculos cerebelosos inferiores. Los ángulos son el anterosuperior donde se abre el acueducto mesencefálico, el posteroinferior donde se continúa con el canal central de la médula espinal y los laterales, derecho e izquierdo, donde se encuentran los recesos laterales.

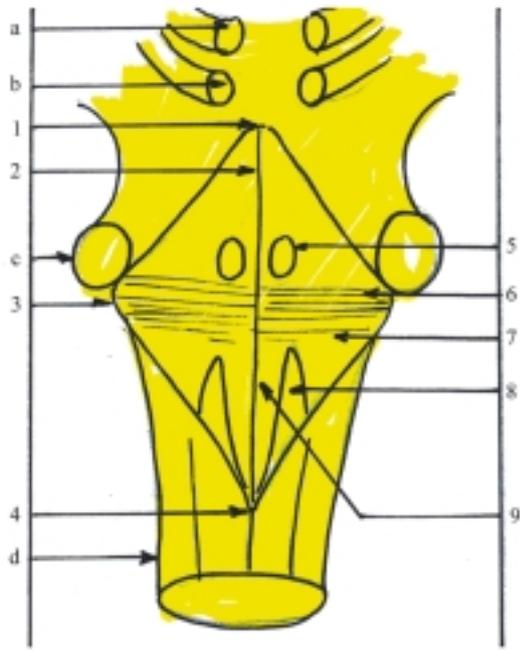


Fig. 52.7. Piso del IV ventrículo o fosa romboidea. 1. ángulo anterosuperior, 2. surco mediano, 3. ángulo lateral, 4. ángulo posteroinferior, 5. colículo facial, 6. estrías medulares, 7. área vestibular, 8. triángulo del nervio vago, 9. triángulo del nervio hipogloso, a) colículo superior, b) colículo inferior, c) pedúnculos cerebelosos medios, d) médula oblongada.

La fosa romboidea está dividida en 2 porciones simétricas, derecha e izquierda, por el surco mediano que se extiende desde el ángulo anterosuperior hasta el ángulo posteroinferior. También se observa una serie de fibras transversales llamadas estrías medulares del IV ventrículo, que se extienden desde los ángulos laterales hasta el surco mediano, y dividen a la fosa romboidea en otras 2 porciones, una superior y otra inferior.

En la fosa romboidea se destacan algunos detalles anatómicos. A cada lado del surco mediano se extiende la eminencia medial donde internamente se encuentran los núcleos motores de los nervios craneales. Esta eminencia se ensancha por arriba de las estrías medulares donde forma el colículo facial y se estrecha hacia abajo y forma el triángulo del nervio hipogloso y lateralmente a este se halla el triángulo del nervio vago. En la zona de los ángulos laterales se encuentra el área vestibular donde se localizan los núcleos del nervio vestibulococlear.

El techo del IV ventrículo (fig. 52.8) está constituido en su porción superior por el velo medular superior, que se extiende entre los pedúnculos cerebelosos superiores y en su porción inferior por el velo medular inferior situado entre los pedúnculos cerebelosos inferiores. En la porción media comprendida entre los 2 velos medulares, el techo del IV ventrículo forma el ápice, limitado por la cara ventral del vermis del cerebelo.

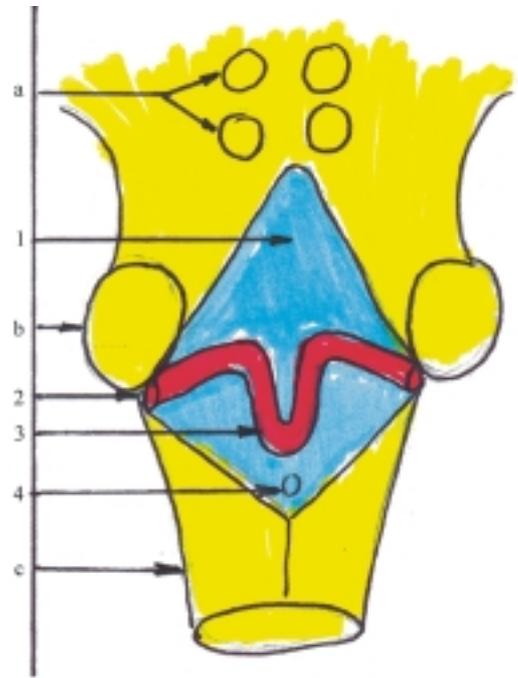


Fig. 52.8. Techo del IV ventrículo. 1. Velo medular superior, 2. abertura lateral o de Luschka, 3. plexo coroideo, 4. abertura mediana o de Magendie, a) colículos superiores e inferiores, b) pedúnculo cerebeloso medio, c) médula oblongada.

El velo medular inferior se complementa con la tela coroidea que es una prolongación muy vascularizada de la piamadre, la cual se invagina hacia la cavidad del IV ventrículo y forma los plexos coroideos que se disponen en forma de T, cuya porción mediana se extiende hacia el ángulo posteroinferior y sus porciones laterales se prolongan hacia los ángulos laterales. La porción inferior del techo del IV ventrículo (velo medular inferior y tela coroidea) presenta 3 orificios que comunican con la cavidad subaracnoidea: la abertura mediana (de Magendie) en la región del ángulo posteroinferior y las aberturas laterales (de Luschka) en las regiones de los ángulos laterales (cuadro 52.1).

Meninges

Las meninges son 3 membranas de tejido conectivo que envuelven a la médula espinal y al encéfalo, denominadas desde la superficie a la profundidad: duramadre, aracnoides y piamadre, las cuales tienen la función de protección, sostén y nutrición de estas regiones del sistema nervioso central.

Las meninges derivan del mesénquima que cubre a la médula espinal y al encéfalo, y presentan características comunes en ambas regiones; sin embargo, tienen algunas diferencias regionales en cuanto a su desarrollo y relaciones recíprocas.

Cuadro 52.1. Sistema ventricular

Origen	Porciones del SNC	Cavidades
Prosencéfalo	Telencéfalo (hemisferios cerebrales)	Ventrículos laterales (I y II)
		Agujeros interventriculares
	Diencéfalo (tálamo) (hipotálamo)	Ventrículo medio (III)
Mesencéfalo	(techo mesencefálico) (Pedúnculos cerebrales)	Acueducto mesencefálico
Rombencéfalo	Metencéfalo (cerebelo) (puente)	IV ventrículo
	Mielencéfalo (médula oblongada)	
Parte no dilatada del tubo neural	Médula espinal	Canal central Ventrículo terminal (V)

Del mesénquima perineural se forman 2 hojas, la externa o ectomeninge y la interna o endomeninge (fig. 52.9):

- La ectomeninge presenta 2 láminas, la externa forma el periostio del canal vertebral y de la cavidad craneal y la interna forma la duramadre (meninge fibrosa o paquimeninge).
- La endomeninge (leptomeninge) también presenta 2 láminas, la externa o aracnoides (meninge serosa) y la interna o piamadre (meninge vascular).

Duramadre

La duramadre (meninge fibrosa) es la membrana meníngea externa que envuelve a la médula espinal y al encéfalo.

En la médula espinal, la duramadre está separada del periostio por la cavidad epidural que contiene grasa y vasos sanguíneos, hacia arriba se adhiere a los bordes del agujero magno del occipital y hacia abajo se estrecha y forma parte del hilo terminal que se inserta en el cóccix.

En el encéfalo, la duramadre se une a la lámina perióstica, poco desarrollada, que se adhiere a la superficie interna de los huesos del cráneo y por lo tanto, en esta región no existe cavidad epidural. Además, en el encéfalo la duramadre forma algunas prolongaciones o expansiones que dividen la cavidad

craneal en compartimentos y se denominan: hoz del cerebro, hoz del cerebelo, tienda del cerebelo y diafragma de la silla turca (figs. 52.10 y 52.11):

- La hoz del cerebro tiene la forma de una hoz y está situada en el plano sagital medio que se insinúa en la fisura longitudinal del cerebro, y separa los hemisferios cerebrales.
- La hoz del cerebelo tiene también la forma de una hoz y está situada en un plano sagital medio que se insinúa en la incisura posterior del cerebelo, y separa los hemisferios cerebelosos.
- La tienda del cerebelo tiene la forma de una tienda de campaña y está situada en un plano horizontal, que separa al cerebelo de los hemisferios cerebrales.
- El diafragma de la silla turca (tienda de la hipófisis) tiene también la forma de una casa de campaña y está situado en un plano horizontal, que constituye el techo de la silla turca del esfenoides, donde se aloja la glándula hipófisis y está perforado por el infundíbulo.

En algunos lugares de la cavidad craneal, la duramadre se desdobra y forma los senos de la duramadre que representan unos conductos colectores de la sangre de retorno, la cual circula hacia el sistema de la vena yugular interna y se caracterizan porque sus paredes son rígidas y carecen de válvulas. Esto facilita el flujo sanguíneo en esa región, a pesar de los cambios que pueda presentar la presión intracraneana. Entre los senos de la duramadre impares se distinguen

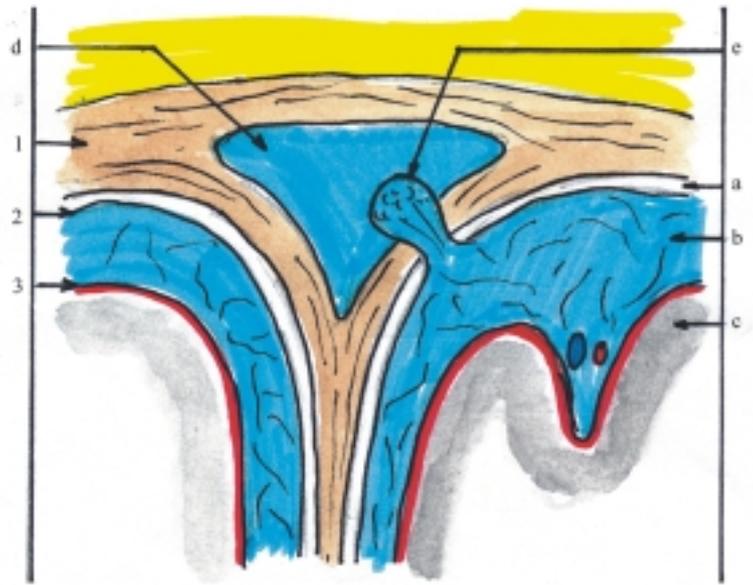


Fig. 52.9. *Meninges. 1. duramadre, 2. aracnoides, 3. piamadre, a) espacio subdural, b) espacio subaracnoideo, c) corteza cerebral, d) seno de la duramadre, e) granulación aracnoidea.*

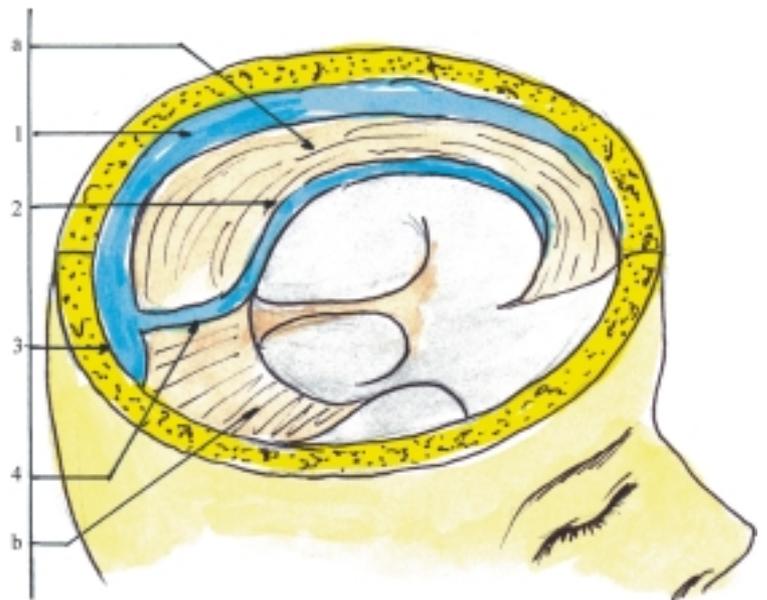


Fig. 52.10. *Expansiones y senos de la duramadre. 1. seno longitudinal superior; 2. seno longitudinal inferior; 3. confluencia de los senos, 4. seno recto, a) hoz del cerebro, b) tienda del cerebello.*

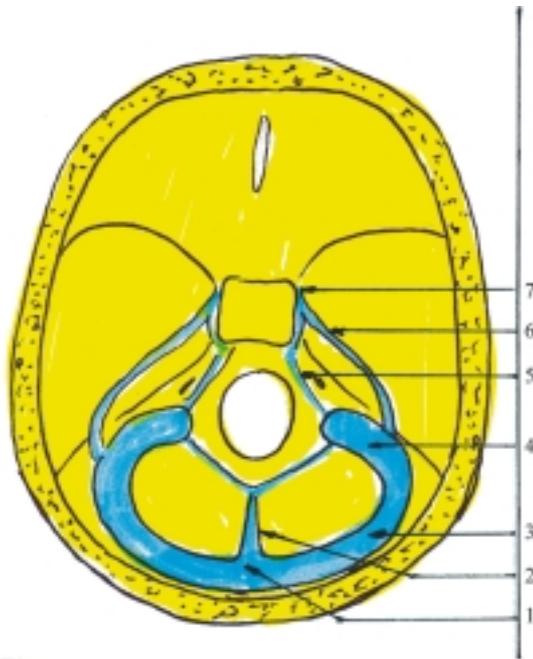


Fig. 52.11. Senos de la duramadre en la base del cráneo. 1. confluencia de los senos, 2. seno occipital, 3. seno transverso, 4. seno sigmoideo, 5. seno petroso inferior, 6. seno petroso superior, 7. seno cavernoso.

el sagital superior, el sagital inferior, el recto y el occipital, y entre los senos pares se destacan el transverso, sigmoideo, cavernoso, intercavernoso, petroso superior y petroso inferior (figs. 52.10 y 52.11):

- El seno sagital superior está situado en el borde superior de la hoz del cerebro.
- El seno sagital inferior se extiende por el borde inferior de la hoz del cerebro y se continúa hacia atrás con el seno recto, que se encuentra en la unión de la hoz del cerebro con la tienda del cerebelo, mientras que el seno occipital se localiza en el borde posterior de la hoz del cerebelo. Todos estos senos drenan la sangre hacia la confluencia de los senos situada al nivel de la protuberancia occipital interna.
- Los senos transversos se inician en la confluencia de los senos, se extienden a cada lado por el borde posterior de la tienda del cerebelo y se continúan con el seno sigmoideo que termina en el agujero yugular, donde comienza la vena yugular interna. Los senos cavernosos se hallan a ambos lados de la silla turca y se comunican entre sí mediante los senos intercavernosos. Los senos petrosos superior e inferior se localizan en los surcos homónimos de la porción petrosa del temporal de cada lado y comunican al seno cavernoso con el seno sigmoideo y con la vena yugular interna, respectivamente.

Aracnoides

La aracnoides (meninge serosa) es la membrana meníngea media que está separada de la duramadre por la cavidad subdural y también está separada de la piamadre por la cavidad subaracnoidea, la cual contiene líquido cerebroespinal y está ocupada por numerosas trabéculas que le dan el aspecto parecido a una red de araña.

En la médula espinal, al nivel de la cola de caballo, la cavidad subaracnoidea se encuentra dilatada formando la cisterna terminal, donde se realizan las punciones lumbares (entre L III y L IV). En la médula espinal la aracnoides se une a la piamadre por medio de trabéculas conectivas tenues, formando por detrás el septo subaracnoideo posterior. También se une lateralmente con la piamadre y duramadre mediante los ligamentos dentados que fijan a la médula espinal en su lugar.

En el encéfalo, la cavidad subaracnoidea se dilata en algunas regiones formando las cisternas subaracnoideas entre las que se destacan: la cisterna cerebelomedular o magna (entre la cara inferior del cerebelo y la parte inferior de la cara posterior de la médula oblongada), la cisterna interpeduncular (entre los pedúnculos cerebrales), la cisterna quiasmática (por delante del quiasma óptico) y la cisterna de la fosa lateral del cerebro (en la fosa del mismo nombre). Las cavidades subaracnoideas del encéfalo se comunican entre sí y con la de la médula espinal. Además, se comunican con los ventrículos encefálicos a través de las aberturas mediana y laterales del IV ventrículo. En las regiones salientes del encéfalo la aracnoides se adhiere a la piamadre, y solo se une a la duramadre por medio de las granulaciones aracnoides, que son expansiones de esta membrana en forma de cuerpos redondeados (vellosidades), que penetran en los senos de la duramadre principalmente en los senos sagital superior y transverso, a través de las cuales el líquido cerebroespinal se difunde hacia la corriente sanguínea venosa.

Piamadre

La piamadre (meninge vascular) es la membrana meníngea interna que se adhiere a la superficie de la médula espinal y del encéfalo, y penetra en los surcos de estas porciones del sistema nervioso central, hasta llegar a la sustancia nerviosa.

En la médula espinal la piamadre está menos vascularizada, es más gruesa y se adhiere con mayor solidez.

En el encéfalo la piamadre está más vascularizada, es más delgada y se adhiere con menor solidez. Se

proyecta dentro de las cavidades ventriculares donde se continúa con las telas y plexos coroideos. Estos últimos, son excrescencias ricamente vascularizadas que se encuentran en los ventrículos encefálicos (IV, III y laterales) y segregan el líquido cerebroespinal (cuadro 52.2).

Cuadro 52.2. Meninges

Meninges	Formaciones
Duramadre (fibrosa)	Expansiones de la duramadre Senos de la duramadre
Aracnoides (serosa)	Granulaciones aracnoideas Cisternas subaracnoideas
Piamadre (vascular)	Tela coroidea Plexos coroideos

Líquido cerebroespinal

El líquido cerebroespinal es un líquido incoloro, transparente como agua de roca, que contiene una pequeña cantidad de proteínas, glucosa y sales como el cloruro de sodio, potasio y calcio.

El líquido cerebroespinal se elabora constantemente en los plexos coroideos y se vierte en los ventrículos encefálicos, de donde pasa a las cavidades subaracnoideas por las aberturas mediana y laterales del IV ventrículo. Luego se filtra a través de las granulaciones aracnoideas y drena en los senos de la duramadre, donde se incorpora a la circulación sanguínea venosa. Parte de este líquido con algunas proteínas pasa por los espacios perivasculares (sistema linfático modificado).

La función fundamental del líquido cerebroespinal es de protección, actúa de amortiguador en los choques que recibe el sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal), compensa los cambios de volumen sanguíneo dentro del cráneo y mantiene una presión intracraneana relativamente constante. Además, las estructuras que producen el líquido cerebroespinal (plexos coroideos) constituyen una barrera hemática, a través de la cual pasan algunas sustancias y otras no (ultrafiltrado de la sangre). También el líquido cerebroespinal desempeña un papel importante en la eliminación de sustancias de desecho del sistema nervioso central.

Los procesos patológicos que afectan a las meninges (síndrome meníngeo) pueden provocar alteraciones del líquido cerebroespinal. Por ejemplo; en las meningoencefalitis bacterianas es turbio o purulento y en las hemorragias subaracnoideas es de tipo hemorrágico. Estas afecciones también pueden provocar una reacción meníngea acompañada de un

aumento en la producción del líquido cerebroespinal, y dar lugar a un síndrome de hipertensión intracraneal.

El síndrome de hipertensión intracraneal es el resultado de un aumento de volumen del contenido de la cavidad craneal (líquido cerebroespinal), que comprime las estructuras nerviosas y se manifiesta por una serie de síntomas, entre los que se destacan la cefalea, el vómito y el edema de la papila óptica. Este síndrome puede ser por diversas causas (meningoencefalitis, hemorragias subaracnoideas, hematomas, trombosis de los senos de la duramadre, tumores, abscesos y edema cerebral), y su mecanismo de producción más importante es el obstáculo a la libre circulación del líquido cerebroespinal. En la obstrucción de los orificios interventriculares se produce un estasis en los ventrículos laterales. En el bloqueo del acueducto mesencefálico resulta un estasis en los ventrículos medio y laterales. En las obliteraciones de las aberturas mediana y laterales del IV ventrículo se produce un estasis en todo el sistema ventricular. Si la obstrucción se mantiene, el estasis del líquido es progresivo y los ventrículos encefálicos se dilatan, comprimen al tejido nervioso que lo rodea contra las paredes óseas del cráneo, y dan lugar a una hidrocefalia.

Vascularización del sistema nervioso central

Las arterias que irrigan la médula espinal (arterias espinales) se caracterizan porque proceden de distintas fuentes, y se destacan 3 arterias espinales longitudinales y numerosas arterias espinales segmentarias. Las arterias espinales longitudinales (una arteria espinal anterior y 2 arterias espinales posteriores) derivan de las arterias vertebrales, se extienden a lo largo de la médula espinal según indican sus nombres, y se anastomosan entre sí y forman redes arteriales. Las arterias espinales segmentarias proceden en la región cervical de las arterias vertebrales (ramas de las arterias subclavias); en la región torácica de las arterias intercostales posteriores (ramas de la aorta descendente torácica) y en la región lumbar de las arterias lumbares (ramas de la aorta descendente abdominal).

Las venas que drenan el territorio de la médula espinal son homónimas de las arterias, y conducen la sangre de retorno hacia distintos sistemas venosos. En la región cervical drenan hacia las venas vertebrales, en la región torácica hacia las venas intercostales posteriores (del sistema venoso de la cava superior), y en la región lumbar hacia las venas lumbares (del sistema venoso de la cava inferior). El sistema linfático está limitado a los espacios perivasculares que se comunican con las cavidades subaracnoideas.

Las arterias que irrigan el encéfalo proceden de las arterias vertebrales y las arterias carótidas internas. Las porciones intracraneales de estas 2 pares de arterias establecen anastomosis entre sí, forman en la cara inferior del encéfalo el llamado círculo arterioso del cerebro y emiten ramas que irrigan las distintas porciones del encéfalo. En general, las ramas de las arterias vertebrales irrigan el tronco encefálico, el cerebelo, y los lóbulos occipital y temporal del cerebro; mientras que las ramas de las arterias carótidas internas irrigan los lóbulos frontal, parietal y temporal del cerebro.

Las arterias vertebrales penetran en la cavidad craneal a través del agujero magno del occipital y ascienden por la cara anterior de la médula oblongada hasta el borde inferior del puente donde se unen formando la arteria basilar, la cual termina al nivel del borde superior del puente, y se bifurca en las arterias cerebrales posteriores. La porción intracraneal de la arteria vertebral emite varias ramas que irrigan la médula espinal, las meninges y el cerebelo (arterias espinales anterior y posteriores, arterias meníngeas anterior y posterior y arteria cerebelosa inferoposterior; esta última es la de mayor calibre). La arteria basilar también emite varias ramas que irrigan el tronco encefálico y el cerebelo (arterias pontina, mesencefálica, cerebelosa inferoanterior y cerebelosa superior). Las arterias cerebrales posteriores irrigan los lóbulos temporal y occipital del cerebro.

La arteria carótida interna de cada lado penetra en la cavidad craneal a través del canal carotídeo de la porción petrosa del temporal (porción petrosa), se dirige hacia delante pasando lateralmente al cuerpo del esfenoides donde atraviesa el seno cavernoso (porción cavernosa) y al nivel del canal óptico se flexiona hacia arriba hasta llegar a la cara inferior del encéfalo, donde se bifurca en las arterias cerebrales anterior y media (porción cerebral). En su trayecto por la cavidad craneal emite varias ramas que irrigan estructuras importantes como la hipófisis, el bulbo del ojo y gran parte del cerebro; las más destacadas son las arterias oftálmica, comunicante posterior, coroidea anterior, cerebral anterior y cerebral media. La arteria oftálmica penetra en la órbita por el canal óptico e irriga las estructuras contenidas en este lugar, como el bulbo ocular y los músculos del ojo. La arteria comunicante posterior une la arteria carótida interna con la arteria cerebral posterior, y forman parte del círculo arterioso del cerebro. La arteria coroidea anterior se dirige hacia atrás por la cara inferior del lóbulo temporal y penetra en el surco hipocámpico, donde forma parte del plexo coroideo del ventrículo lateral. La arteria cerebral anterior se dirige hacia delante y medialmente, se anastomosa con la del lado opuesto mediante la arteria comunicante anterior y continúa hacia delante hasta

la rodilla del cuerpo caloso a la que contornea y cambia de dirección, se extiende hacia atrás por la fisura longitudinal del cerebro e irriga los lóbulos frontal y parietal del cerebro, por la cara medial. La arteria cerebral media es la rama más gruesa de la carótida interna, se dirige hacia atrás por la fisura lateral del cerebro e irriga los lóbulos frontal, parietal y temporal del cerebro, por la cara superolateral.

El círculo arterioso del cerebro (polígono de Willis) (fig. 52.12) constituye una anastomosis importante, entre las arterias vertebrales y carótidas internas que aseguran la irrigación del encéfalo en casos de obstrucción. Como su nombre indica, tiene la forma de un círculo o polígono y está situado en el espacio subaracnoideo de la base del cerebro, alrededor de las formaciones hipotalámicas que se observan en esta región (quiasma óptico, tubérculo ceniciento y cuerpos mamilares). En la composición del círculo arterioso del cerebro participan las porciones cerebrales de las arterias carótidas internas con 2 de sus ramas: hacia delante las porciones iniciales de las arterias cerebrales anteriores que se anastomosan entre sí, mediante la arteria comunicante anterior y hacia atrás las arterias comunicantes posteriores que se anastomosan con las porciones iniciales de las arterias cerebrales posteriores (ramas terminales de la arteria basilar formadas por la unión de las arterias vertebrales). En resumen, el círculo arterioso del cerebro está

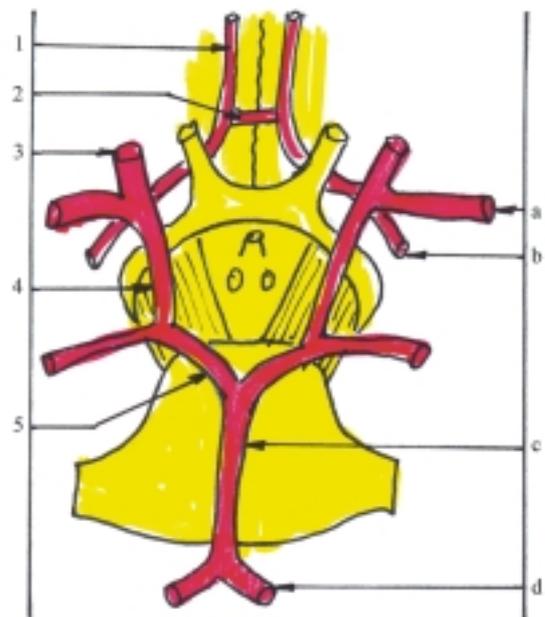


Fig. 52.12. Círculo arterioso del cerebro. 1. arteria cerebral anterior, 2. arteria comunicante anterior, 3. arteria carótida interna, 4. arteria comunicante posterior, 5. arteria cerebral posterior; a) arteria cerebral media, b) arteria coroidea anterior, c) arteria basilar, d) arteria vertebral.

compuesto en sentido anteroposterior por la arteria comunicante anterior, cerebrales anteriores, carótidas internas, comunicantes posteriores y cerebrales posteriores.

Las venas del encéfalo se caracterizan porque son de paredes delgadas y gran calibre, carecen de válvulas y tienen numerosas anastomosis. En general, la sangre que recogen estas venas drenan hacia los senos de la duramadre y su mayor parte fluye hacia el sistema venoso de la yugular interna. Entre las venas

del encéfalo se destacan las cerebrales superficiales (superiores, inferiores y media), las cerebrales profundas (basales y magna) que desembocan en el seno recto y las cerebelosas (superiores e inferiores).

El sistema linfático del encéfalo, al igual que en la médula espinal, está limitado a los espacios perivasculares que comunican con las cavidades subaracnoideas, las que drenan en los senos venosos de la duramadre.

53. Sistema nervioso periférico

Características generales del sistema nervioso periférico

Como ya se explicó anteriormente, el sistema nervioso periférico es la parte del sistema nervioso que conecta la parte central de este sistema (encéfalo y médula espinal) con el resto de los órganos y estructuras que componen el organismo y está compuesto por los nervios, los ganglios y las terminaciones nerviosas.

Los nervios están conformados por las raíces, los troncos y los ramos nerviosos, algunos de los cuales se unen y forman los plexos nerviosos. Se clasifican de acuerdo con su origen en craneales y espinales (procedentes del encéfalo y de la médula espinal, respectivamente), y según sus funciones en sensitivos, motores y mixtos. La estructura del nervio se caracteriza porque tiene el aspecto de un cordón blanquecino, constituido por la agrupación de fibras nerviosas (axón con su envoltura), dispuestas en forma de haces y unidas por tejido conectivo que recibe distintos nombres según el tipo de estructura que rodea: el endoneuro rodea a cada fibra nerviosa, el perineuro rodea a cada haz de fibras nerviosas y el epineuro rodea a cada nervio.

En general, los nervios se distribuyen con cierta regularidad. Por ejemplo:

1. Los nervios divergen a los lados del plano medio, donde se encuentra el sistema nervioso central, según el principio de la simetría bilateral del cuerpo.
2. En el tronco del cuerpo humano los nervios conservan la estructura segmentaria de esta región.
3. Los nervios alcanzan a los órganos que inervan siguiendo la distancia más corta del lugar donde se originan, lo cual es bien evidente en la inervación muscular, y si estos órganos se desplazan en su desarrollo, el nervio sigue el mismo trayecto y mantiene su inervación.
4. Los nervios superficiales o cutáneos acompañan a las venas subcutáneas y los nervios profundos a los paquetes vasculares (arterias, venas y linfá-

ticos), que se sitúan en lugares protegidos y en las regiones flexoras del cuerpo.

Los ganglios se clasifican según su función y localización en sensitivos craneoespinales (situados en las raíces sensitivas de los nervios espinales y de algunos nervios craneales) y motores viscerales o autónomos (situados en el trayecto de las ramas nerviosas que se dirigen hacia las vísceras). En general, la estructura del ganglio se caracteriza porque tiene un aspecto globuloso, constituido por la agrupación de cuerpos neurocelulares, cubiertos por una cápsula de tejido conectivo que emite ramificaciones hacia el interior del ganglio y contiene además, prolongaciones neurocelulares (dendritas y el inicio de los axones) y gliocitos ganglionares que rodean a cada célula nerviosa. Los ganglios sensitivos craneoespinales se distinguen porque están formados por neuronas del tipo pseudounipolar (ver tejido nervioso), excepto los ganglios vestibular y coclear que son bipolares, mientras que los ganglios motores viscerales están formados principalmente por neuronas multipolares.

Las terminaciones nerviosas se clasifican según su función en receptores y efectores. Los receptores se encuentran en las extremidades distales de las fibras aferentes o sensitivas, actúan como transductores biológicos que transforman los estímulos físicos y químicos en impulsos nerviosos, y se pueden clasificar por su localización (exteroceptores, propioceptores e interoceptores) y por su estructura (libres y encapsulados). Los efectores se localizan en las extremidades distales de las fibras eferentes o motoras y actúan liberando mediadores químicos capaces de modificar las estructuras donde se conectan (músculos y glándulas), y constituyen los efectores neuromusculares (placa motriz y plexos terminales) y neuroglandulares.

Nervios espinales

Los nervios espinales se originan de la médula espinal, y existen en el humano 31 pares, que se disponen

segmentariamente: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. Estos nervios se denominan numerándolos de arriba hacia abajo según la región a la que pertenecen.

Los nervios espinales son mixtos, formados por 2 raíces procedentes de la médula espinal, una posterior sensitiva donde se encuentra el ganglio espinal y otra anterior o motora. Estas 2 raíces se unen y forman el tronco del nervio espinal que emerge del canal vertebral por el agujero intervertebral correspondiente (fig. 53.1).

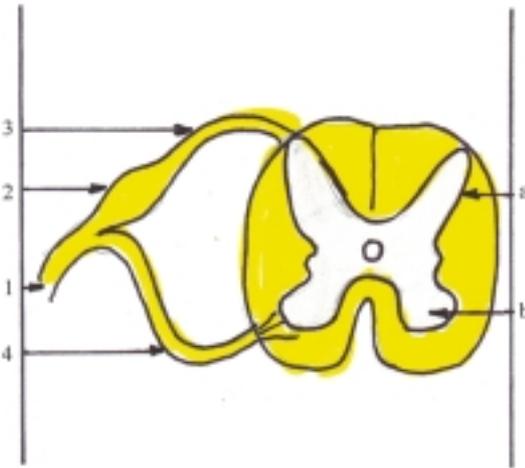


Fig. 53.1. Formación de los nervios espinales corte transversal de la médula espinal. 1. tronco del nervio espinal, 2. ganglio espinal, 3. raíz posterior o sensitiva, 4. raíz anterior o motora, a) asta posterior o sensitiva, b) asta anterior o motora.

En su trayecto, el nervio espinal emite 4 ramos (meníngeo, comunicante, posterior y anterior). Los ramos meníngeos inervan las meninges de la médula espinal. Los ramos comunicantes establecen conexión con los ganglios simpáticos. Los ramos posteriores inervan los músculos profundos del dorso del tronco y la piel de esta región. Los ramos anteriores inervan los músculos y la piel del resto del tronco y de los miembros.

Los ramos anteriores de los nervios espinales torácicos se mantienen independientes, conservan la estructura segmentaria de esta región del cuerpo y constituyen los nervios intercostales. Sin embargo, los ramos anteriores de los nervios espinales de las otras regiones se entremezclan y forman plexos nerviosos de donde parten los nervios periféricos. Por lo tanto, como principio general, cada nervio espinal que entra a formar parte de un plexo nervioso, contiene fibras que se distribuyen en varios nervios periféricos

y cada nervio periférico que parte de un plexo nervioso contiene fibras de varios nervios espinales. Esto explica, porqué al seccionarse un nervio espinal que entra a formar parte de un plexo nervioso, no se afecta totalmente al territorio de inervación correspondiente, pero al seccionarse un nervio periférico que parte de un plexo nervioso sí ocurre una afectación mayor en el territorio de inervación. En la región cervical se forman los plexos cervical y braquial y en la región lumbosacra los plexos lumbar y sacro. Además, en la región coccígea se forma el plexo coccígeo, de menor importancia, compuesto por los ramos anteriores del último nervio sacro (SV) y del coccígeo, que da ramos pequeños a los músculos y la piel cercanos al cóccix.

Plexo cervical

El plexo cervical (fig. 53.2) se forma por los ramos anteriores de los 4 primeros nervios cervicales (C1-C4), que se unen entre sí mediante 3 ramos comunicantes y en su organización se destacan el asa cervical y el nervio frénico. Este plexo está situado a ambos lados de la parte superior de la región cervical de la columna vertebral, por delante del lugar de inserción de los músculos escalenos y por detrás del músculo esternocleidomastoideo, del cual está separado por el paquete vasculonervioso del cuello.

Del plexo cervical parten ramos nerviosos periféricos, que de acuerdo con su distribución y función se clasifican en cutáneos o sensitivos, musculares o motores y mixtos.

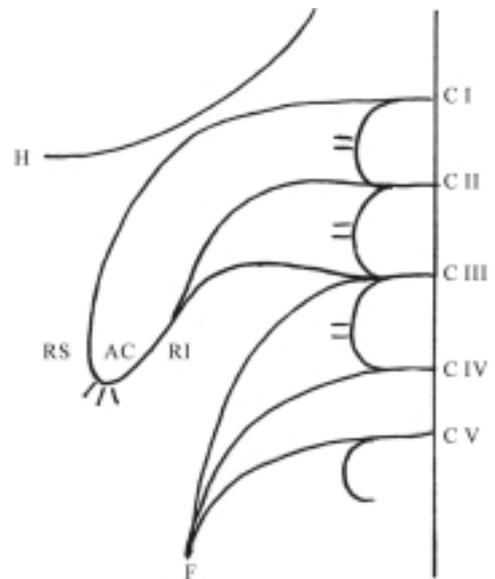


Fig. 53.2. Plexo cervical. H. nervio hipogloso, F. nervio frénico, AC. asa cervical, RS. raíz superior, RI. raíz inferior.

Los ramos cutáneos o sensitivos (nervios occipital menor, auricular magno, transverso del cuello y supraclaviculares) se inician en los segundo y tercero ramos comunicantes y se distribuyen por la piel de la cabeza, cuello y hombro, según indican sus nombres.

Los ramos musculares o motores se inician en distintas partes de este plexo e inervan la mayoría de los músculos del cuello, como los prevertebrales, escalenos e infrahioideos. También inervan a los músculos esternocleidomastoideo y trapecio, junto con el nervio accesorio. Los nervios que inervan los músculos infrahioideos derivan del asa cervical, antiguamente llamada asa del hipogloso, que está formada por 2 raíces, superior e inferior, que se unen al nivel del músculo omohioideo. La raíz superior (ramo descendente del nervio hipogloso) proviene del primer nervio cervical, se adosa al nervio hipogloso en parte de su trayecto y luego se separa de este hasta unirse con la raíz inferior (ramo descendente del plexo cervical), que proviene del segundo y tercer nervio cervical.

El ramo mixto del plexo cervical es el nervio frénico que se forma principalmente por un ramo procedente del cuarto nervio cervical, al que se agregan ramos del tercero y quinto nervios cervicales. El nervio frénico de cada lado, desciende por el cuello pasando por delante del músculo escaleno anterior, penetra en la cavidad torácica pasando entre la arteria y vena subclavia, desciende por el mediastino pasando por delante de la raíz pulmonar y termina inervando al músculo diafragma que tiene una acción importante en los movimientos respiratorios. En su trayecto, el nervio frénico emite ramos sensitivos que inervan la pleura y el pericardio. En ocasiones se realiza la sección quirúrgica del nervio frénico de un lado, con el objetivo de paralizar el hemidiafragma que inerva, lo que provoca su elevación y colapso del pulmón correspondiente (cuadro 53.1).

Cuadro 53.1. *Plexo cervical (C I - C IV)*

Tipos de ramos	Territorio de inervación
Ramos sensitivos	Piel de cabeza, cuello y hombros
Ramos musculares	Músculos del cuello (prevertebrales, escalenos e infrahioideos) y parte del esternocleidomastoideo y trapecio
Mixto (frénico)	Pleura, pericardio y diafragma

Plexo braquial

El plexo braquial (fig. 53.3) se forma por los ramos anteriores de los 4 últimos nervios cervicales (C V - C VIII) y del primer nervio torácico (T I).

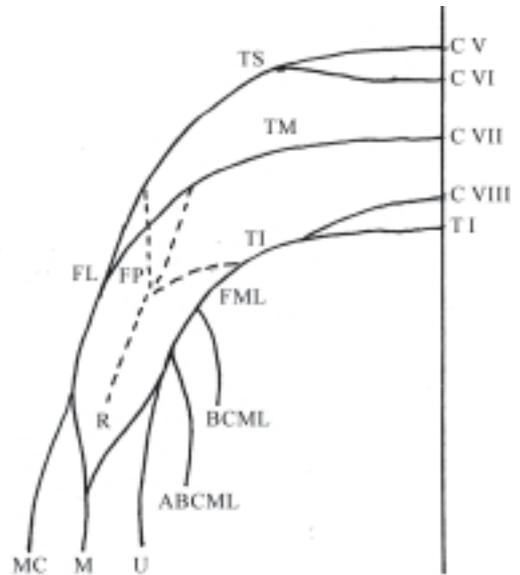


Fig. 53.3. *Plexo braquial.* TS. tronco superior; TM. tronco medio; TI. tronco inferior; FL. fascículo lateral, FM. fascículo medial, FP. fascículo posterior; R. nervio radial, MC. nervio musculocutáneo, M. nervio mediano, U. nervio ulnar; BCM. nervio braquiocutáneo medial, ABCM. nervio antebraquiocutáneo medial.

En la organización del plexo braquial se forman primero 3 troncos (superior, medio e inferior). El tronco superior se origina de la unión de C V y C VI, el medio de C VII y el inferior de la unión de C VIII y T I. Cada uno de estos troncos se divide en 2 ramos, anterior y posterior; las divisiones posteriores de los 3 troncos se fusionan y forman el fascículo posterior. Las divisiones anteriores de los troncos superior y medio se unen y originan el fascículo lateral, mientras que la división anterior del tronco inferior se continúa como fascículo medial.

Teniendo en cuenta la situación del plexo braquial se distinguen 2 partes (supraclavicular e infraclavicular). La parte supraclavicular está formada por los troncos primarios dispuestos entre los músculos escalenos anterior y medio, relacionados con la arteria subclavia. La parte infraclavicular o axilar está formada por los fascículos dispuestos alrededor de la arteria axilar. Este plexo se puede bloquear con la inyección de un anestésico local por arriba del punto medio de la clavícula.

Del plexo braquial parten ramos nerviosos periféricos, que de acuerdo con su longitud se pueden clasificar en cortos y largos.

Los ramos cortos del plexo braquial (nervios dorsal de la escápula, torácico largo, subclavio, supraescapular, pectorales, subescapular, toracodorsal y axilar) se originan de diferentes partes del plexo braquial e inervan principalmente los músculos del

cinturón de los miembros superiores y de las regiones superficiales del tórax y del dorso del tronco que están relacionados con los miembros superiores (excepto el trapecio). Entre los ramos cortos del plexo braquial se destaca el nervio axilar o circunflejo, porque es el más grueso de este grupo, deriva del fascículo posterior e inerva los músculos deltoideo y redondo menor, así como la piel de la región deltoidea. La lesión aislada de este nervio es rara y se manifiesta por dificultad en separar el brazo.

Los ramos largos del plexo braquial (fig. 53.4) (nervios radial, músculo cutáneo, mediano, ulnar, cutáneo braquial medial y cutáneo antebraquial medial) se originan de los fascículos del plexo braquial y se extienden por los miembros superiores donde inervan las estructuras que componen estas regiones.

El nervio radial se origina del fascículo posterior e inerva los músculos extensores de la parte posterior del brazo y antebrazo y la piel de la región posterior del brazo, antebrazo y parte de la mano. La lesión de este nervio al nivel de la axila se manifiesta por imposibilidad

de extender el antebrazo, la mano y los dedos (“mano péndula”).

El nervio músculo cutáneo se origina del fascículo lateral e inerva los músculos flexores de la parte anterior del brazo y la piel de la parte anterolateral del antebrazo. La lesión aislada de este nervio es rara y se manifiesta por dificultad para flexionar el antebrazo.

El nervio mediano se origina por la unión de 2 raíces, lateral y medial, procedentes de los fascículos lateral y medial respectivamente, e inerva a la mayor parte de los músculos del grupo anterior del antebrazo y de la región tenar de la mano, así como la piel de la parte lateral de la palma de la mano y de las porciones distales del dorso de los dedos más laterales. La lesión de este nervio se manifiesta por dificultad en realizar la pronación del antebrazo, la flexión de la mano y de los 3 dedos más laterales (“mano de predicador”).

El nervio ulnar se origina del fascículo medial e inerva algunos músculos flexores de la parte anterior del antebrazo (los más mediales) y de las regiones hipotenar y del medio de la mano, así como la piel de la parte medial de la mano. La lesión de este nervio se

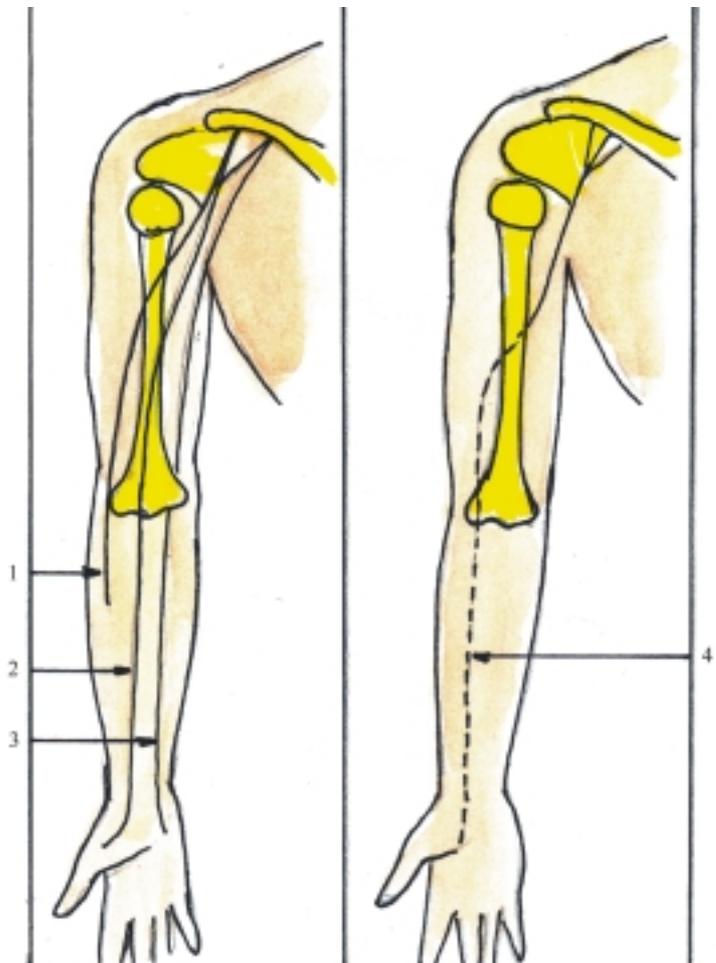


Fig. 53.4. Nervios de los miembros superiores vista anterior. 1. nervio musculocutáneo, 2. nervio mediano, 3. nervio ulnar, 4. nervio radial.

manifiesta por dificultad en flexionar y aproximar la mano y principalmente en los movimientos de los dedos, como la flexión del muñique y la separación y aproximación de los dedos (“mano en garra”).

El nervio cutáneo braquial medial (nervio braquial cutáneo medial) se origina del fascículo medial e inerva la piel de la parte medial del brazo. El nervio cutáneo antebraquial medial (nervio antebraquial cutáneo medial) también se origina del fascículo medial e inerva la piel de la parte medial del antebrazo (cuadro 53.2).

Cuadro 53.2. *Plexo braquial (C V-VIII y T I)*

Ramos	Territorio de inervacion
Ramos cortos	Músculos y piel del cinturón de los miembros superiores
Nervio radial	Músculos posteriores del brazo y antebrazo Piel de la parte posterior de brazo, antebrazo y parte de la mano
Nervio musculocutáneo	Músculos anteriores del brazo Piel de la parte anterolateral del antebrazo
Nervio mediano	La mayoría de los músculos anteriores del antebrazo y de la región tenar de la mano Piel de la parte lateral de la palma de la mano
Nervio ulnar	Músculos de la región anterior del antebrazo (los que no inerva el mediano) y regiones hipotenar y del medio de la mano Piel de la parte medial de la mano
Nervio braquial cutáneo medial	Piel de la parte medial del brazo
Nervio antebraquial cutáneo medial	Piel de la parte medial del antebrazo

Plexo lumbar

El plexo lumbar (fig. 53.5) se forma principalmente por los ramos anteriores de los 4 primeros nervios lumbares (L-I – L-IV) que se unen entre sí mediante ramos comunicantes, y su organización es más simple que la del plexo braquial. Este plexo está situado a ambos lados de la región lumbar de la columna vertebral, en el espesor del músculo psoas mayor, donde da ramos cortos y largos que emergen por la cara anterior, y los bordes laterales y medial de este músculo.

Los ramos cortos del plexo lumbar se originan de diferentes partes de este plexo e inervan los músculos

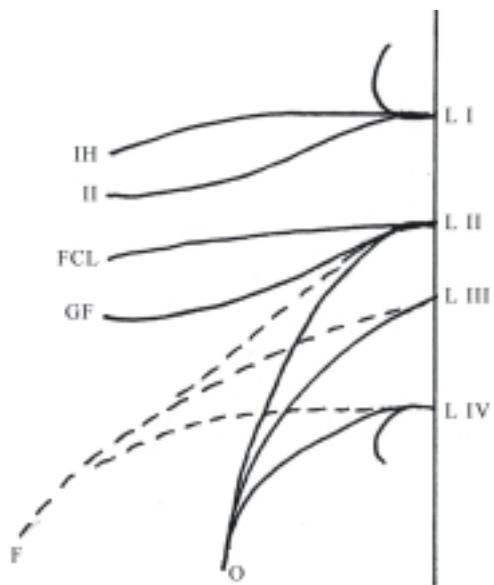


Fig. 53.5. *Plexo lumbar.* IH. nervio iliohipogástrico, II. nervio ilioinguinal, FCL. nervio femorocutáneo lateral, GF. nervio genitofemoral, F. nervio femoral, O. nervio obturador.

vecinos (ejemplo; músculos psoas mayor y menor y cuadrado lumbar).

Los ramos largos del plexo lumbar (nervios iliohipogástrico, ilioinguinal, cutaneofemoral lateral, genitofemoral, obturador y femoral) se originan en general y de forma resumida de la manera siguiente: de L-I derivan los nervios iliohipogástrico e ilioinguinal; de L-II se forman los nervios cutaneofemoral lateral y genitofemoral; de L-II, L-III y L-IV parten ramos anteriores y posteriores. Los ramos anteriores se unen y forman el nervio obturador, mientras que los ramos posteriores también se unen y constituyen el nervio femoral. En general, los ramos largos del plexo lumbar inervan los músculos anchos del abdomen y de los grupos anterior y medial del muslo, así como la piel del hipogastrio, de las regiones lateral, anterior y medial del muslo y de la región medial de la pierna.

El nervio iliohipogástrico (nervio abdominogenital mayor) se origina de L-I, emerge por el borde lateral del músculo psoas mayor, pasa por delante del músculo cuadrado lumbar, donde se relaciona con el riñón y se extiende entre los músculos anchos del abdomen hasta la región del hipogastrio. En su trayecto inerva los músculos anchos del abdomen y la piel del hipogastrio y de la parte superolateral del muslo.

El nervio ilioinguinal (nervio abdominogenital menor) se origina de L-I, emerge por el borde lateral del músculo psoas mayor, debajo y paralelo al nervio iliohipogástrico, pasa por delante del músculo cuadrado lumbar, se extiende entre los músculos anchos del abdomen y atraviesa el canal inguinal hasta los

genitales externos. En su trayecto inerva los músculos anchos del abdomen y la piel del escroto en el varón, o de los labios pudendos mayores en la hembra y de la parte superomedial del muslo.

El nervio cutaneofemoral lateral (nervio femorocutáneo lateral) se origina principalmente de L-II, emerge por el borde lateral del músculo psoas mayor, desciende por delante del músculo iliaco, pasa por detrás de la parte lateral del ligamento inguinal y desciende por la cara lateral del muslo, e inerva la piel de esta última región.

El nervio genitofemoral (nervio genitocrural) se origina de L-II, emerge por la cara anterior del músculo psoas mayor, desciende por delante de este músculo y se divide en 2 ramos (genital y femoral). El ramo genital atraviesa el canal inguinal hasta los genitales externos, e inerva el funículo espermático en el varón o el ligamento redondo del útero en la hembra. El ramo femoral pasa por detrás del ligamento inguinal hacia la región anterosuperior del muslo e inerva la piel del trígono femoral.

El nervio obturador se origina de la fusión de los ramos anteriores de L-II, L-III y L-IV, emerge por el borde medial del músculo psoas mayor, desciende por la pared lateral de la cavidad pelviana y atraviesa el agujero obturado hasta el muslo, e inervan los músculos de la región medial del muslo y la piel que los cubre. La lesión de este nervio es rara y se manifiesta por dificultad en aproximar el muslo.

El nervio femoral (nervio crural) se origina de la fusión de los ramos posteriores de L-II, L-III y L-IV, emerge por el borde lateral del músculo psoas mayor, desciende paralelo a este músculo, y pasa por detrás del ligamento inguinal hacia el miembro inferior, e inerva los músculos de la región anterior del muslo y la piel que los cubre, así como la piel de la región anteromedial de la pierna. La lesión de este nervio también es rara y se manifiesta por imposibilidad de extender la pierna (cuadro 53.3).

Plexo sacro

El plexo sacro (fig. 53.6) se forma por los ramos anteriores de los 2 últimos nervios lumbares (L IV y LV) y de los 4 primeros nervios sacros (S I-S IV). Estos ramos presentan también divisiones anteriores y posteriores que resultan difíciles de demostrar.

En la organización de este plexo se destaca la formación del tronco lumbosacro y del nervio isquiático. El tronco lumbosacro se forma por la unión de la parte inferior de L IV con L V, luego desciende hacia la cavidad pelviana y se une a S I. El nervio isquiático se forma por la fusión de los ramos anteriores de los 4 primeros nervios sacros, que en conjunto están

situados por delante del músculo piriforme y presentan la forma de un triángulo con la base relacionada con los agujeros sacros pelvianos o anteriores y el vértice donde se inicia el nervio isquiático está dirigido hacia abajo, al nivel de la incisura isquiática mayor del coxal (agujero infrapiriforme).

Cuadro 53.3. *Plexo lumbar (L I- L IV)*

Ramos	Territorio de inervación
Ramos cortos	Músculos anteriores del cinturón de los miembros inferiores
Nervio iliohipogástrico	Músculos anchos del abdomen Piel del hipogastrio y parte superolateral del muslo
Nervio ilioinguinal	Músculos anchos del abdomen Piel de la parte superomedial del muslo, escroto (V) y labios pudendos mayores (H)
Nervio femorocutáneo lateral	Piel de la parte lateral del muslo
Nervio genitofemoral	Funículo espermático (V) y ligamento redondo del útero (H) Piel del trígono femoral
Nervio obturador	Músculos y piel de la parte medial del muslo
Nervio femoral	Músculos anteriores del muslo Piel de la parte anterior del muslo y de la pierna

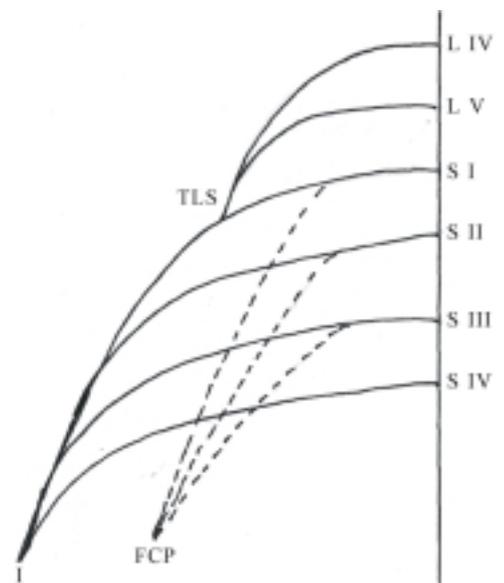


Fig. 53.6. *Plexo sacro.* TLS, tronco lumbosacro, I, nervio isquiático, FCP, nervio femorocutáneo posterior.

Del plexo sacro parten ramos nerviosos periféricos que de acuerdo con su longitud, se clasifican en cortos y largos.

Los ramos cortos del plexo sacro (nervios musculares, glúteo superior, glúteo inferior y pudendo) se originan de diferentes partes de este plexo e inervan los músculos posteriores del cinturón de los miembros inferiores y del perineo, así como los órganos genitales externos y la piel que cubre estas regiones. Entre los nervios de este grupo se distingue el nervio pudendo, porque es el más grueso, que deriva de S I – S III e inerva la parte inferior del recto, los músculos y la piel del perineo y los órganos genitales externos.

Los ramos largos del plexo sacro (fig. 53.7) (nervios cutáneo femoral posterior e isquiático) se originan de varios nervios sacros, se extienden por el miembro inferior, e inervan la mayor parte de las estructuras que componen la parte posterior del muslo, la pierna y el pie.

El nervio cutaneofemoral posterior (nervio femorocutáneo posterior o ciático menor) se origina de S I – S III, emerge de la cavidad pelviana a través del agujero infrapiriforme, junto con el nervio isquiático y desciende por la parte posterior del muslo e inerva la piel de esta región.

El nervio isquiático (nervio ciático mayor) es el nervio más grueso del organismo, que se inicia en el vértice del plexo sacro y está compuesto por fibras nerviosas procedentes de todos los nervios espinales que entran a formar parte del plexo sacro. Este nervio emerge de la cavidad pelviana, a través del agujero infrapiriforme, desciende por la parte posterior del muslo y al nivel de la región poplítea se divide en 2 ramos: el nervio tibial (nervio ciático poplíteo interno) y el nervio fibular común (nervio ciático poplíteo externo); aunque esta división puede ocurrir en niveles superiores, porque en realidad el nervio isquiático está constituido en toda su extensión por estos 2 ramos, incluidos en una vaina común de tejido conectivo. En su trayecto el nervio isquiático inerva los músculos posteriores del muslo. La lesión del nervio isquiático en la región glútea se manifiesta por dificultad en extender el muslo y flexionar la pierna, además, es imposible mover los dedos y el pie (pie en posición varoequina).

El nervio tibial (nervio ciático poplíteo interno) es el ramo más grueso del nervio isquiático que desciende por la parte posterior de la pierna, pasa por detrás del maleolo medial y se divide en 2 ramos que se dirigen

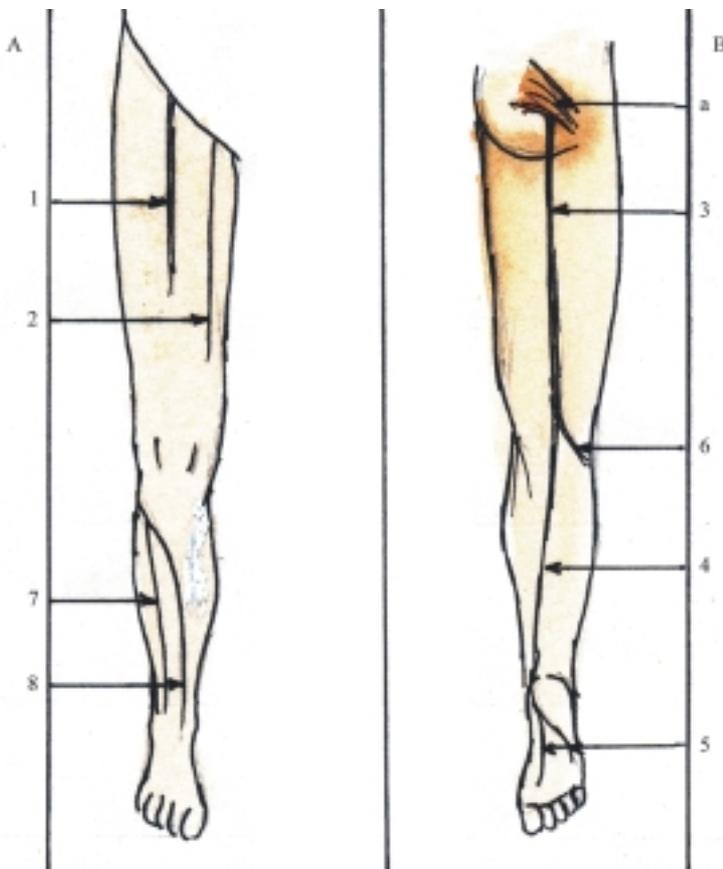


Fig. 53.7. Nervios de los miembros inferiores. A. Vista anterior, B. Vista posterior; 1. nervio femoral, 2. nervio obturador, 3. nervio isquiático, 4. nervio tibial, 5) nervios plantares, 6. nervio fibular común, 7. nervio fibular superficial, 8. nervio fibular profundo, a) músculo piriforme.

hacia la planta del pie (nervios plantares medial y lateral). En su trayecto el nervio tibial inerva los músculos y la piel de la parte posterior de la pierna y sus ramos plantares los músculos y la piel de la planta del pie. El ramo cutáneo del nervio tibial es el nervio cutáneo sural medial. La lesión del nervio tibial al nivel de la región poplíteo se manifiesta por la imposibilidad de flexionar los dedos y la dificultad de extender el pie (pie en posición calcánea).

El nervio fibular común (nervio ciático poplíteo externo) es el ramo más delgado del nervio isquiático, que se dirige lateralmente hacia la cabeza de la fibula y se divide en 2 ramos: el nervio fibular profundo que inerva los músculos anteriores de la pierna y del dorso del pie, y el nervio fibular superficial que inerva los músculos laterales de la pierna o fibulares y la piel del dorso del pie. El nervio fibular común en su trayecto emite un ramo cutáneo llamado nervio cutáneo sural lateral, que inerva la piel de la parte lateral de la pierna y se une con el ramo cutáneo del nervio tibial y forma el nervio sural que se extiende por la parte inferior de la cara posterior de la pierna. La lesión del nervio fibular común se manifiesta por la incapacidad de extender los dedos y flexionar el pie (pie en posición varoequina) (cuadro 53.4).

Cuadro 53.4. Plexo sacro (L IV – S IV)

Ramos	Territorio de inervación
Ramos cortos	Músculos posteriores del cinturón de los miembros inferiores y perineo, genitales externos y piel de estas regiones
Nervios femorocutáneo posterior	Piel de la parte posterior del muslo
Nervios isquiático	Músculos posteriores del muslo
Nervio tibial	Músculos y piel de la parte posterior de la pierna
Nervios plantares	Músculos y piel de la planta del pie
Nervio fibular común	Piel de la parte lateral de la pierna
Nervio fibular superficial	Músculos laterales de la pierna Piel del dorso del pie
Nervio fibular profundo	Músculos anteriores de la pierna y del dorso del pie

Nervios craneales

Los nervios craneales se originan del encéfalo. En el humano existen 12 pares que se denominan numerán-

dolos de arriba hacia abajo o con nombres propios: I (nervio olfatorio), II (nervio óptico), III (nervio oculomotor), IV (nervio troclear), V (nervio trigémino), VI (nervio abductor), VII (nervio facial), VIII (nervio vestibulococlear), IX (nervio glossofaríngeo), X (nervio vago), XI (nervio accesorio), XII (nervio hipogloso).

Los nervios craneales se diferencian de los nervios espinales en varios aspectos, entre los que se destacan su origen y formación, tipo funcional de sus fibras, ganglios que poseen y distribución.

Como ya se explicó antes, los nervios craneales se originan del encéfalo y no se forman por la unión de 2 raíces. La mayoría procede del tronco encefálico (fig. 53.8), excepto los 2 primeros, que en realidad no son verdaderos nervios, sino prolongaciones del encéfalo, específicamente el I del telencéfalo y el II del diencefalo. Los 2 siguientes (III y IV) proceden de los pedúnculos cerebrales (mesencéfalo), los 4 intermedios (V, VI, VII y VIII) del puente (metencéfalo) y los 4 últimos (IX, X, XI y XII) de la médula oblongada (mielencéfalo).

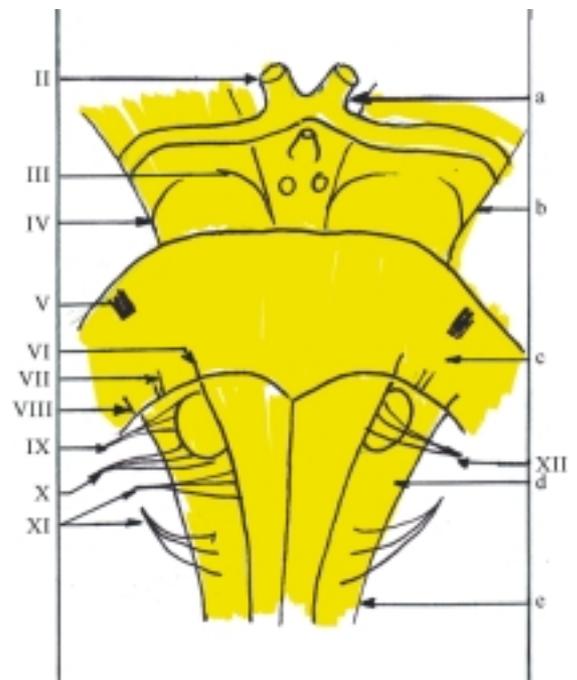


Fig. 53.8. Origen aparente de los nervios craneales. II. nervio óptico, III. nervio oculomotor, IV. nervio troclear, V. nervio trigémino, VI. nervio abductor, VII. nervio facial, VIII. nervio vestibulococlear, IX. nervio glossofaríngeo, X. nervio vago, XI. nervio accesorio, XII. nervio hipogloso, a) quiasma óptico, b) pedúnculo cerebral, c) puente, d) médula oblongada, e) médula espinal.

De acuerdo con la función de sus fibras los nervios craneales se clasifican en aferentes o sensitivos (I, II y VIII), eferentes o motores (III, IV, VI, XI y XII) y mixtos (V, VII, IX y X); aunque los nervios clasificados como motores también poseen fibras aferentes propio-

ceptivas que transmitan la sensibilidad de los músculos que inervan. Por lo tanto, los nervios craneales no tienen uniformidad en el tipo funcional de las fibras que contienen. Además, solo algunos poseen ganglios en su trayecto (nervios mixtos y el nervio vestíbulo coclear).

Los nervios craneales no adoptan una disposición segmentaria ordenada e inervan principalmente las estructuras de la cara y mediante el nervio vago (X) inervan órganos del cuello y de las cavidades torácica y abdominal.

Los nervios craneales sensitivos (I, II y VIII) están relacionados con los órganos de los sentidos especiales del olfato, la vista y el oído. La mayoría de los nervios craneales motores inervan los músculos originados de los miotomas craneales destinados al ojo (III, IV y VI) y la lengua (XII), excepto el XI. Este último, junto con los nervios craneales mixtos inervan los músculos originados de los arcos branquiales, y se corresponden de la forma siguiente: I arco – V nervio, II arco – VII nervio, III arco – IX nervio, IV arco – X nervio, últimos arcos – XI nervio.

Para facilitar la comprensión de los nervios craneales, estos se agrupan de acuerdo con sus funciones (sensitivos, motores y mixtos), y se describen según el sentido del impulso nervioso que se trasmite por sus fibras nerviosas (los sensitivos son aferentes y los motores eferentes). Además, en la composición de los nervios se precisa el tipo de fibra que poseen o predominan. En este aspecto se destacan 4 generales que son comunes de los nervios espinales y craneales y 3 especiales que son específicos de algunos nervios craneales:

- Fibras aferentes somáticas relacionadas con la sensibilidad general superficial y profunda.
- Fibras aferentes viscerales relacionadas con la sensibilidad general de las vísceras.
- Fibras eferentes somáticas relacionadas con la musculatura esquelética.
- Fibras eferentes viscerales relacionadas con el sistema nervioso autónomo (parasimpático) de la musculatura lisa, la musculatura cardíaca y las glándulas.
- Fibras aferentes somáticas especiales relacionadas con los órganos de los sentidos especiales de la vista y vestibulococlear.
- Fibras aferentes viscerales especiales relacionadas con los órganos de los sentidos especiales del olfato y el gusto.
- Fibras eferentes viscerales especiales relacionadas con los arcos branquiales.

Nervios craneales sensitivos

El llamado nervio olfatorio (I) es una prolongación del encéfalo, específicamente del telencéfalo (rinencéfalo) que está relacionada con el órgano del olfato. Está compuesto por fibras nerviosas sensitivas viscerales especiales, que no tienen ganglios por ser prolongaciones del encéfalo y se agrupan formando numerosos filamentos nerviosos (de 15 a 20) que en conjunto representan al nervio olfatorio (fig. 53.9). Estos filamentos nerviosos se inician en los receptores olfatorios constituidos por las células neurosensoriales olfatorias, localizadas en la región olfatoria de la mucosa nasal y desde aquí se extienden hacia arriba, penetran la cavidad craneal por la lámina cribosa del etmoides y terminan en los bulbos olfatorios situados en la porción orbitaria de la cara inferior de los hemisferios cerebrales, donde hacen sinapsis con las células mitrales de estas estructuras. A partir de los bulbos olfatorios continúan hacia atrás las vías olfatorias (ver vías de conducción nerviosa).

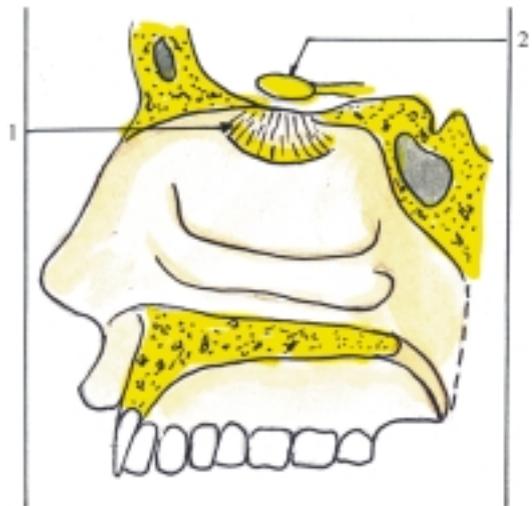


Fig. 53.9. Nervio olfatorio. 1. filamentos olfatorios, 2. bulbo olfatorio.

El nervio óptico (II) es una prolongación del encéfalo, específicamente del diencefalo, que está relacionada con el órgano de la vista. Está compuesto por fibras nerviosas sensitivas somáticas especiales, que carecen de ganglios por ser prolongaciones del encéfalo y se extienden desde las células ganglionares de la retina del ojo hasta el quiasma óptico (fig. 53.10).

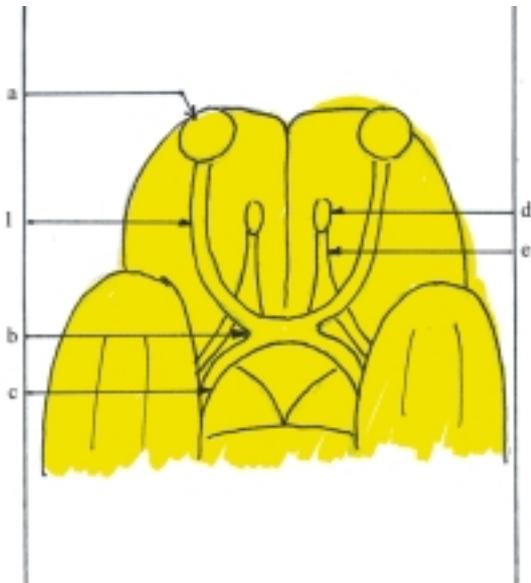


Fig. 53.10. Nervio óptico. 1. nervio óptico, a) bulbo ocular, b) quiasma óptico, c) tracto óptico, d) bulbo olfatorio, e) tracto olfatorio.

En la retina se encuentran 3 hileras de células nerviosas conectadas entre sí: 1. las células ópticas baciliformes y coniformes (en forma de bastones y conos), que constituyen los receptores de los estímulos luminosos o fotorreceptores, 2. las neuronas bipolares y 3. las neuronas multipolares o ganglionares. Los axones de estas últimas se concentran en la parte medial del polo posterior del bulbo ocular y forman la papila o el disco del nervio óptico, donde se inicia este nervio que se extiende hacia atrás y medialmente por el fondo de la órbita, atraviesa el canal óptico y penetra en la cavidad craneal donde termina uniéndose con el del lado opuesto y forma el quiasma óptico, situado en la porción orbitaria de la cara inferior de los hemisferios cerebrales. En el quiasma óptico las fibras más mediales del nervio se entrecruzan y a partir de esta estructura continúan hacia atrás las vías ópticas (ver vías de conducción nerviosa).

El nervio vestibulococlear (VIII), también conocido como estatoacústico o auditivo, consta de 2 partes, la vestibular y la coclear, relacionadas con los órganos del equilibrio y de la audición, respectivamente, situados en el oído interno. Cada parte de este nervio está compuesta por fibras nerviosas sensitivas somáticas especiales, que se inician en ganglios separados (ganglios vestibular y coclear), también situados en el oído interno y donde radican los cuerpos neurocelulares de estas fibras que son neuronas bipolares, con una prolongación periférica y otra central. Las prolongaciones periféricas de estos ganglios terminan en los receptores correspondientes

del oído interno. Los receptores del equilibrio estático se encuentran en el vestíbulo (máculas del utrículo y el sáculo) y los receptores del equilibrio dinámico se hallan en los conductos semicirculares (crestas ampollares), mientras que los receptores de la audición se localizan en la cóclea o caracol (órgano espiral o de Corti). Las prolongaciones centrales de estos 2 ganglios (vestibular y coclear) forman en el meato acústico interno las dos partes del nervio vestibular que en su conjunto penetran en la cavidad craneal a través del poro acústico interno, se extienden hacia el tronco encefálico, se implantan en las partes laterales del surco bulbo pontino y terminan en los núcleos correspondientes (vestibulares y cocleares), situados en el área vestibular cerca de los ángulos laterales de la fosa romboidea. A partir de estos núcleos continúan las vías vestibulares y auditivas separadas (ver vías de conducción nerviosa) (cuadro 53.5).

Cuadro 53.5. Nervios craneales sensitivos

Nervios	Tipo y territorio de inervación
I Olfatorio	Sensitivo visceral especial (región olfatoria de la mucosa nasal)
II Óptico	Sensitivo somático especial (retina del ojo)
VIII Vestibulococlear	Sensitivo somático especial (órganos del equilibrio y la audición en el oído interno)

Nervios craneales motores

El nervio oculomotor o motor ocular común (III) está relacionado con los miotomas precordales o preóticos e inerva la mayoría de los músculos del ojo. Está compuesto principalmente por fibras nerviosas motoras somáticas y viscerales (parasimpáticas). Las fibras motoras somáticas tienen su origen real o se inician en los núcleos motores del nervio oculomotor situados en el mesencéfalo, específicamente en la parte dorsal de los pedúnculos cerebrales, al nivel de los colículos superiores, e inervan la mayoría de los músculos extrínsecos del ojo. Las fibras motoras viscerales (parasimpáticas) se inician en los núcleos accesorios de este nervio situados cerca del núcleo motor, hacen sinapsis en el ganglio ciliar e inervan los músculos intrínsecos del ojo. El nervio oculomotor tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico por el borde medial de cada pedúnculo cerebral, sale de la cavidad craneal por la fisura orbitaria superior y penetra en la órbita donde se divide en 2 ramos (superior e inferior). El ramo superior inerva los músculos recto superior del ojo y elevador de párpado

superior. El ramo inferior inerva otros músculos extrínsecos del ojo (músculos oblicuo inferior, recto inferior y recto medial). Del ramo inferior parte la raíz oculomotora, con fibras parasimpáticas que hacen sinapsis en el ganglio ciliar situado en la órbita e inervan los músculos intrínsecos del ojo (músculos esfínter de la pupila y ciliar).

El nervio troclear o patético (IV) está relacionado con los miotomas preóticos e inerva un músculo extrínseco del ojo (músculo oblicuo superior). Está compuesto sobre todo por fibras nerviosas motoras somáticas que se inician en el núcleo motor de este nervio, localizado en el mesencéfalo, específicamente en la parte dorsal de los pedúnculos cerebrales, al nivel de los colículos inferiores e inervan el músculo oblicuo superior del ojo. El nervio troclear tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico por el techo mesencefálico, debajo de los colículos inferiores, luego rodea el borde lateral de cada pedúnculo cerebral y sale de la cavidad craneal por la fisura orbitaria superior, hacia la órbita, donde inerva el músculo del ojo ya mencionado.

El nervio abductor o motor ocular externo (VI) está relacionado con los miotomas preóticos e inerva un músculo extrínseco del ojo (músculo recto lateral). Está compuesto esencialmente por fibras nerviosas motoras somáticas que se inician en el núcleo motor de este nervio, situado en la parte dorsal del puente e inerva el músculo recto lateral del ojo. El nervio abductor tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico por la parte medial del surco bulbopontino, sale de la cavidad craneal por la fisura orbitaria superior y penetra en la órbita, e inerva el músculo del ojo correspondiente.

El nervio accesorio o espinal (XI) (fig. 53.13) está relacionado con los últimos arcos branquiales y consta de 2 partes (craneal y espinal), que en general inervan a los músculos derivados de estos arcos; su parte craneal junto con el nervio vago inerva a los músculos de la faringe y laringe y su parte espinal a 2 músculos que se extienden hacia abajo por el cuello y el dorso del tronco (músculos esternocleidomastoideo y trapecio). Este nervio está compuesto principalmente por fibras nerviosas motoras viscerales (branquiales), que se inician en 2 núcleos motores situados en lugares distintos: el núcleo ambiguo en la médula oblongada y el núcleo espinal en las astas anteriores de la sustancia gris correspondiente a los segmentos cervicales de la médula espinal. De acuerdo con el doble origen real de este nervio se describen 2 partes o raíces (craneal y espinal). La parte craneal emerge con varias raíces del tronco encefálico, por el surco posterolateral de la médula oblongada, debajo de las raíces del nervio vago; mientras que la parte espinal emerge también por varias raíces, pero por la cara lateral de la región cervical de la médula espinal. Esta última parte asciende por el canal

vertebral, atraviesa el agujero magno del occipital y penetra en la cavidad craneal donde se une con la parte craneal y forma el tronco del nervio accesorio que sale de la cavidad craneal por el agujero yugular, junto con la vena yugular interna y los nervios vagos y glossofaríngeo y se divide en 2 ramos (interno y externo). El ramo interno contiene principalmente fibras procedentes de la parte craneal, se une al nervio vago, e inerva los músculos de la faringe y la laringe (nervios faríngeos y laríngeo recurrente). El ramo externo contiene principalmente fibras provenientes de la parte espinal e inerva los músculos esternoclei-domastoideo y trapecio.

El nervio hipogloso (XII) (fig. 53.13) está relacionado con los miotomas occipitales e inerva los músculos de la lengua. Está compuesto fundamentalmente por fibras nerviosas motoras somáticas que se inician en el núcleo motor de este nervio, localizado en la médula oblongada, al nivel del triángulo hipogloso de la fosa romboidea e inerva a los músculos extrínsecos e intrínsecos de la lengua. El nervio hipogloso tiene su origen aparente o emerge con varias raíces del tronco encefálico, por el surco anterolateral de la médula oblongada, sale de la cavidad craneal por el canal del hipogloso y se dirige hacia delante, luego se une en parte de su trayecto con la raíz superior del asa cervical (plexo cervical), de la cual se separa y penetra en la musculatura de la lengua (cuadro 53.6).

Cuadro 53.6. *Nervios craneales motores*

Nervios	Tipo y territorio de inervación
III Oculomotor	Motor somático (mayoría de los músculos extrínsecos del ojo) Motor visceral (parasimpático) (músculos esfínter de la pupila y ciliar)
IV Troclear	Motor somático (músculo oblicuo superior del ojo)
VI Abductor	Motor somático (músculo recto lateral del ojo)
XI Accesorio	Motor visceral (branquial) (músculos de faringe y laringe) (músculos esternocleidomastoideo y trapecio)
XII Hipogloso	Motor somático (músculos de la lengua)

Nervios craneales mixtos

El nervio trigémino (V) (fig. 53.11) está relacionado con el I arco branquial y en general es sensitivo de la cara

y de las estructuras que se encuentran en sus cavidades. Además es motor de los músculos que derivan de este arco. Está compuesto por fibras nerviosas sensitivas somáticas y motoras viscerales (branquiales). Las fibras sensitivas somáticas se inician en el ganglio semilunar o trigémino (de Gasser), situado en la fosa craneal media (en la cara anterior de la porción petrosa del temporal cerca de su vértice). Las prolongaciones periféricas de este ganglio forman 3 ramos (oftálmico, maxilar y mandibular), que en general conducen los impulsos nerviosos de la sensibilidad general procedente de la cara, bulbo ocular, mucosas nasales y oral, dientes y parte de la lengua. Las prolongaciones centrales del ganglio trigémino forman la raíz sensitiva que se dirige hacia el tronco encefálico y termina en los núcleos sensitivos del nervio trigémino (mesencefálico, pontino y espinal), situados en el mesencéfalo, puente y médula oblongada. Las fibras motoras viscerales (branquiales) se inician en el núcleo motor del nervio trigémino localizado en la parte dorsal del puente y en general inervan los músculos derivados del I arco branquial que actúan en la masticación.

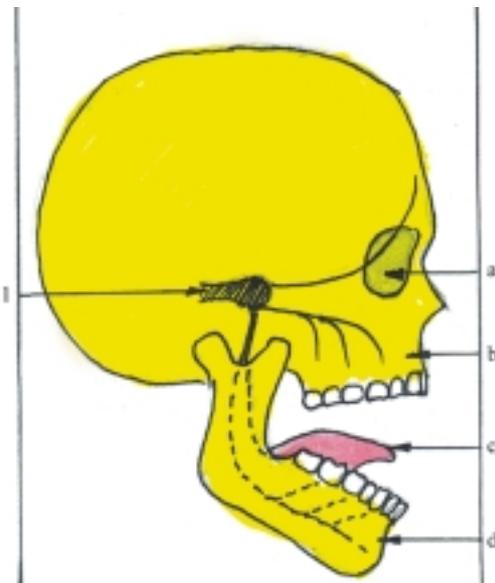


Fig. 53.11. Nervio trigémino. 1. nervio trigémino con su ganglio trigeminal (de Gasser) y sus ramas: oftálmica, maxilar y mandibular, a) órbita, b) maxilar, c) lengua, d) mandíbula.

El nervio trigémino tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico mediante 2 raíces, sensitiva y motora, específicamente por la parte lateral de la cara anterior del puente, cerca del lugar donde se inicia el péndulo cerebeloso medio. Estas 2 raíces en conjunto constituyen el tronco del nervio trigémino, que se dirige hacia delante hasta el ganglio trigeminal donde las fibras sensitivas forman 3 ramos (oftálmico, maxilar y

mandibular), mientras que las fibras motoras se incorporan al ramo mandibular.

El ramo oftálmico es sensitivo, sale de la cavidad craneal por la fisura orbitaria superior, penetra en la órbita y se divide en 3 ramos (nervios frontal, nasociliar y lagrimal) que inervan la piel de la frente, párpado superior, dorso de la nariz, el bulbo ocular y la mucosa de la parte anterior de la cavidad nasal.

El ramo maxilar es sensitivo, sale de la cavidad craneal por el agujero redondo, penetra en la fosa pterigopalatina, donde se continúa con el nervio infraorbitario que atraviesa la fisura orbitaria inferior y penetra en la órbita. En el trayecto de los nervios maxilar e infraorbitario parten varios ramos (ejemplo; nervios alveolares superiores, cigomáticos y pterigopalatinos) que inervan la piel del párpado inferior, labio superior, parte lateral de la nariz, parte anterior de la mejilla y de la región temporal, la mucosa de la parte posterior de la cavidad nasal y del paladar y los dientes superiores con las encías de esta región.

El ramo mandibular es mixto, sale de la cavidad craneal por el agujero oval, penetra en la fosa infratemporal donde emite varios ramos que se agrupan en sensitivos y motores. Los ramos sensitivos (ejemplo; nervios lingual, bucal, alveolar inferior y auriculotemporal) inervan la piel del labio inferior, mentón, parte posterior de la mejilla y la región temporal, parte anterior de la oreja, meato acústico externo, la mucosa de la región bucal y la parte anterior del dorso de la lengua y los dientes inferiores con las encías de esta región. Los ramos musculares inervan los músculos que derivan del I arco branquial (músculos masticadores y suprahioides que se insertan en la mandíbula).

En las regiones cercanas al trayecto de los ramos principales del nervio trigémino se encuentran pequeños ganglios que pertenecen al sistema nervioso autónomo (parasimpático); nervio oftálmico (ganglio ciliar), nervio maxilar (ganglio pterigopalatino), nervio mandibular (ganglio ótico), nervio lingual (ganglio submandibular).

El nervio facial (VII) está relacionado con el II arco branquial y el órgano del gusto. En general es motor de los músculos que derivan de este arco, motor secretor de la mayoría de las glándulas contenidas en las cavidades de la cara y sensitivo especial gustativo de la parte anterior de la lengua.

El nervio facial consta de 2 partes: el nervio facial propiamente dicho (motor) y el nervio intermedio (mixto). El nervio facial propiamente dicho está compuesto principalmente por fibras nerviosas motoras viscerales (branquiales), que se inician en el núcleo motor de este nervio, situado en la parte dorsal del puente e inervan los músculos derivados del II arco branquial que actúan en la mímica de la cara y el

cuello. El nervio intermedio (de Wrisberg) está compuesto por fibras nerviosas motoras viscerales (parasimpáticas), que se inician en el núcleo salivatorio superior localizado en el puente y en su distribución una parte de sus fibras van por la cuerda del tímpano, hacen sinapsis en el ganglio submandibular e inervan las glándulas salivales, submandibular y sublingual; otras fibras van por el nervio petroso mayor, hacen sinapsis en el ganglio pterigopalatino e inervan las glándulas lagrimales y de las mucosas nasal y palatina. Este nervio también contiene fibras nerviosas sensitivas viscerales especiales (del gusto) que se inician en el ganglio geniculado, situado en el espesor de la porción petrosa del temporal (canal facial), cuya prolongación periférica va por la cuerda del tímpano e inerva los receptores gustativos de la parte anterior de la lengua y su prolongación central se dirige al tronco encefálico y termina en el núcleo solitario al nivel del puente.

El nervio facial tiene su origen aparente o emerge con sus 2 raíces (nervio facial y nervio intermedio) del tronco encefálico por el surco bulbopontino, medialmente al nervio vestibulococlear y junto con este penetra en el meato acústico interno, donde continúa su trayecto en el espesor de la porción petrosa del temporal, hasta salir definitivamente de la cavidad craneal por el agujero estilomastoideo del temporal y penetra en el espesor de la glándula parotídea, donde se divide en varios ramos que inervan los músculos derivados del II arco branquial (músculos faciales o de

la mímica, platisma y suprahioides que no se insertan en la mandíbula) (fig. 53.12).

En su trayecto intrapetroso emite varios ramos, entre los que se destacan los correspondientes al nervio intermedio (nervios cuerda del tímpano y petroso mayor). La cuerda del tímpano es un ramo mixto con fibras parasimpáticas y gustativas, sale de la región intrapetrosa por la fisura petrotimpánica, se dirige hacia delante y se une al nervio lingual (de la rama mandibular del nervio trigémino). El nervio petroso mayor contiene fibras parasimpáticas, emerge de la región intrapetrosa por un pequeño canal situado en la cara anterior de la porción petrosa del temporal y sale de la cavidad craneal por el agujero rasgado.

El nervio glossofaríngeo (IX) (fig. 53.13) está relacionado con el III arco branquial y el órgano del gusto. En general es sensitivo de la parte posterior de la lengua y la faringe, motor de un solo músculo de la faringe (músculo estilofaríngeo) y motor secretor de la glándula parotídea. Este nervio está compuesto por varios tipos de fibras nerviosas, las fibras motoras viscerales (branquiales) se inician en el núcleo ambiguo situado en la médula oblongada e inervan al músculo estilofaríngeo. Las fibras motoras viscerales (parasimpáticas) se inician en el núcleo salivatorio inferior situado en la médula oblongada, hacen sinapsis en el ganglio ótico e inervan la glándula parotídea. Las fibras sensitivas viscerales (generales y especiales) se inician en los ganglios superior e inferior del nervio glossofaríngeo, situados en la base

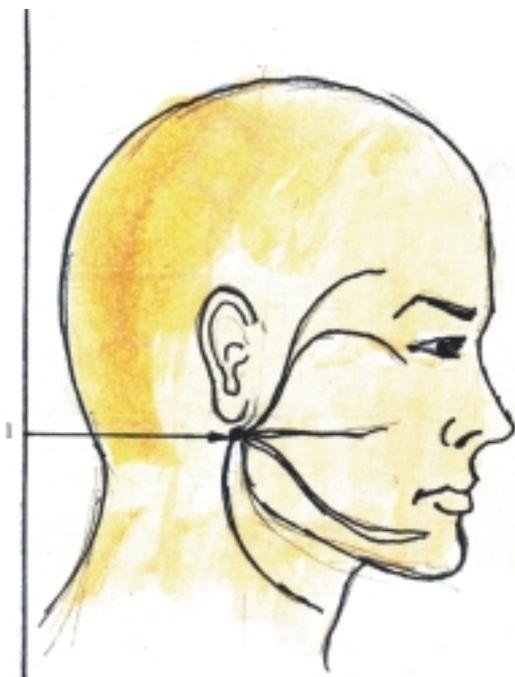


Fig. 53.12. Nervio facial. 1. nervio facial con sus ramas.

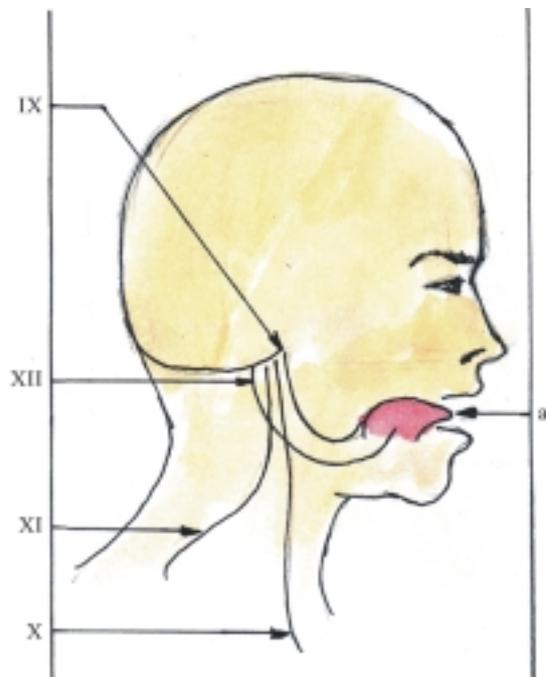


Fig. 53.13. Últimos nervios craneales. IX. nervio glossofaríngeo, X. nervio vago, XI. nervio accesorio, XII. nervio hipogloso, a) lengua.

del cráneo al nivel del agujero yugular, cuyas prolongaciones periféricas contienen fibras que conducen la sensibilidad general (de la parte posterior de la lengua, faringe y cavidad timpánica) y fibras de la sensibilidad especial gustativa (de la parte posterior de la lengua), mientras que sus prolongaciones centrales terminan en el núcleo solitario de la médula oblongada.

El nervio glossofaríngeo tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico con varias raíces, por la parte superior del surco posterolateral de la médula oblongada, sale de la cavidad craneal por el agujero yugular donde se encuentran los ganglios superior e inferior de este nervio, luego se dirige hacia delante y distribuye sus ramos por las regiones de la lengua, faringe y glándula parotídea (nervios timpánico, petroso menor, lingual, del músculo estilofaríngeo, faríngeos, tonsilares y del seno carotídeo). El nervio timpánico penetra en la cavidad timpánica donde forma el plexo timpánico y se continúa con el nervio petroso menor que hace sinapsis con el ganglio ótico, cuyas fibras motoras parasimpáticas inervan la glándula parotídea. El nervio lingual contiene fibras sensitivas (generales y especiales) que inervan la parte posterior del dorso de la lengua. Los otros ramos de este nervio inervan las estructuras que indican sus nombres.

El nervio vago o neumogástrico (X) (fig. 53.13) está relacionado con el IV arco branquial y el órgano del gusto, es el más largo de los nervios craneales y tiene una amplia distribución, que inerva estructuras y órganos situados en la cabeza, cuello, cavidades torácica y abdominal, correspondientes a los aparatos cardiovascular, respiratorio, digestivo y renal; es motor de los músculos de la faringe y laringe, motor parasimpático de las vísceras torácicas y abdominales y sensitivo de todas las estructuras que inerva. Está compuesto por varios tipos de fibras nerviosas. Las fibras motoras viscerales (branquiales) se inician en el núcleo ambiguo situado en la médula oblongada e inervan los músculos derivados del IV arco branquial (músculos del paladar blando, faringe y laringe). Las fibras motoras viscerales (parasimpáticas) se inician en el núcleo dorsal del vago situado en la médula oblongada, hacen sinapsis en los ganglios terminales cercanos a las vísceras que inerva pertenecientes a los aparatos cardiovascular (corazón y vasos), respiratorio (tráquea y bronquios), digestivo (esófago, estómago, intestino delgado y grueso hasta el colon transversal, hígado y páncreas) y riñones. Las fibras sensitivas viscerales se inician en los ganglios superior e inferior del nervio vago, situados en la base del cráneo al nivel del agujero yugular, cuyas prolongaciones periféricas contienen fibras de la sensibilidad general de todas las estructuras que inervan y fibras de la sensibilidad especial gustativa de la raíz de la lengua; mientras que sus prolongaciones centrales terminan en el núcleo solitario situado en la médula oblongada.

El nervio vago tiene su origen aparente o emerge del tronco encefálico mediante varias raíces, por el surco posterolateral de la médula oblongada, debajo del nervio glossofaríngeo, sale del cráneo por el agujero yugular donde se encuentran los ganglios superior e inferior de este nervio, desciende por el cuello y forma parte del paquete vasculonervioso de esta región, desciende por la cavidad torácica adosado al esófago en cuyo tercio inferior forma los plexos anterior y posterior del esófago, de donde parten los troncos vagales anterior y posterior que contienen fibras de ambos nervios vagos y atraviesan el hiato esofágico del diafragma. En la cavidad abdominal se distribuyen sus ramos por todos los órganos que inervan en esta cavidad, excepto los situados en la cavidad pelviana. El nervio vago también emite numerosos ramos en su trayecto por las distintas regiones (craneal, cervical y torácica) que inervan órganos situados en estas (cuadro 53.7).

Cuadro 53.7. *Nervios craneales mixtos*

Nervios	Tipo y territorio de inervación
V Trigémino	Motor visceral (branquial) (músculos masticadores y suprahioides que se insertan en la mandíbula) Sensitivo somático general (piel de la cara, bulbo ocular, mucosas nasal y oral, dientes y parte anterior de la lengua)
VII Facial	Motor visceral (branquial) (músculos faciales, platisma, y suprahioides que no se insertan en la mandíbula) Motor visceral (parasimpático) (glándulas lagrimal, nasales y salivales, excepto la parótida) Sensitivo visceral especial (gustativo) (parte anterior de la lengua)
IX Glossofaríngeo	Motor visceral (branquial) (músculo estilofaríngeo) Motor visceral (parasimpático) (glándula parótida) Sensitivo visceral especial (gustativo) (parte posterior de la lengua) Sensitivo visceral general (parte posterior de la lengua y faringe)
X Vago	Motor visceral (branquial) (músculo de la faringe y laringe) Motor visceral (parasimpático) (vísceras de las cavidades torácica y abdominal) Sensitivo visceral especial (gustativo) (raíz de la lengua) Sensitivo visceral general (de las estructuras y órganos que inerva)

54. Sistema nervioso autónomo

División funcional del sistema nervioso

Ya se explicó antes que el sistema nervioso se divide, desde el punto de vista funcional, en 2 partes: de la vida de relación o animal (somático, cerebroespinal o voluntario) y de la vida orgánica o vegetativa, más conocido como autónomo (visceral, ganglionar o involuntario). Esta división funcional no significa que existen 2 sistemas distintos desde el punto de vista anatómico, sino que son 2 aspectos de un mecanismo neural único muy relacionados, central y periféricamente, de manera que ambos se influyen de forma recíproca y constituyen una unidad integral. Esto explica cómo los cambios en el estado de la actividad nerviosa superior se reflejan en las funciones de los órganos internos y a la inversa, cómo los cambios del medio interno del organismo influyen sobre el estado de la actividad nerviosa superior. También explica por qué algunos estímulos somáticos pueden provocar reflejos viscerales y lo contrario, algunos cambios viscerales pueden provocar respuestas somáticas motoras.

Ambas partes del sistema nervioso (somática y visceral) están organizadas sobre la base del arco reflejo, cuyos componentes se encuentran entremezclados y asociados en los distintos niveles del sistema nervioso y subordinados a la corteza cerebral, la cual dirige todos los procesos del organismo, pero presentan algunas diferencias morfofuncionales, especialmente en las fibras eferentes o motoras que se dirigen a los órganos efectores.

Diferencias entre las 2 partes funcionales del sistema nervioso

El sistema nervioso de la vida de relación o animal controla las funciones de las estructuras somáticas correspondientes a la musculatura estriada esquelética,

esto permite efectuar los cambios necesarios para la adaptación del organismo a las variaciones del medio exterior, y en general sus reacciones son dependientes de la voluntad; mientras que el sistema nervioso de la vida orgánica o vegetativa controla las funciones de las estructuras viscerales representadas por la musculatura cardíaca, la musculatura lisa de las vísceras y de los vasos y las glándulas, e interviene en las funciones tróficas (de nutrición) de todos los tejidos del organismo, lo que permite efectuar las modificaciones necesarias para mantener la constancia del medio interno (homeostasis), y en general sus reacciones son involuntarias, por lo tanto tienen un cierto grado de autonomía; aunque en realidad las regulaciones neurovegetativas se integran en los distintos niveles del sistema nervioso central (médula espinal, formación reticular del tronco encefálico, hipotálamo, sistema límbico y corteza cerebral).

Las diferencias morfológicas fundamentales entre las 2 partes funcionales del sistema nervioso, estriban en las características de las fibras nerviosas eferentes. En el sistema nervioso de la vida de relación o animal (somático) las fibras eferentes salen en orden consecutivo del sistema nervioso central (tronco encefálico y médula espinal); conservan esta segmentación en la periferia y alcanzan sin interrupción a los órganos efectores somáticos, limitados a la musculatura estriada esquelética; mientras que en el sistema nervioso de la vida orgánica o vegetativa (visceral o autónomo), las fibras eferentes salen de algunas porciones del sistema nervioso central (tronco encefálico y médula espinal), y se interrumpen en su trayecto hacia los órganos efectores, al hacer sinapsis en los ganglios viscerales o autónomos que están organizados en 3 grupos: 1. del tronco simpático o laterovertebrales, 2. intermedios o prevertebrales y 3. terminales, cercanos a los órganos. Por lo tanto, se distinguen 2 tipos de fibras eferentes: las preganglionares y las posganglionares. Además, las fibras eferentes del sistema nervioso autónomo forman plexos nerviosos perivasculares cercanos a los órganos que inervan y tienen una amplia distribución por el organismo.

Arcos reflejos de los sistemas somático y visceral

Para facilitar la comprensión de las diferencias morfológicas que existen entre los arcos reflejos de los sistemas de la vida animal o somático y de la vida vegetativa o visceral, se presenta a continuación de forma resumida la descripción de estos, sobre un arco reflejo simple al nivel de la médula espinal, compuesto por 3 neuronas: receptora, intercalar y efectora (fig. 54.1).

En el arco reflejo del sistema nervioso de la vida de relación o animal (somático), las neuronas receptoras tienen sus cuerpos celulares en los ganglios espinales, sus prolongaciones periféricas se dirigen hacia los receptores somáticos (exteroceptores y propioceptores) y sus prolongaciones centrales penetran en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales y terminan haciendo sinapsis con las neuronas intercalares, cuyos cuerpos celulares se encuentran en los núcleos sensitivos de las astas posteriores y sus axones se extienden hacia delante y terminan haciendo sinapsis con las neuronas efectoras. Estas tienen sus cuerpos celulares en los núcleos motores de las astas anteriores y sus axones salen de la médula espinal por las raíces anteriores de los nervios espinales, y se dirigen directamente hacia los órganos efectores.

En el arco reflejo del sistema nervioso de la vida orgánica o vegetativa (visceral o autónomo) las neuronas receptoras tienen también sus cuerpos

celulares en los ganglios espinales, pero sus prolongaciones periféricas se dirigen hacia los receptores viscerales (interoceptores) y sus prolongaciones centrales, al igual que las somáticas, penetran en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales y terminan haciendo sinapsis con las neuronas intercalares a partir de las cuales se aprecian las diferencias fundamentales entre los 2 tipos de arcos reflejos. Estas neuronas tienen los cuerpos celulares en los núcleos vegetativos de las astas laterales y sus axones salen de la médula espinal por las raíces anteriores de los nervios espinales haciendo sinapsis con las neuronas efectoras, cuyos cuerpos celulares se localizan en los ganglios viscerales o autónomos y sus axones se dirigen hacia los órganos efectores.

Como se puede observar, las neuronas receptoras de los 2 arcos reflejos (somático y visceral) tienen los cuerpos celulares en los ganglios espinales, donde establecen conexiones. Las neuronas intercalares tienen sus cuerpos celulares en distintos lugares de la sustancia gris de la médula espinal. Las neuronas efectoras también tienen sus cuerpos celulares en lugares distintos, pero las somáticas se encuentran en las astas anteriores de la sustancia gris de la médula espinal y las viscerales en los ganglios viscerales o autónomos. Esto ha dado motivo para designar al sistema somático como cerebro espinal y al visceral como ganglionar. La característica principal del sistema nervioso autónomo es la presencia de ganglios viscerales en la vía eferente, que está compuesta por 2 tipos de fibras (preganglionares y posganglionares).

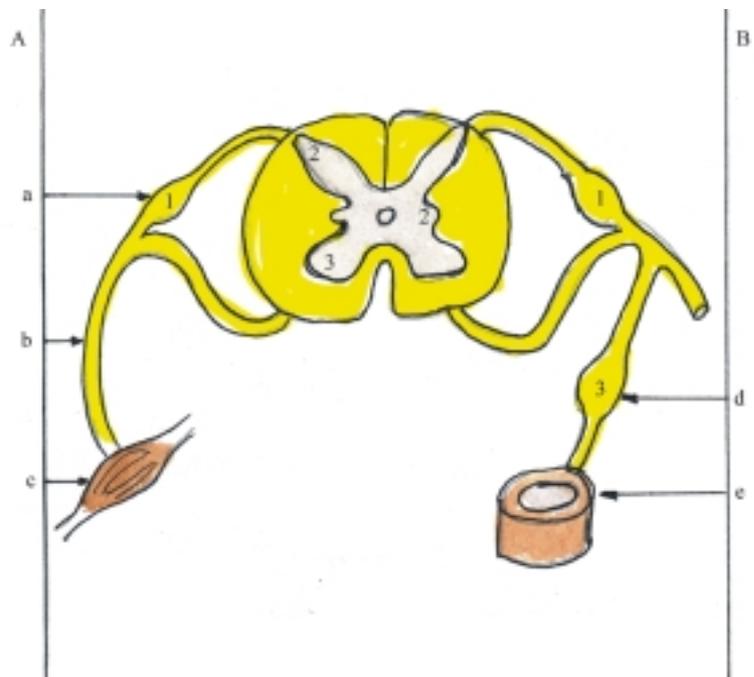


Fig. 54.1. Arcos reflejos. A. Somáticos, B. Viscerales, a) ganglio espinal en la raíz posterior, b) nervio espinal, c) órgano efector somático, d) ganglio autónomo, e) órgano efector visceral, 1. cuerpo celular de la neurona receptora, 2. cuerpo celular de neurona intercalar, 3. cuerpo celular de neurona efectora.

Las fibras preganglionares son los axones de las neuronas intercalares que se caracterizan porque son gruesas, con abundante mielina (ejemplo; ramas comunicantes blancas). Las fibras posganglionares son los axones de las neuronas efectoras que se caracterizan porque son delgadas, con poca mielina (ejemplo; ramas comunicantes grises).

División del sistema nervioso visceral o autónomo

Teniendo en cuenta las características morfofuncionales de las fibras eferentes, el sistema nervioso visceral o autónomo se subdivide en 2 partes: la simpática que realiza las funciones de adaptación rápida y global del organismo y la parasimpática que efectúa las funciones más sedentarias y localizadas.

En general, las fibras eferentes de las 2 partes del sistema nervioso autónomo (simpática y parasimpática) inervan la mayoría de los órganos (doble inervación), sobre los cuales ejercen efectos opuestos (de excitación e inhibición), lo que no implica la existencia de un antagonismo entre estas, sino una acción recíproca de influencias contrapuestas que se complementan armónicamente y constituyen un sistema único que mantiene un equilibrio funcional de forma más o menos continua (actividad tónica).

Sin embargo, existen algunos órganos que están controlados fundamentalmente por una de las 2 partes del sistema nervioso autónomo. Por ejemplo; en la mayoría de los vasos sanguíneos sistémicos predomina el simpático y en la vejiga urinaria el parasimpático.

El sistema nervioso autónomo también se divide desde el punto de vista farmacológico, sobre la base de la naturaleza química de los mediadores que liberan en las terminaciones de las fibras nerviosas eferentes, que en general se conocen como sustancias transmisoras sinápticas (noradrenalina y acetilcolina).

Las fibras nerviosas que liberan noradrenalina se denominan adrenérgicas y se encuentran en la mayoría de las neuronas posganglionares simpáticas.

Las fibras nerviosas que secretan acetilcolina se llaman colinérgicas y se encuentran en las neuronas posganglionares parasimpáticas, las neuronas posganglionares simpáticas que inervan las glándulas sudoríparas y los vasos sanguíneos de los músculos esqueléticos y en todas las neuronas preganglionares.

En resumen, la mayoría de las neuronas posganglionares simpáticas son adrenérgicas y en general las neuronas posganglionares parasimpáticas son colinérgicas.

Parte simpática del sistema nervioso autónomo

En general, la parte simpática del sistema nervioso autónomo se caracteriza porque tiene una amplia distribución por el cuerpo, está muy relacionada con los vasos sanguíneos y la médula suprarrenal y sus efectos son más generalizados. Inerva estructuras correspondientes a la parte visceral del cuerpo (vasos sanguíneos, vísceras y glándulas) y estructuras de la parte somática (vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos erectores del pelo) y la mayoría de sus fibras posganglionares son adrenérgicas, excepto las que inervan las glándulas sudoríparas y los vasos sanguíneos de los músculos esqueléticos.

El simpático asegura la intensa actividad del organismo ante situaciones de tensión y alarma (estrés), en las que hay un gasto de energía con predominio del catabolismo y la desasimilación. Sus efectos más destacados son los siguientes: dilatación de las pupilas, y de los vasos sanguíneos coronarios y musculares esqueléticos; constricción de los vasos sanguíneos cutáneos y viscerales; aumento de la actividad cardíaca, la presión arterial y la capacidad de trabajo de los músculos esqueléticos; disminución del peristaltismo gastrointestinal y de la secreción de las glándulas en general, pero aumenta en las sudoríparas y la médula suprarrenal. Además aumenta la concentración de glucosa en sangre, el metabolismo basal y la actividad mental.

Los componentes centrales del sistema simpático corresponden a los núcleos vegetativos (intermedios laterales) situados en las astas laterales de los segmentos toracolumbares de la médula espinal (T I- L II) (figs. 54.2 y 54.3).

Los componentes periféricos del sistema simpático están representados por los ganglios del tronco simpático o laterovertebrales, los ganglios intermedios o prevertebrales y las fibras nerviosas eferentes (preganglionares y posganglionares) que conforman los nervios, ramos y plexos nerviosos correspondientes a esta parte del sistema nervioso autónomo; con la particularidad de que las fibras preganglionares son cortas y las posganglionares son largas, porque los ganglios antes mencionados se encuentran algo alejados de los órganos efectores.

Componentes periféricos simpáticos (figs. 54.2 y 54.3)

Los ganglios del tronco simpático o laterovertebrales son una serie de ganglios unidos entre sí por los ramos

Fig. 54.2. Trayecto de fibras nerviosas simpáticas. A. Ganglio espinal en la raíz posterior, B. Nervio espinal. C. Órgano efector visceral, a) fibra preganglionar b) fibra posganglionar c) fibra posganglionar hacia el órgano efector, 1. núcleos vegetativos simpáticos en las astas laterales de la médula espinal, 2. sinapsis en ganglio del tronco simpático o laterovertebral, 3. sinapsis en ganglio intermedio o prevertebral.

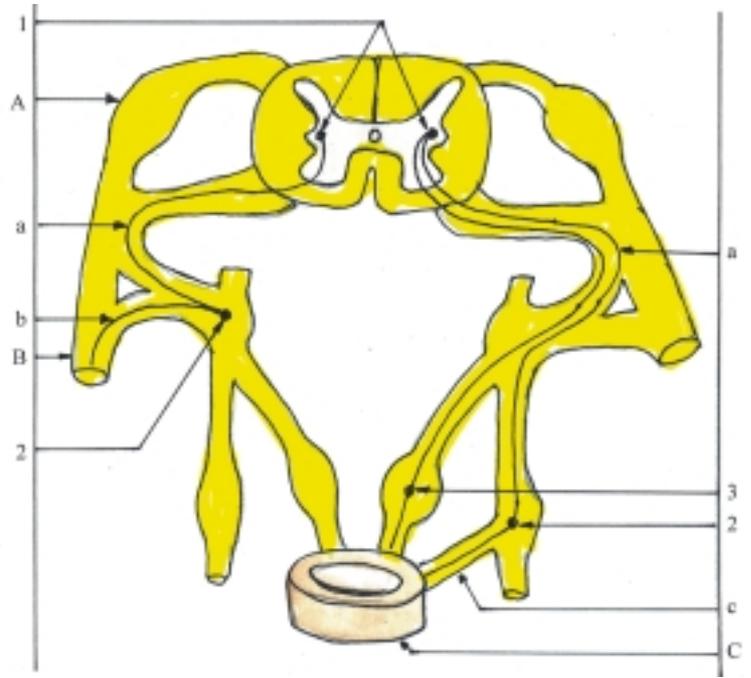
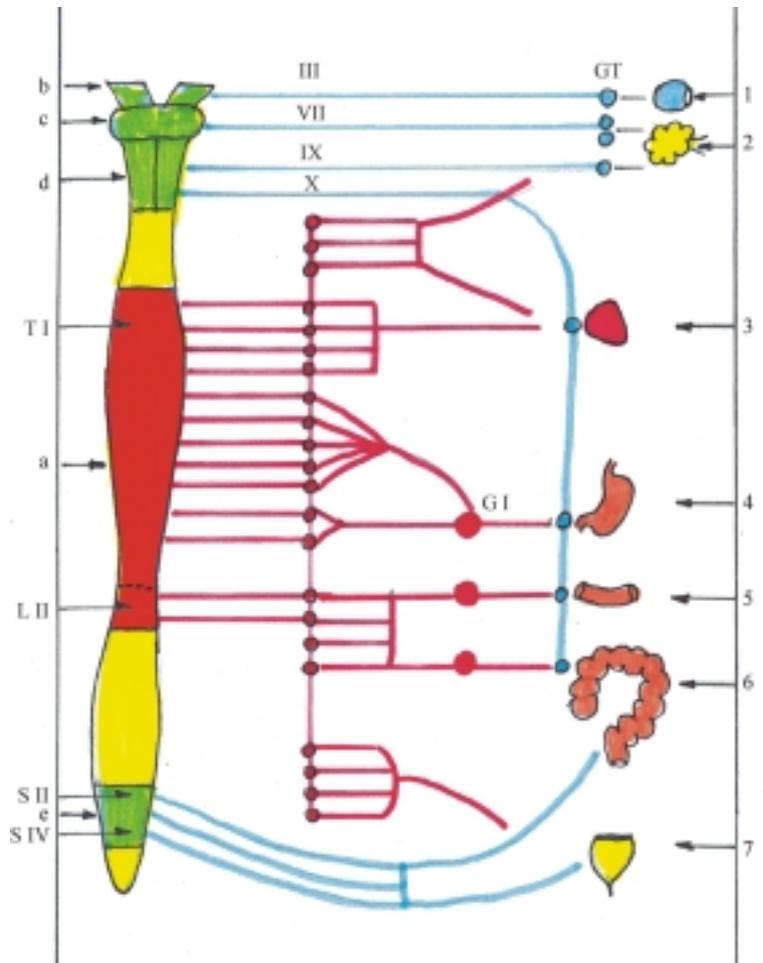


Fig. 54.3. Sistema nervioso autónomo. En rojo el simpático. En azul el parasimpático, a) porción toracolumbar de la médula espinal T1 – LII, b) mesencéfalo con nervio oculomotor (III), c) puente con nervio facial (VII), d) médula oblongada con nervios glossofaríngeo (IX) y vago (X), e) porción sacra de la médula espinal SII – SIV, 1. ojo, 2. glándulas de la cabeza (salivales y lagrimales), 3. corazón, 4. estómago, 5. intestino delgado, 6. intestino grueso, 7. vejiga urinaria, GTS. ganglios del tronco simpático, GI. ganglios intermedios, GT. ganglios terminales.



interganglionares, que forman en conjunto un par de cordones o troncos que tienen el aspecto de cadenas, en las que se destacan los abultamientos formados por los ganglios y que están situados a ambos lados de la columna vertebral (derecha e izquierda), desde la base del cráneo hasta el cóccix. Cada tronco simpático se divide para facilitar su estudio en 4 porciones: cervical, torácica, lumbar o abdominal y sacra o pelviana, y el número de ganglios que posee es menor que el de los nervios espinales, por la tendencia que tienen estos ganglios de fusionarse. En total son alrededor de 22 pares (3 cervicales, 11 torácicos, 4 lumbares y 4 sacros). Con relativa frecuencia los ganglios cervical inferior y primer torácico se fusionan y forman el ganglio cérvico - torácico o estrellado. El bloqueo de este ganglio mediante la inyección de un anestésico local se utiliza en algunos trastornos vasomotores de los miembros superiores (espasmos y oclusiones vasculares).

Los ganglios intermedios o prevertebrales están más alejados del neuroeje (médula espinal) que los del tronco simpático, se disponen de una forma más irregular y se sitúan por delante de la columna vertebral. Los más destacados son los ganglios de los plexos autónomos o viscerales localizados alrededor de la aorta abdominal y sus ramas principales (ganglios celíacos, aorticorrenales, mesentérico superior y mesentérico inferior).

Las fibras preganglionares simpáticas salen de la región toracolumbar de la médula espinal por las raíces anteriores de los nervios espinales, luego de un corto trayecto abandonan estos nervios y forman los ramos comunicantes blancos que están conectados con el tronco simpático del lado correspondiente. Parte de estas fibras hacen sinapsis en los ganglios del tronco simpático situados en el lugar por donde penetran o en otros localizados por arriba o por abajo. También existen fibras preganglionares simpáticas que atraviesan estos ganglios y terminan haciendo sinapsis en los ganglios intermedios o prevertebrales, aunque algunas de estas fibras procedentes de los segmentos torácicos medios, se dirigen directamente a la médula suprarrenal que tiene características morfofuncionales similares a las de los ganglios simpáticos.

Las fibras posganglionares simpáticas se originan en los ganglios del tronco simpático y en los ganglios intermedios y se dirigen hacia los órganos efectores. Parte de las fibras posganglionares que se originan en los ganglios del tronco simpático se dirigen hacia los nervios espinales, y conforman los ramos comunicantes grises que inervan estructuras de la parte somática del cuerpo (vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos erectores del pelo). Otras fibras posganglionares que se originan en los ganglios del tronco simpático, al igual que las

originadas en los ganglios intermedios, se dirigen directamente hacia las vísceras que inervan.

En general, las fibras preganglionares y algunas posganglionares del sistema simpático (toracolumbar) forman parte de los nervios espinales (ramos comunicantes blancos y grises), con la particularidad de que los ramos comunicantes blancos están limitados a los nervios espinales torácicos y lumbares superiores, mientras que los ramos comunicantes grises se encuentran en todos los nervios espinales. Además, las fibras preganglionares que no hacen sinapsis en los ganglios del tronco simpático y las fibras posganglionares, forman parte de los nervios simpáticos que se ramifican y forman los plexos autónomos o viscerales, situados alrededor de vasos sanguíneos importantes o cerca de las paredes de las vísceras.

De los 3 ganglios cervicales del tronco simpático (superior, medio e inferior) parten nervios simpáticos que se dirigen hacia la cabeza, el cuello y la cavidad torácica e inervan estructuras de estas regiones (ejemplo; nervios carotídeos externo e interno, vertebral, cardíacos, cervicales superior, medio e inferior y ramos laringofaríngeos). Estos nervios generalmente se ramifican y forman plexos nerviosos autónomos (ejemplo: plexos carotídeos externo e interno, vertebral, cardíaco y faríngeo).

De los 4 ganglios torácicos superiores del tronco simpático parten nervios y ramos nerviosos simpáticos que inervan órganos situados en la cavidad torácica (ejemplo: nervios cardíaco torácico, ramos pulmonares y esofágicos). Estos nervios también se ramifican y forman plexos autónomos homónimos.

De los 7 ganglios torácicos inferiores del tronco simpático parten los nervios espláncnicos mayor y menor (el mayor de T V - T IX y el menor de T X - T XI), los que descienden, atraviesan los pilares del diafragma y penetran en la cavidad abdominal, donde forman parte del plexo celíaco (solar). De los 4 ganglios lumbares del tronco simpático parten los nervios espláncnicos lumbares que contribuyen a formar los plexos mesentéricos superior e inferior, intermesentéricos e hipogástrico superior. De los 4 ganglios sacros del tronco simpático parten los nervios espláncnicos sacros que forman parte del plexo hipogástrico inferior situado en la cavidad pelviana.

Los plexos autónomos antes mencionados (celíaco, mesentérico superior e inferior, intermesentéricos e hipogástricos superior e inferior) se encuentran conectados unos con otros y forman en conjunto una malla de fibras nerviosas prácticamente continua alrededor de la aorta abdominal y entre sus ramas terminales o ilíacas. En el espesor de estos plexos se ubican ganglios intermedios o prevertebrales (ya citados antes) cuyas fibras posganglionares siguen el

trayecto de las ramas principales de la aorta, y forman numerosos plexos subsidiarios alrededor de las arterias propias de cada víscera a las cuales inervan. En general su distribución es la siguiente: los ramos del plexo celíaco inervan las vísceras supramesocólicas (ejemplo; estómago, hígado, bazo, parte del páncreas y del duodeno, riñones y glándulas suprarrenales). Los ramos del plexo mesentérico superior inervan parte de las vísceras inframesocólicas (parte del páncreas y duodeno, intestino delgado y grueso hasta la mitad del colon transversal). Los ramos del plexo mesentérico inferior inervan la otra parte de las vísceras inframesocólicas (mitad izquierda del colon transversal, colon descendente, colon sigmoideo y parte superior del recto). Los ramos de los plexos hipogástricos inervan las vísceras situadas en la cavidad pelviana (parte inferior del recto y canal anal, vejiga urinaria, órganos genitales masculinos y femeninos).

Parte parasimpática del sistema nervioso autónomo

En general, la parte parasimpática del sistema nervioso autónomo se caracteriza porque se distribuye principalmente por las vísceras y glándulas del cuerpo, sus efectos son más localizados y sus fibras posganglionares son colinérgicas.

El parasimpático actúa fundamentalmente en el estado de reposo, donde hay un ahorro de energía, con predominio del anabolismo y la asimilación. Sus efectos más destacados son los siguientes: constricción de las pupilas, disminución de la actividad cardíaca y de la presión arterial, aumento del peristaltismo gastrointestinal y la secreción de las glándulas en general.

Los componentes centrales del sistema parasimpático comprenden 2 porciones: una cefálica o craneal y otra espinal o sacra. La porción craneal se encuentra en el tronco encefálico y está constituida por los núcleos vegetativos de 4 nervios craneales, específicamente el núcleo accesorio del nervio oculomotor (III) al nivel del mesencéfalo, el núcleo salivatorio superior del nervio intermedio del facial (VII) al nivel del puente, el núcleo salivatorio inferior del nervio glossofaríngeo (IX) y el núcleo dorsal del nervio vago (X) al nivel de la médula oblongada. La porción sacra corresponde a los núcleos vegetativos (intermedios laterales) situados en las zonas intermedias laterales de los segmentos sacros de la médula espinal (S II – S IV) (fig. 54.3).

Los componentes periféricos del sistema parasimpático están representados por los ganglios terminales y las fibras nerviosas eferentes (preganglionares y posganglionares) que conforman

los nervios, ramos y plexos nerviosos correspondientes a esta parte del sistema nervioso autónomo, con la particularidad de que las fibras preganglionares son largas y las posganglionares son cortas, porque los ganglios terminales con los que se relacionan están situados cerca de los órganos efectores (fig. 54.3).

Componentes periféricos del parasimpático (fig. 54.3)

Los ganglios terminales se encuentran cerca de los órganos efectores (extrínsecos o extramurales) o en el espesor de sus paredes (intrínsecos o intramurales).

Los ganglios terminales extrínsecos o extramurales más destacados se localizan en la región de la cabeza y están relacionados con los nervios craneales que poseen fibras preganglionares parasimpáticas (ganglio ciliar del nervio oculomotor, ganglios pterigopalatino y submandibular del nervio facial y ganglio ótico del nervio glossofaríngeo).

El ganglio ciliar está situado en la órbita, sus fibras preganglionares proceden del nervio oculomotor (por la raíz oculomotora de su ramo inferior) y sus fibras posganglionares inervan los músculos lisos internos del ojo (músculos esfínter de la pupila y ciliar). El ganglio pterigopalatino se encuentra en la fosa pterigopalatina, sus fibras preganglionares proceden del nervio intermedio del facial (por el ramo petroso mayor) y sus fibras posganglionares inervan las glándulas de las mucosas nasal y palatina (por ramos aislados) y la glándula lagrimal (por fibras que se unen a ramos del nervio trigémino). El ganglio submandibular se ubica por arriba de la glándula submandibular, sus fibras preganglionares también proceden del nervio intermedio del facial (por la cuerda del tímpano que se une al ramo lingual del nervio mandibular) y sus fibras posganglionares inervan las glándulas submandibular y sublingual. El ganglio ótico se localiza por debajo del agujero oval de la base del cráneo, sus fibras preganglionares proceden del nervio glossofaríngeo (por el ramo petroso menor, continuación del ramo timpánico) y sus fibras posganglionares inervan la glándula salival parotídea (por la vía del ramo auriculotemporal del nervio mandibular).

Los ganglios terminales intrínsecos o intramurales se hallan en todo el trayecto de los nervios vagos (porción craneal) y de los nervios espláncnicos pelvianos (porción sacra).

El nervio vago constituye el componente principal del parasimpático porque tiene un largo trayecto por el cuello, cavidades torácica y abdominal, e inerva a casi todas las vísceras de estas regiones, excepto las situadas en la cavidad pelviana y la parte izquierda del intestino grueso que están inervadas por los nervios espláncnicos pelvianos (de la porción sacra).

En las paredes de los órganos huecos se encuentran plexos nerviosos autónomos intramurales que contienen ganglios terminales, como los que se localizan en el canal alimentario. Por ejemplo, los plexos mientérico (de Auerbach) y submucoso (de Meissner).

En general, los plexos nerviosos autónomos extrínsecos (prevertebrales) contienen fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas con la particu-

laridad de que las fibras preganglionares simpáticas hacen sinapsis en los ganglios laterovertebrales y prevertebrales, mientras que las parasimpáticas, lo hacen en los ganglios terminales. Además, las fibras aferentes o sensitivas procedentes de las vísceras se dirigen hacia los centros nerviosos por la vía del sistema nervioso autónomo, tanto simpático como parasimpático.

55. Órganos de los sentidos

Concepto de órganos de los sentidos y tipos de receptores

Los órganos de los sentidos son aquellos órganos capaces de captar los estímulos procedentes del medio externo o interno del organismo. Esto es posible porque poseen en su estructura una serie de dispositivos especializados o receptores, situados en las terminaciones de las fibras nerviosas aferentes o sensitivas, que actúan como transductores biológicos al transformar los estímulos recibidos en impulsos nerviosos. Una de sus características principales es la de tener sensibilidad diferencial, o sea, que cada receptor tiene la capacidad de captar un solo tipo de estímulo.

Clásicamente se describen 5 órganos de los sentidos: tacto, gusto, olfato, vista y oído, mientras que los receptores se clasifican de diversas maneras, al tener en cuenta distintos criterios. Las clasificaciones más usuales son las siguientes:

- De acuerdo con la *naturaleza del estímulo* y el *carácter de las sensaciones* se distinguen: los *mecanorreceptores* (sensaciones del tacto, presión, audición y equilibrio), *termorreceptores* (sensaciones de calor y frío), *nocirreceptores* (sensación de dolor), *quimiorreceptores* (sensaciones del gusto y olfato) y *fotorreceptores o receptores electromagnéticos* (sensación visual).
- Según su *localización en el organismo* los receptores se pueden clasificar en 2 grandes grupos: de las sensibilidades general y especial, los cuales a su vez pueden ser somáticos y viscerales. Los *receptores de la sensibilidad general* (somáticos y viscerales) están ampliamente distribuidos por el cuerpo y se relacionan con el tacto, la presión, la temperatura, el dolor, el sentido de posición y los movimientos del cuerpo y la sensibilidad visceral. Los *receptores de la sensibilidad especial* (somáticos y viscerales) se encuentran en determinadas partes de la cabeza y están relacionados con el gusto, el olfato, la visión, la audición y el equilibrio.

- Siguiendo este mismo criterio de la localización en el organismo, pero con mayor precisión, los receptores también se pueden clasificar en 3 grupos (Sherrington): exteroceptores, propioceptores e interoceptores. Los exteroceptores se ubican en la parte somática superficial del cuerpo correspondiente a la piel (relacionados con el tacto, la temperatura y el dolor) y en los órganos de la vista y vestibulococlear (relacionados con la visión y la audición). Los propioceptores están situados en la parte somática profunda del cuerpo correspondiente al aparato locomotor (relacionado con el sentido de posición y movimiento del cuerpo) y en el órgano vestibulococlear (relacionado con el equilibrio). Los interoceptores se localizan en las vísceras, los vasos sanguíneos, los órganos del gusto y del olfato. En general las sensaciones viscerales son dolorosas, vagas y mal localizadas, causadas por la distensión y la contractura exagerada de las estructuras viscerales.

Al estudiar los órganos de los sentidos hay que tener presente que los receptores no son estructuras aisladas, sino que están íntimamente relacionados con el cerebro, y forman un sistema funcional considerado por algunos autores como un “aparato sensorial” y denominado por Pavlov, “analizadores”, que está compuesto por 3 partes asociadas: 1. la periférica constituida por los receptores, 2. la conductora formada por las fibras nerviosas aferentes o sensitivas y 3. la central localizada en la corteza cerebral.

Receptores de la sensibilidad general

Como ya se ha explicado, los receptores de la sensibilidad general están ampliamente distribuidos por el cuerpo, se localizan en la parte somática (superficial y profunda) y en la parte visceral, constituyen los exteroceptores, propioceptores e interoceptores. Los receptores de la parte somática superficial o exteroceptores, correspondientes a la piel,

están relacionados con las sensaciones del tacto, la temperatura y el dolor. Los receptores de la parte somática profunda o propioceptores correspondientes al aparato locomotor están relacionados con las sensaciones de posición y movimiento del cuerpo. Los receptores de la parte visceral o interoceptores correspondientes a las vísceras y vasos sanguíneos están relacionados con las sensaciones viscerales que generalmente son dolorosas y difusas.

La estructura de los receptores de la sensibilidad general es muy variada, en dependencia de las funciones que realizan, aunque en general se pueden clasificar en 2 grupos principales: libres y encapsulados.

Entre los receptores libres o desnudos (no encapsulados) se destacan las terminaciones nerviosas libres, las terminaciones nerviosas en los folículos pilosos y los corpúsculos nerviosos no encapsulados (meniscos táctiles o discos de Merkel). Las terminaciones nerviosas libres están relacionadas con la sensación de dolor y se localizan principalmente en la piel, córnea y mucosa, donde forman un amplio plexo cuyas ramificaciones se insinúan entre las células epiteliales de los órganos donde se encuentran (fig. 55.1). Las terminaciones nerviosas en los folículos pilosos están relacionadas con la sensación del tacto superficial y como su nombre indica, las ramificaciones se disponen alrededor de los folículos pilosos (fig. 55.1.). Los corpúsculos nerviosos no encapsulados (meniscos táctiles o discos de Merkel) están también relacionados con la sensación del tacto superficial y se localizan en las regiones profundas de la epidermis. Este corpúsculo está constituido por 2 elementos (el menisco táctil o disco de Merkel y la célula táctil). El menisco táctil es la terminación nerviosa ensanchada en forma de un disco cóncavo-convexo, que alberga en su concavidad a la célula táctil que es una célula epitelial modificada (fig. 55.1.).

Entre los receptores encapsulados que se encuentran en la dermis y la hipodermis se distinguen:

los corpúsculos táctiles (de Meissner), bulboideos (de Krause y Ruffini) y laminados (de Pacini). Los corpúsculos táctiles (de Meissner) están relacionados con la sensación de tacto, se localizan en la región más superficial de la dermis, especialmente en las papilas dérmicas, y son más numerosos en la cara palmar de las manos y plantar de los pies, incluidos los dedos. Tienen una forma ovoidea y están compuestos por una cápsula delgada de tejido conectivo en cuyo interior penetran las terminaciones nerviosas que se disponen en espiral (fig. 55.2.). Los corpúsculos bulboideos (de Krause) están relacionados con la sensación de frío, se ubican en el espesor de la dermis, poseen la forma de un bulbo redondeado y están constituidos por una cápsula delgada de tejido conectivo en cuyo interior se ramifican las terminaciones nerviosas (fig. 55.2.). Los corpúsculos bulboideos (de Ruffini) están relacionados con la sensación de calor, se encuentran en la región profunda de la dermis, tienen la forma de un bulbo alargado y al igual que los corpúsculos de Krause están constituidos por una cápsula delgada en cuyo interior se ramifican las terminaciones nerviosas (fig. 55.2.). Los corpúsculos laminados (de Pacini) están relacionados con la sensación de presión, se hallan en la hipodermis o tela subcutánea, el tejido conectivo que rodea los tendones, músculos y cápsula articular, en las membranas mucosas y serosas. Tienen la forma ovoidea, poseen una cápsula gruesa formada por numerosas láminas concéntricas de tejido conectivo y la terminación nerviosa penetra por uno de sus polos, y se extiende longitudinalmente a su interior (fig. 55.2.).

Entre los receptores encapsulados también se destacan los husos neuromusculares y los husos neurotendinosos situados en los músculos y tendones respectivamente, los cuales están relacionados con las sensaciones de posición y movimiento del cuerpo (fig. 55.3) (cuadro 55.1).

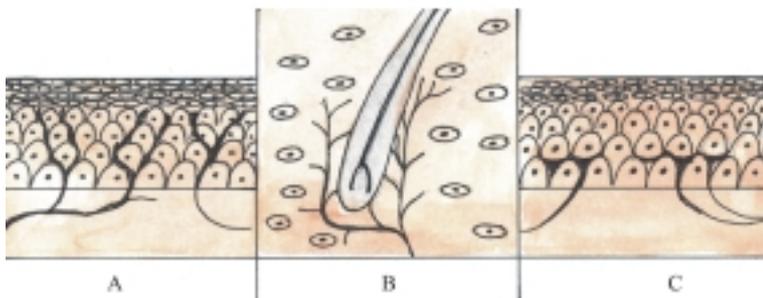


Fig. 55.1. Receptores de la sensibilidad general libres. A. Terminaciones nerviosas libres, B. Terminaciones nerviosas de los folículos pilosos, C. Corpúsculos nerviosos no encapsulados (meniscos táctiles o discos de Merkel)

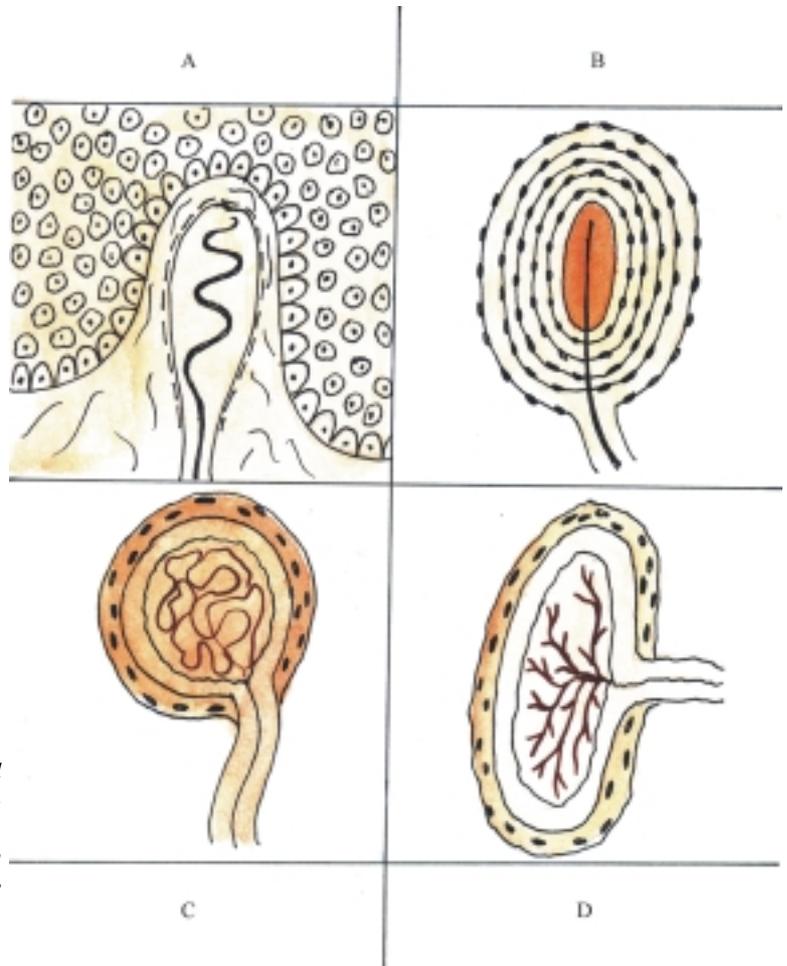


Fig. 55.2. Receptores de la sensibilidad general encapsulados. A. Corpúsculos táctiles (de Meissner), B. Corpúsculos laminados (de Pacini), C. Corpúsculos bulboideos (de Krause), D. Corpúsculos bulboideos (de Ruffini).

Cuadro 55.1. Receptores de la sensibilidad general

Receptores libres	Sensaciones
Terminaciones nerviosas libres	Dolor
Terminaciones nerviosas en folículos pilosos	Tacto superficial
Corpúsculos nerviosos no encapsulados (Meniscos táctiles o discos de Merkel)	Tacto superficial
Receptores encapsulados	
Corpúsculos táctiles (de Meissner)	Tacto
Corpúsculos bulboideos (de Krause)	Frío
Corpúsculos bulboideos (de Ruffini)	Calor
Corpúsculos laminados (de Pacini)	Presión
Husos neuromusculares	Posición y movimiento corporal
Husos neurotendinosos	Posición y movimiento corporal

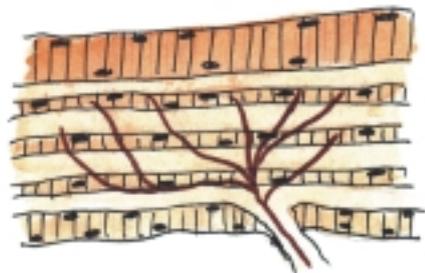


Fig. 55.3. Huso neuromuscular (en un músculo estriado).

Órgano del gusto

El órgano del gusto está representado por los corpúsculos o cálculos gustativos, donde se encuentran las células gustativas que constituyen los receptores del gusto (fig. 55.4). Estos corpúsculos están situados principalmente en el epitelio de revestimiento de la mucosa del dorso de la lengua, al nivel de las papilas linguales, aunque también se encuentran en las mucosas del paladar, faringe y epiglotis

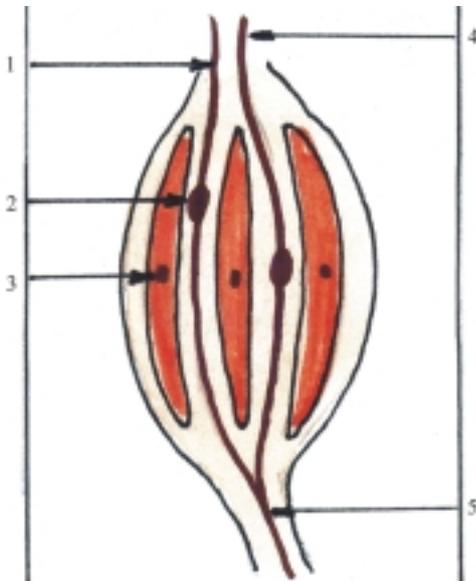


Fig. 55.4. Corpúsculo o cálculo gustativo. 1. poro gustativo, 2. célula gustativa, 3. célula de sostén, 4. microvellosidades, 5. fibra nerviosa sensitiva

Las papilas linguales son de distintos tipos, se destacan 4 que se disponen en determinadas zonas del dorso de la lengua (filiformes, valladas, fungiformes y foliadas). Las papilas filiformes son las más pequeñas y numerosas, situadas en la zona oral o anterior del dorso de la lengua, y le proporcionan a esta zona un aspecto rugoso que alcanza gran desarrollo en algunos animales (rumiantes y carnívoros). Las papilas valladas (caliciformes o circunvaladas) son las más grandes y menos numerosas (8 a 10), se disponen en hilera formando una V por delante del surco terminal, las cuales pueden observarse fácilmente cuando se saca la lengua. Las papilas fungiformes se localizan hacia el ápice y parte anterior de los bordes de la lengua y las papilas foliadas hacia la parte posterior de los bordes de este órgano. Las papilas filiformes están relacionadas con las sensaciones del tacto y los otros 3 tipos con las sensaciones del gusto.

En el espesor del epitelio que reviste las papilas linguales gustativas se encuentran los corpúsculos o cálculos gustativos (fig. 55.4), cada uno de los cuales tiene forma de bulbo, semejante a un cáliz, que presenta en su polo superficial el poro gustativo y por su polo profundo penetran las fibras nerviosas sensitivas. Estos corpúsculos están compuestos por 3 tipos de células (basales, de sostén y gustativas). Las células gustativas son células neuroepiteliales que constituyen los receptores del gusto, se caracterizan porque se disponen entre las células de sostén, son largas y delgadas y presentan en su extremidad apical las microvellosidades gustativas que se dirigen hacia el poro gustativo.

Los receptores gustativos se clasifican como quimiorreceptores, y es necesario que las sustancias que provocan los estímulos del gusto sean solubles en agua (saliva) y difusibles. Además, las sensaciones gustativas dependen no solamente de la estimulación de los receptores gustativos, sino de otros receptores situados en la cavidad oral y nasal, como los táctiles, térmicos y olfatorios. Es conocido que las personas con resfriado intenso no perciben el sabor de los alimentos. En general se considera que existen 4 sabores primarios: dulce, salado, ácido y amargo, aunque también se perciben otros sabores diferentes, que pueden ser sabores primarios menos evidentes o combinaciones de estos. Los sabores primarios se perciben con cierta especificidad en determinadas zonas de la lengua en correspondencia con la ubicación de las papilas linguales gustativas (el dulce en el ápice, el salado en la parte anterior de los bordes, el ácido en la parte posterior de los bordes y el amargo al nivel de las papilas valladas).

Órgano del olfato

El órgano del olfato está representado por la región olfatoria de la mucosa nasal, donde se localizan las células neurosensoriales olfatorias que constituyen los receptores olfatorios (fig. 55.5). La región olfatoria de la mucosa nasal está situada en la parte superior de las cavidades nasales, al nivel de las conchas nasales superiores y se caracteriza porque tiene un color amarillo que contrasta con el rosado del resto de la mucosa.

El epitelio de revestimiento de la región olfatoria de la mucosa nasal es parecido al de la región respiratoria (seudoestratificado ciliado, pero sin células caliciformes), en el cual se distinguen 3 tipos de células (basales, de sostén y neurosensoriales olfatorias) (fig. 55.5). Las células neurosensoriales olfatorias son neuronas bipolares que constituyen los receptores olfatorios, las cuales se caracterizan porque se disponen entre las células de sostén; su prolongación periférica representada por las dendritas, se dirige hacia la superficie libre del epitelio donde termina en una dilatación en forma de bulbo (bulbo dendrítico) del que parten los cilios olfatorios, que son los elementos encargados de captar los estímulos olfatorios, mientras que su prolongación central representada por el axón o fibra nerviosa se dirige hacia la parte basal del epitelio donde se reúnen y forman los filamentos del nervio olfatorio. En la lámina propia de esta mucosa se encuentran las glándulas olfatorias (de Bowman) que son de tipo seroso y su secreción humedece la superficie libre del epitelio y actúa como disolvente de las sustancias odoríferas.

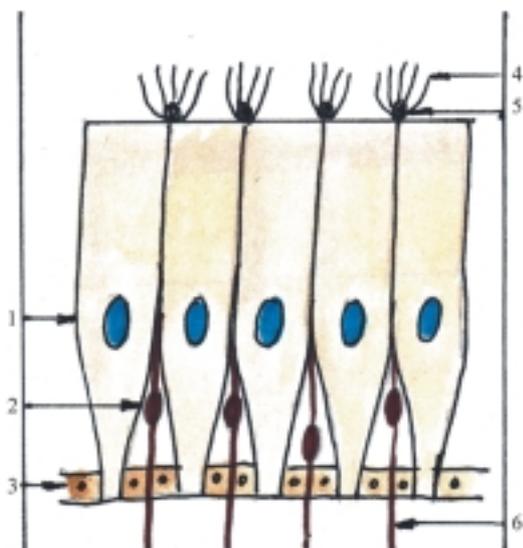


Fig. 55.5. Epitelio olfatorio. 1. célula de sostén, 2. célula neurosensorial olfatoria, 3. células basales, 4. cilios olfatorios, 5. bulbos dendríticos, 6. fibra nerviosa sensitiva.

Los receptores olfatorios se clasifican como quimiorreceptores, y es necesario que las sustancias estimulantes sean volátiles y difusibles. En el humano el olfato no está tan desarrollado como la visión y la audición, pero tampoco es rudimentario; puede percibir diferentes olores, aunque todavía no se ha podido lograr establecer una clasificación aceptable de olores primarios que satisfaga los distintos criterios al respecto.

Órgano de la vista: túnicas del bulbo ocular

El órgano de la vista está representado por los ojos, cada uno de los cuales consta de 2 partes: el bulbo ocular o del ojo y sus órganos accesorios. En el bulbo ocular se encuentra la retina, túnica interna que reviste su parte posterior, en la que se localizan las células ópticas baciliformes y coniformes que constituyen los receptores de la vista.

Los bulbos oculares, derecho e izquierdo, están situados en las partes anteriores de las órbitas y cada uno de ellos tiene la forma de una esfera, comparado a un globo terráqueo en el que se describen 2 polos (anterior y posterior), el ecuador y los meridianos. Además, se describen 3 ejes: el externo (entre ambos polos), el interno (entre las superficies internas de

ambos polos) y el óptico (entre el objeto que se observa y la fosita central en la mácula de la retina, que es el punto de mejor visión).

El bulbo del ojo está compuesto por una pared formada por 3 túnicas superpuestas (la externa o fibrosa, la media o vascular y la interna o sensorial, llamada retina), que rodean un contenido de medios transparentes (humor acuoso, lente y cuerpo vítreo) (fig. 55.6).

La túnica externa o fibrosa es dura, resistente, y le proporciona al bulbo del ojo su forma, sostén y protección. Tiene la superficie externa lisa que facilita el deslizamiento del ojo en sus movimientos. En esta túnica se describen 2 porciones: la esclera y la córnea. La esclera o esclerótica es la parte posterior, más extensa (5/6), blanca y opaca, constituida por tejido conectivo denso, donde se insertan los músculos extrínsecos del ojo y está atravesada por elementos vasculo-nerviosos (lámina cribosa). La córnea es la parte anterior, menos extensa (1/6), incolora y transparente, en forma de un disco abombado convexo hacia delante y cóncavo hacia atrás, que se une a la esclera mediante una zona circular y estrecha llamada limbo donde se forma con relativa frecuencia en los ancianos, un anillo blanquecino por degeneración grasa (arco senil) y constituye una vía de acceso en determinadas intervenciones quirúrgicas y técnicas de infiltración que se realizan en el ojo. La córnea está compuesta por 5 capas: 1. epitelio anterior, 2. lámina limitante anterior o membrana de Bowman, 3. sustancia propia o estroma de tejido conectivo, 4. lámina limitante posterior o membrana de Descemet y 5. epitelio posterior o endotelio corneal. La transparencia de la córnea es por causa de la regularidad en la estructura de la sustancia propia, la homogeneidad en la composición química de los elementos que la componen y la ausencia de vasos sanguíneos y linfáticos, lo que facilita realizar los trasplantes o injertos de córnea. Sin embargo, posee numerosas terminaciones nerviosas, por lo que es muy sensible.

La túnica media o vascular (uveal) es blanda, esponjosa y de color oscuro (como la uva negra), por causa de su pigmentación y vascularización. Su función fundamental es la de garantizar la nutrición del ojo y contribuir a mantener la presión de los líquidos intraoculares. En esta túnica se describen 3 porciones: la coroidea, el cuerpo ciliar y el iris. La coroidea es la porción posterior y más extensa (2/3), separada de la esclera por un espacio virtual (pericoroidal) y atravesada en su parte posterior por elementos vasculonerviosos. Esta túnica está compuesta por 4 láminas: 1. la supracoroidea de tejido conectivo que contiene abundantes melanocitos y está atravesada por vasos sanguíneos, 2. la vasculosa constituida por numerosas arterias y venas

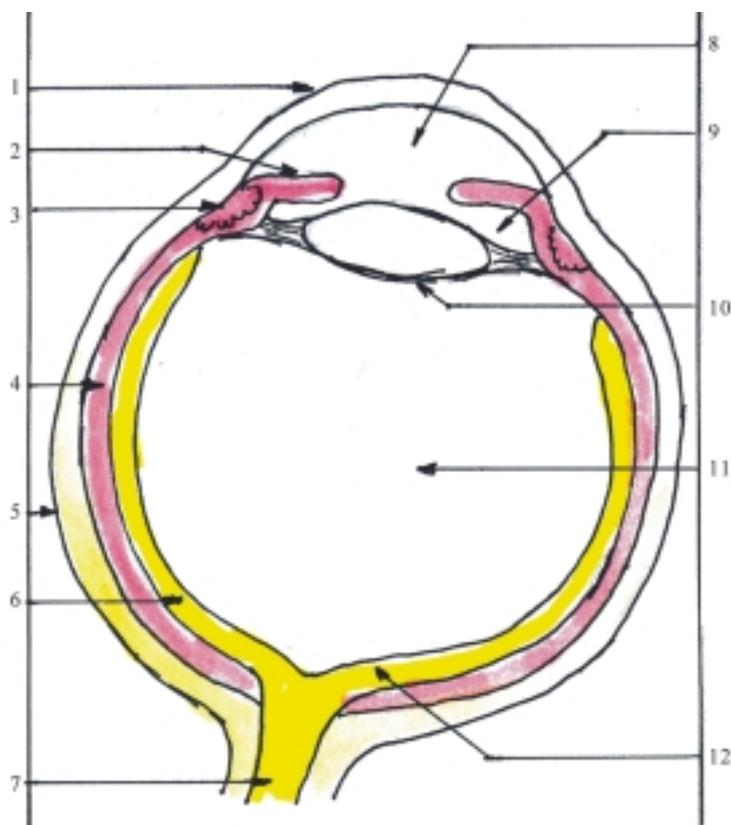


Fig. 55.6. Bulbo ocular. 1. córnea, 2. iris, 3. cuerpo ciliar, 4. corioidea, 5. esclera, 6. retina, 7. nervio óptico, 8. cámara anterior, 9. cámara posterior, 10. lente o cristalino, 11. cuerpo vítreo, 12. mácula.

entrelazadas y unidas entre sí por tejido conectivo que contiene melanocitos, 3. la coriocapilar formada por una red de capilares sanguíneos y 4. la basal o vítrea de Bruch colindante con la retina. El cuerpo ciliar es la parte intermedia y engrosada de la túnica vascular que se dispone en forma circular por delante de la corioidea, donde se fija la lente o cristalino y en su espesor se distinguen 2 estructuras distintas: los músculos ciliares y los procesos ciliares. Los músculos ciliares están constituidos por fibras musculares lisas localizadas externamente que actúan sobre la lente y provocan la acomodación del ojo, esto permite ver objetos a diferentes distancias. Los procesos ciliares son repliegues muy vascularizados localizados internamente, donde se produce el humor acuoso. El iris es la parte anterior de la túnica vascular que se dispone en un plano frontal en forma de disco, con un orificio central variable llamado pupila, que actúa como un diafragma, al regular la cantidad de luz que llega a la retina, esto es posible porque en su espesor contiene los músculos esfínter y dilatador de la pupila formados por fibras musculares lisas (cuando la luz es intensa la pupila se contrae y cuando es débil se dilata). En la estructura del iris se destacan 3 estratos: 1. el epitelio anterior, 2. el estroma de tejido conectivo con células pigmentadas, vasos sanguíneos y los músculos esfínter y dilatador de la pupila y 3. epitelio posterior pigmentado. El color del iris varía en los distintos

individuos, en dependencia de la cantidad de pigmentos que contenga el estroma, de manera que si es abundante adquiere tonalidades oscuras (negro y pardo) y si es escaso adquiere tonalidades claras.

La túnica interna o sensorial es la retina que comprende 3 porciones, en correspondencia con las porciones de la túnica media o vascular, con la cual colinda en toda su extensión. Estas porciones son la corioidea, ciliar e irídica, la primera constituye la porción óptica y las otras 2 la porción ciega. Esta última carece de elementos fotosensibles y tiene una estructura muy simple con abundantes células pigmentadas. La porción óptica o fotosensible de la retina es la de mayor tamaño, situada en la parte posterior adyacente a la corioidea, se extiende desde el disco del nervio óptico, ubicado por detrás hasta la ora serrata, borde anterior dentado donde se continúa con la porción ciega.

La estructura de la porción óptica de la retina es compleja, en la que se describen 10 estratos: 1. pigmentado, 2. fotosensorial, 3. limitante externo, 4. nuclear externo, 5. plexiforme externo, 6. nuclear interno, 7. plexiforme interno, 8. ganglionar, 9. neurofibroso, 10. limitante interno (fig. 55.7). Estos estratos se agrupan según sus características morfofuncionales en 2 partes, la pigmentada y la nerviosa. La parte pigmentada de la retina está representada por el estrato pigmentado situado externamente e íntimamente adherido a la corioidea. La parte nerviosa comprende los 9 estratos

restantes y está separada de la parte pigmentada por un espacio virtual, por lo tanto se puede desprender durante la preparación histológica o después de un traumatismo violento del ojo. La parte nerviosa de la retina es transparente y contiene varios elementos nerviosos entre los que se destacan, los fotorreceptores, que son en realidad neuronas bipolares (células ópticas baciliformes y coniformes) y las 2 primeras neuronas de la vía de conducción nerviosa (bipolar y ganglionar). Además contiene neuronas de asociación y células de sostén (neuroglías). La disposición topográfica de estos elementos determina los estratos que componen la parte nerviosa de la retina.

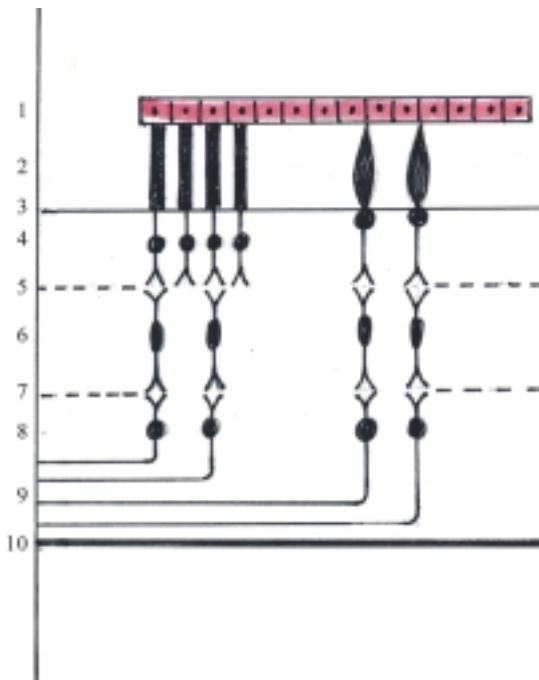


Fig. 55.7. Estructura de la porción óptica de la retina. Estratos: 1. pigmentado, 2. fotosensorial (con segmentos externos de conos y bastones), 3. limitante externo, 4. nuclear externo (con núcleos de neuronas coniformes y baciliformes), 5. plexiforme externo (con sinapsis), 6. nuclear interno (con cuerpos de neuronas bipolares), 7. plexiforme interno (con sinapsis), 8. ganglionar (con cuerpos de neuronas ganglionares), 9. neurofibroso (con axones de neuronas ganglionares), 10. limitante interno.

En el estrato fotosensorial se encuentran los segmentos externos de los fotorreceptores que contienen pigmentos visuales sensibles a la luz. Las células ópticas baciliformes son las más numerosas, tienen el segmento externo en forma de bastón y contienen rodopsina (púrpura visual); constituyen los receptores de la visión periférica, nocturna. Las células

ópticas coniformes son las menos numerosas, tienen el segmento externo en forma de cono y contienen otros pigmentos fotosensibles; constituyen los receptores de la visión central, diurna y de los colores. En el estrato nuclear externo se localizan los cuerpos neurocelulares y núcleos de los fotorreceptores. En el estrato nuclear interno las neuronas bipolares y de asociación. En el estrato ganglionar las neuronas ganglionares. Los estratos plexiformes externo e interno están intercalados entre los 3 estratos anteriores y es donde se efectúan las sinapsis de las neuronas de la retina. Los estratos limitantes externo e interno son los lugares que indican las terminaciones externa e interna de los gliocitos radiales (fibras de Muller) que sostienen la cadena neuronal de la retina. El estrato neurofibroso está formado por los axones de las neuronas ganglionares que constituyen las fibras nerviosas de los nervios ópticos.

La parte nerviosa de la porción óptica de la retina es transparente, por lo que al observar el fondo del ojo mediante un oftalmoscopio, se distingue a través de la retina el color rojo de la sangre que circula por la túnica vascular. En el fondo del ojo también se destacan 2 zonas de gran importancia: la mácula y el disco del nervio óptico, que tienen forma circular u oval pero difieren en su color (fig. 55.8). La mácula (“mancha lútea”) está situada al nivel del polo posterior, presenta en su centro una depresión llamada fosita central (punto brillante), tiene un color rojo oscuro y contiene solamente conos; constituye el punto de máxima agudeza visual. El disco del nervio óptico (papila) está situado medialmente a la mácula, y es de color rosado claro, donde no hay conos ni bastones, por lo que es un punto ciego y del cual parten las ramificaciones de los vasos sanguíneos centrales de la retina.

En el examen subjetivo o funcional de la retina se exploran 3 facultades de la visión: las sensaciones de la forma, la luminosidad y el color de los objetos.

Las sensaciones de la forma espacial de los objetos, así como la magnitud, el movimiento y la distancia de estos, se aprecian por la agudeza visual y el campo visual. La agudeza visual es la capacidad que tiene el órgano de la vista de percibir con nitidez los detalles y contornos de los objetos que se miran directamente. Esta es la visión directa o central, correspondiente a la mácula de la retina donde predominan las células ópticas coniformes. El campo visual es el espacio en el cual pueden ser vistos con poca nitidez los objetos que se miran indirectamente, al mantener la mirada fija en un punto determinado. Representa los límites de la visión indirecta o periférica correspondiente al resto de la retina, donde predominan las células ópticas baciliformes. La visión puede ser monocular o binocular, esta última es de gran importancia porque permite distinguir con precisión la forma, el relieve, la posición y la distancia relativa de los objetos en el espacio.

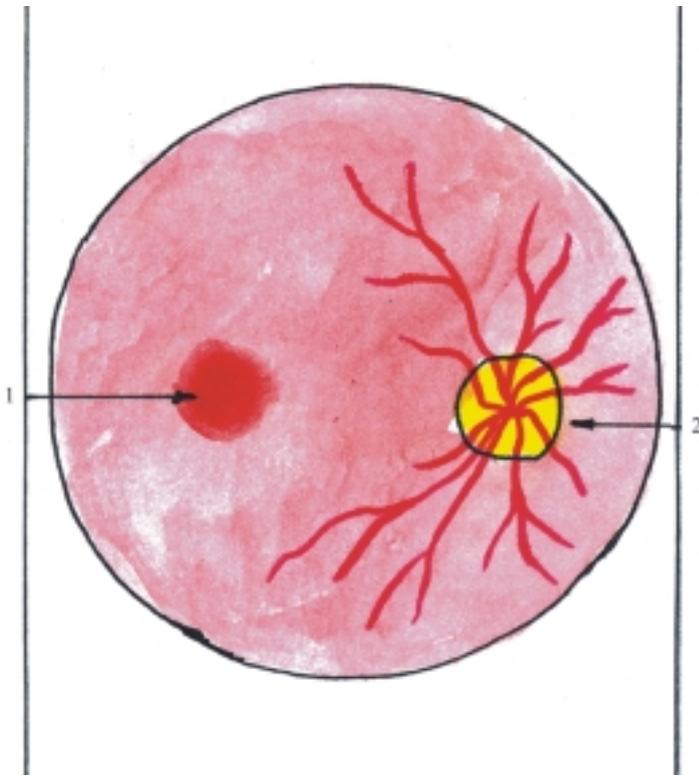


Fig. 55.8. Fondo de ojo. 1. mácula, 2. disco del nervio óptico con ramificaciones vasculares de la retina.

La sensación luminosa se aprecia por la adaptación a la luz y a la oscuridad, que es una facultad que posee el órgano de la vista de ver los objetos con diferentes intensidades de iluminación, por causa de efectos fotoquímicos que se producen en los receptores visuales (conos y bastones).

La sensación de color o visión cromática se explica por la teoría tricromática, basada en que la retina contiene 3 tipos de fotorreceptores (conos), que por reacciones fotoquímicas son sensibles a diferentes longitudes de ondas de luz, y dan lugar a las sensaciones de los colores primarios (rojo, verde y azul). Las sensaciones de los colores secundarios se obtienen cuando se mezclan en proporciones adecuadas, las longitudes de ondas correspondientes a los colores primarios. Algunas personas padecen de daltonismo, que es una variedad de ceguera parcial (para determinados colores, especialmente el rojo, que lo confunde con el verde por carecer de conos específicos).

Contenido transparente del bulbo ocular

El contenido del bulbo ocular está formado por un conjunto de medios transparentes y refringentes a través de los cuales pasa la luz que llega a la retina. Estos medios transparentes son en sentido

anteroposterior, el humor acuoso, la lente o cristalino y el cuerpo vítreo (fig. 55.6).

El humor acuoso es un líquido claro y transparente cuya composición química es semejante al suero sanguíneo, pero con poca concentración de proteína. Ocupa las cámaras anterior y posterior del bulbo ocular, las cuales representan 2 cavidades estrechas situadas por delante y por detrás del iris y que se comunican entre sí a través de la pupila. El humor acuoso, además de ser un medio transparente, tiene la función de nutrir las estructuras avasculares del bulbo del ojo, como la córnea y de mantener la tensión intraocular. Este líquido se produce en los procesos ciliares, se vierte en la cámara posterior, pasa a través de la pupila hacia la cámara anterior y al nivel de ángulo iridocorneal es drenado hacia el seno venoso escleral, situado en el espesor de la esclera (conducto de Schlemm), y se incorpora a la circulación sanguínea. Cuando se dificulta el drenaje del humor acuoso se produce un aumento de la tensión intraocular (glaucoma).

La lente o cristalino tiene forma biconvexa, es incoloro, transparente y avascular, de consistencia dura y elástica. Está dispuesto en un plano frontal entre el iris y el cuerpo vítreo, en el cual se describen 2 caras con sus polos (anterior y posterior) y un borde periférico o ecuador que se fija al cuerpo ciliar mediante un ligamento especial llamado zónula ciliar (zona de Zinn). En la estructura de la lente se distinguen una cápsula elástica que la envuelve y la sustancia de la

lente, en la que se describen 2 zonas: la corteza y el núcleo, este último es más duro. La lente, además de ser un medio transparente, interviene en el mecanismo de acomodación del ojo. En general, la lente se modifica con la edad, adquiere un color amarillento y se endurece, por lo que disminuye su poder de acomodación y cuando se opacifica disminuye la agudeza visual (catarata).

El cuerpo vítreo es una masa incolora, transparente y avascular de consistencia gelatinosa, en cuya composición química se encuentra una mucoproteína (ácido hialurónico). Ocupa la mayor parte del contenido del ojo, correspondiente a la cámara vítrea, espacio situado entre la lente y la retina. En la estructura del cuerpo vítreo se distinguen 2 porciones: la membrana y el estroma vítreo. La membrana vítrea es más densa, está situada periféricamente y se fija a la ora serrata y alrededor del disco del nervio óptico. El estroma es menos denso, contiene un gel entre las mallas del retículo de fibras muy finas y está atravesado por el canal hialoideo que representa los restos de la arteria hialoidea del feto.

Los medios transparentes del bulbo del ojo en conjunto constituyen un sistema óptico a través del cual pasan los rayos luminosos (por refracción) y se enfocan en la retina, donde forman una imagen real, pequeña e invertida. Este sistema óptico no es rígido, pues la lente o cristalino posee la facultad de acomodación que permite ver objetos a diferentes distancias (en visión cercana de menos de 6 m). En estos casos el músculo ciliar se contrae, atrae hacia delante la coroides y produce relajación de la zónula ciliar, esto permite aumentar la convexidad de la lente y lograr de esta manera el enfoque de los rayos luminosos sobre la retina. El punto más cercano que el ojo puede ver con el máximo de acomodación está situado a 15 cm aproximadamente, aunque esta distancia mínima varía con la edad, pues es mayor en los viejos. La acomodación es un proceso activo que requiere esfuerzo muscular y por lo tanto puede fatigar. Es por esto, que se recomienda realizar la lectura a una distancia de entre 25 y 30 cm.

Entre los trastornos de refracción del ojo se distinguen: la miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia. En la miopía no se ven los objetos lejanos, porque la imagen se forma por delante de la retina, pues el bulbo del ojo es muy largo o su sistema óptico es demasiado convergente. En la hipermetropía no se ven bien los objetos cercanos, porque la imagen se forma por detrás de la retina, pues el bulbo del ojo es demasiado corto o poco convergente. El astigmatismo es el defecto de la visión borrosa al producirse imágenes deformadas en la retina, por causa de la alteración en la curvatura de los medios transparentes del ojo (córnea y lente) que impide la convergencia de

los rayos luminosos en un solo foco. La presbicia, también conocida como “vista cansada”, ocurre generalmente a partir de los 40 años de edad y consiste en la dificultad para ver de cerca, por la pérdida de elasticidad de la lente o cristalino con la edad y por lo tanto, el poder de acomodación se reduce.

Órganos oculares accesorios

Los órganos oculares accesorios (órganos accesorios o anexos del ojo) incluyen órganos protectores (supercilios, párpados y túnica conjuntiva), el aparato lagrimal (glándulas y vías lagrimales), un aparato motor (músculos del bulbo del ojo) y elementos auxiliares de estos músculos que facilitan la mecánica ocular (fascias orbitarias).

Los supercilios o cejas son un par de eminencias arqueadas de la piel cubiertas de pelos cortos, situados al nivel de los arcos superciliares del frontal, que protegen los ojos del sudor de la frente.

Los párpados son 2 pares de pliegues móviles que protegen por delante las caras anteriores de los bulbos oculares. Cuando los párpados de cada lado (superior e inferior) se separan aparece un espacio entre ellos llamado rima o hendidura palpebral, que deja al descubierto la cara anterior del bulbo del ojo. En cada párpado se destacan 2 caras (anterior y posterior) y un borde libre que tiene 2 limbos o labios (anterior y posterior). Cerca del limbo anterior se encuentran los cilios o pestañas y la desembocadura de glándulas sebáceas (de Zeis) y sudoríparas o ciliares (de Moll). Cuando estas glándulas se infectan se produce una inflamación del borde libre del párpado conocida como orzuelo. En la estructura del párpado se distinguen 4 capas: 1. la piel que cubre su cara anterior, 2. las fibras musculares estriadas que forman la parte palpebral del músculo orbicular del ojo, 3. el tejido conectivo fibroso que se hace más denso hacia el borde libre, donde forma el tarso palpebral que le proporciona al párpado su forma y sostén y contiene las glándulas tarsales (de Meibomio), que son sebáceas y sus conductos desembocan en el limbo posterior del borde libre; cuando estos conductos se obstruyen se forman quistes (chalazión) y 4. la túnica conjuntiva que reviste su cara posterior.

La túnica conjuntiva es la membrana mucosa que tapiza la cara posterior de los párpados y la cara anterior del bulbo ocular, hasta los bordes de la córnea. En el lugar donde se reflejan las conjuntivas palpebral y bulbar se forma el fondo de saco oculopalpebral o fórnix conjuntival (superior e inferior). La conjuntiva palpebral está muy vascularizada y tiene un color rosado, es una zona de examen en casos de probable anemia, mientras que la conjuntiva bulbar es incolora

y transparente, pero se enrojece en los procesos inflamatorios (conjuntivitis).

Las glándulas lagrimales (fig. 55.9), son un par de glándulas del tipo tubuloalveolar serosa, situadas en la parte anterolateral del techo de la órbita en la que se describen 2 partes (orbitaria y palpebral), de las cuales parten varios conductos excretores que drenan las lágrimas en el fórnix conjuntival superior y humedecen las conjuntivas palpebral y bulbar. Esto favorece su deslizamiento, una sobre otra y evita la desecación de la córnea. Las lágrimas vertidas se acumulan en el lago lagrimal, espacio situado en el ángulo medial de la rima palpebral, donde se encuentran la carúncula lagrimal y 2 eminencias pequeñas llamadas papilas lagrimales (superior e inferior), que tienen un orificio o punto lagrimal por donde penetran las lágrimas a las vías lagrimales (fig. 55.9), que las conducen a las cavidades nasales y están constituidas por los canalículos lagrimales (superior e inferior), el saco lagrimal y el conducto nasolagrimal que desemboca en el meato nasal inferior.

Los músculos del bulbo del ojo (músculos rectos superior, inferior, medial y lateral y músculos oblicuos superior e inferior) son de tipo estriado y la mayoría de ellos se extienden desde la profundidad de la órbita hasta el bulbo del ojo (fig. 55.10). Los músculos rectos se inician en el fondo de la órbita (anillo tendinoso común) y terminan con su inserción en la esclera por delante del ecuador, y se disponen en conjunto en forma de un embudo con el vértice posterior y la base anterior, en cuyo centro se encuentran los elementos vasculonerviosos del ojo. El músculo oblicuo superior (mayor) también se inicia en el fondo del ojo, pero en

su trayecto se refleja o cambia de posición al nivel de la parte anterosuperior de la pared medial de la órbita pues se dirige hacia atrás, y se inserta en la esclera por detrás del ecuador. El músculo oblicuo inferior (menor) es el único que no se inicia en el fondo de la órbita, sino en la parte anteroinferior de la pared medial de la órbita y se inserta en la esclera, por detrás del ecuador. En general, los músculos rectos mueven el bulbo del ojo en el sentido que indican sus nombres, mientras que los músculos oblicuos lo mueven lateralmente, el superior hacia abajo y el inferior hacia arriba. La mayoría de estos músculos están inervados por el nervio oculomotor, excepto el músculo oblicuo superior (nervio troclear) y el músculo recto lateral (nervio abductor).

Entre las fascias de la órbita se destacan la periorbitaria que tapiza las paredes de la órbita, la vaina bulbar (cápsula de Tenon) que rodea el bulbo ocular por su parte posterior correspondiente a la esclera y las fascias musculares que envuelven a los músculos contenidos en las órbitas. Además, el espacio comprendido entre las estructuras intraorbitarias está relleno por el cuerpo adiposo que sostiene estas estructuras.

Desarrollo del órgano de la vista en el humano

Los componentes del órgano de la vista se originan de 3 fuentes distintas: prosencéfalo (vesículas ópticas), ectodermo superficial y mesénquima cefálico.

En la cuarta semana del desarrollo intrauterino aparecen los esbozos ópticos, al formarse las vesículas

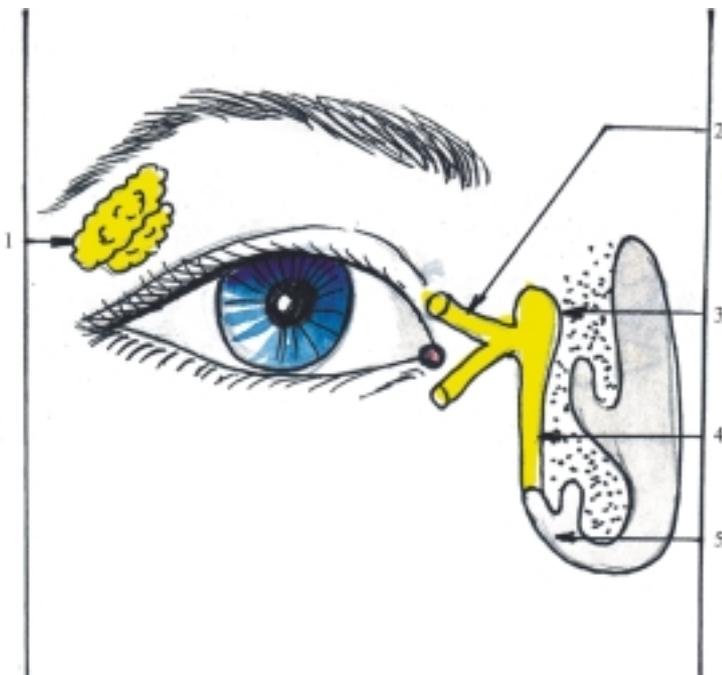


Fig. 55.9. Aparato lagrimal. 1. glándulas lagrimales, 2. canalículos lagrimales, 3. saco lagrimal, 4. conducto nasolagrimal, 5. meato nasal inferior.

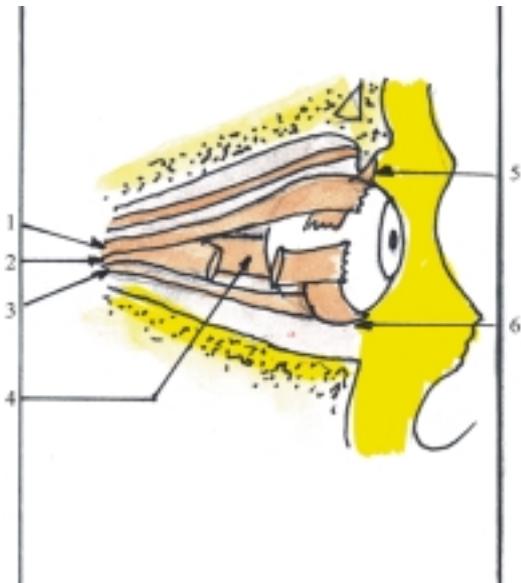


Fig. 55.10. Músculos del bulbo ocular. 1. músculo recto superior, 2. músculo recto lateral (seccionado), 3. músculo recto inferior, 4. músculo recto medial, 5. músculo oblicuo superior, 6. músculo oblicuo inferior.

ópticas (fig. 55.11), que son 2 evaginaciones del prosencéfalo (de la parte que se convierte en diencefalo), cuyo pedículo formará el nervio óptico y su parte distal la retina. En la quinta semana, la parte distal de cada vesícula óptica se deprime y se convierte en la cúpula óptica (fig. 55.12), que posee 2 láminas (externa e interna) separadas por un espacio que luego desaparece. De la lámina externa de la cúpula óptica se forma la parte pigmentaria de la retina y de la lámina interna se forma hacia atrás (porción óptica) la parte nerviosa de la retina, y hacia delante (porción ciega) las partes ciliar e irídica de la retina y los músculos esfínter y dilatador de la pupila.

La depresión de la parte distal de la cúpula óptica se extiende por su parte ventral y forma la fisura óptica (fig. 55.12), por donde penetran el mesénquima que

forma el cuerpo vítreo y los vasos hialoideos que desaparecen posteriormente. Los bordes de la fisura óptica se fusionan y queda en el extremo distal de la cúpula un orificio, que representa a la pupila.

Por acción inductora de las vesículas ópticas sobre el ectodermo superficial se forma la vesícula de la lente o cristalino (fig. 55.13), que se separa del ectodermo y se sitúa en el interior de la cúpula óptica, donde forma la lente o cristalino.

El mesénquima que rodea la cúpula óptica se diferencia en 2 túnicas: (fig. 55.13) la interna o vascular (coroidea, cuerpo ciliar e iris), y la externa o fibrosa (esclera y córnea). La parte externa de la córnea está cubierta por una capa epitelial que deriva del ectodermo superficial. En el mesénquima que rodea la lente o cristalino en formación, aparece hacia delante la cámara anterior y luego la cámara posterior, separadas durante poco tiempo por una capa de mesénquima que cubre la pupila llamada membrana pupilar.

Los párpados se originan en la séptima semana, a partir de pliegues ectodérmicos que contienen mesénquima, situados por arriba y por debajo de la córnea en desarrollo. Estos pliegues crecen y a la novena semana se fusionan sus bordes. En el quinto mes, esta unión se comienza a desintegrar y quedan separadas hacia el séptimo mes.

El aparato lagrimal (glándulas y vías lagrimales) deriva del ectodermo superficial, mientras que los músculos del bulbo ocular y las fascias orbitarias se originan del mesoderma de esta región.

Las malformaciones congénitas del ojo más frecuentes son: el coloboma del iris por persistencia de la fisura óptica y la catarata congénita, opacidad del lente de origen genético o en niños cuyas madres padecieron de rubéola entre la cuarta y sexta semana del desarrollo. También pueden ocurrir otras malformaciones congénitas como la ciclopi (con un ojo central), la afaquia (falta de lente), microftalmia (ojos reducidos de tamaño) y anoftalmia (sin ojos).

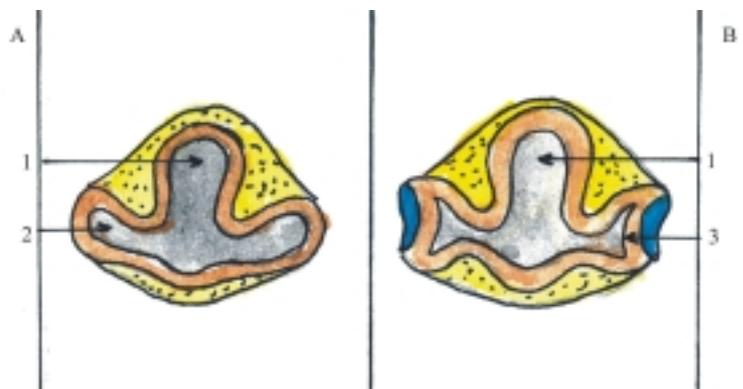


Fig. 55.11. Desarrollo del esbozo óptico corte transversal del prosencéfalo. A. Embrión de 4ta. semana, B. Embrión de 5ta. semana, 1. prosencéfalo, 2. vesícula óptica, 3. cúpula óptica.

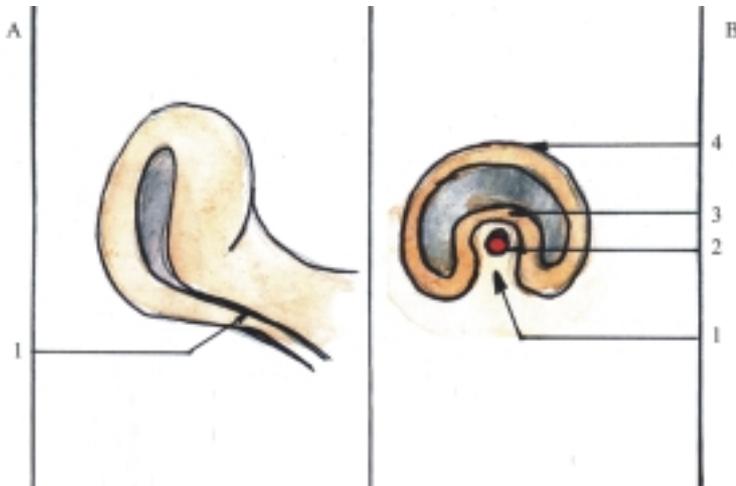


Fig. 55.12. *Cúpula óptica. A. Vista ventrolateral, B. Corte transversal del pedículo óptico, 1. fisura óptica, 2. arteria hialoidea, 3. lámina interna, 4. lámina externa.*

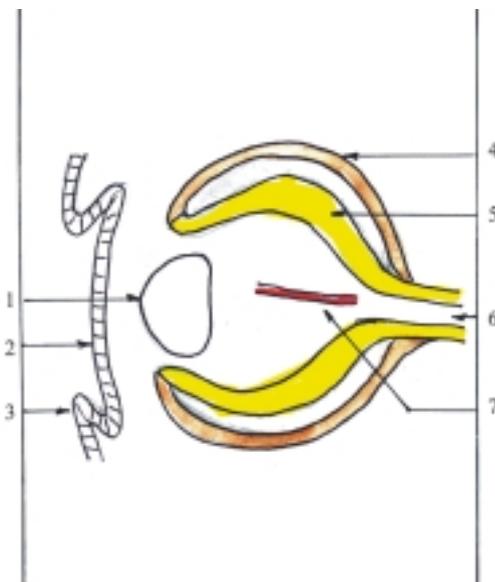


Fig. 55.13. *Desarrollo del bulbo ocular corte sagital del ojo de embrión de 7 semanas. 1. lente o cristalino, 2. ectodermo, 3. párpado, 4. lámina externa (estrato pigmentado de la retina), 5. lámina interna (estratos nerviosos de la retina), 6. pedículo óptico con fibras nerviosas, 7. arteria hialoidea.*

Órgano vestibulococlear: oídos externo y medio

El órgano vestibulococlear (del equilibrio y la audición) está representado por los oídos, cada uno de los cuales consta de 3 porciones: el oído externo, el oído medio y el oído interno (fig. 55.14). En este último se encuentran los receptores del equilibrio estático (máculas del utrículo y del sáculo), del equilibrio dinámico (crestas ampollares de los conductos semicirculares) y de la audición (órgano espiral o de Corti).

El oído externo tiene la función de captar el sonido y conducirlo hacia el oído medio. Está compuesto por 2 partes: la aurícula y el meato acústico externo (fig. 55.15). La aurícula (oreja) es un par de láminas formadas por un cartílago elástico cubierto de piel. Está situada en las partes laterales de la cabeza (debajo de la región temporal) y tiene la forma de un ovoide ahuecado, en la que se describe una serie de eminencias y depresiones cuyo conocimiento tiene gran importancia en la acupuntura (microsistema de la oreja), entre las que se destacan las siguientes: el hélix (eminencia alargada en el borde libre), el antihélix (eminencia alargada paralela y por delante de la anterior), el trago (eminencia triangular por delante), antitrago (eminencia triangular por detrás), el lóbulo (prominencia inferior que carece de cartílago), la concha (depresión profunda) y el poro acústico externo (orificio situado por delante de la concha y que comunica con el meato acústico externo).

El meato acústico externo es un conducto corto que se extiende desde el poro acústico externo hasta la membrana timpánica que lo separa del oído medio. Tiene una dirección oblicua en sentido interno y anterior y su trayecto es algo sinuoso, por lo que al utilizar el estetoscopio, la incurvación de la pieza auricular se debe colocar hacia delante y al observar directamente el meato es necesario tirar hacia arriba el pabellón de la oreja. De acuerdo con la estructura de sus paredes, se distinguen 2 porciones (cartilaginosa y ósea). La porción cartilaginosa en el tercio externo es la continuación de la oreja y la porción ósea en los dos tercios internos pertenece al hueso temporal. Estas 2 porciones están cubiertas por una piel muy fina, adherida al pericondrio y al periostio, que también tapiza la cara externa de la membrana timpánica y contiene glándulas sebáceas y ceruminosas. Estas últimas son glándulas sudoríparas modificadas que segregan el cerumen, sustancia parecida a la cera, que protege el meato acústico externo.

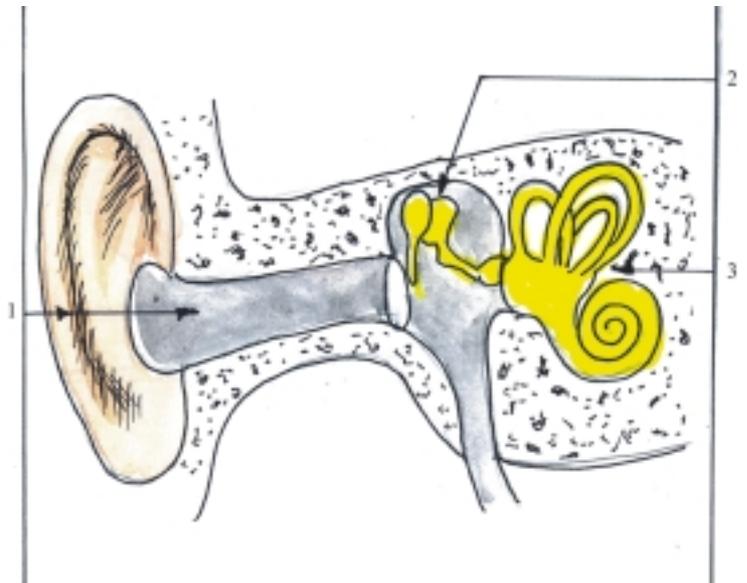


Fig. 55.14. Órgano vestibulococlear. 1. oído externo (aurícula y meato acústico externo), 2. oído medio (cavidad timpánica con cadena de huesecillos), 3. oído interno (laberinto óseo con vestíbulo, canales semicirculares y cóclea).

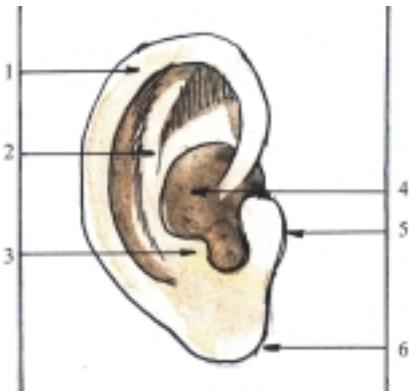


Fig. 55.15. Aurícula oreja. 1. hélix, 2. antehélix, 3. antitrago, 4. concha, 5. trago, 6. lóbulo.

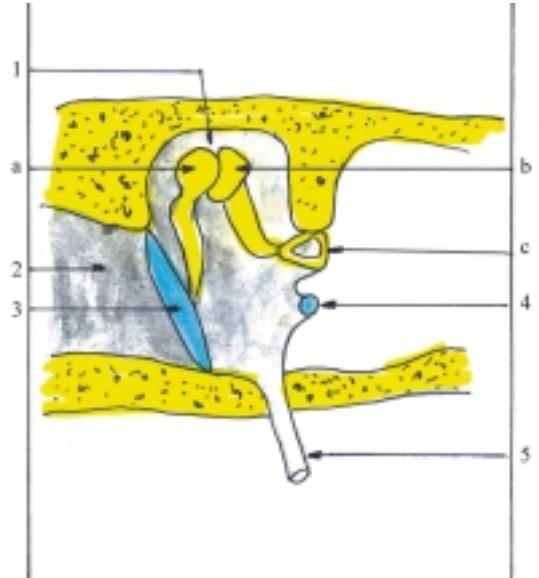


Fig. 55.16. Oído medio. 1. cavidad timpánica, 2. meato acústico externo, 3. membrana timpánica, 4. ventana coclear (redonda), 5. tuba auditiva, a) martillo, b) yunque, c) estribo.

El oído medio tiene la función de transmitir el sonido hacia el oído interno. Está compuesto por 3 partes: la cavidad timpánica, la tuba auditiva y el antro mastoideo.

La cavidad timpánica (caja timpánica) es una pequeña cavidad neumática (llena de aire), situada en el espesor de la porción petrosa del temporal, que tiene la forma de una lente bicóncava en la que se describen 6 paredes que se denominan según su posición o por las estructuras con que se relacionan: 1. pared externa o membranosa (membrana timpánica), 2. pared interna o laberíntica (laberinto del oído interno), 3. pared posterior o mastoidea (antro mastoideo), 4. pared anterior, carotídea o tubaria (arteria carótida interna y tuba auditiva, que la comunica con la faringe), 5. pared inferior o yugular (vena yugular interna) y 6. pared superior, tegmental o craneal (fosa craneal media) (fig. 55.16). La cavidad timpánica tiene sus paredes tapizadas de mucosa y contiene una cadena de

huesecillos (martillo, yunque y estribo) unidos entre sí por articulaciones reforzadas por ligamentos, que tienen la función de transmitir las vibraciones sonoras. La movilidad de los huesecillos está regulada por la acción de 2 músculos, el músculo tensor del tímpano (del martillo) y el músculo estapedio (del estribo).

La estructura de la membrana timpánica está constituida por una lámina de tejido conectivo fibroso formada por 2 estratos (el externo de fibras radiadas y el interno de fibras circulares). Esta lámina está tapizada externamente por la piel del meato acústico externo e internamente por la mucosa de la cavidad timpánica. Esta

estructura se encuentra en la mayor parte de la membrana timpánica (porción tensa), excepto en su parte superior, donde la lámina fibrosa es más delgada (porción flácida).

Oído interno (laberintos)

El oído interno es la porción esencial del órgano vestibulo coclear donde radican los receptores del equilibrio y de la audición, situado en el espesor de la porción petrosa del temporal y está compuesto por una serie de cavidades y conductos excavados en el hueso que tienen en conjunto una forma compleja, por lo que también se le conoce como laberinto en el que se distinguen 2 partes: el óseo y el membranoso. Este último se encuentra dentro del primero, del cual está separado por un espacio lleno de líquido incoloro y transparente llamado perilinfa y contiene en su interior a otro líquido similar denominado endolinfa.

En el laberinto óseo se describen 3 partes: el vestíbulo (central), los canales semicirculares (posterior) y la cóclea o caracol (anterior) (fig. 55.17).

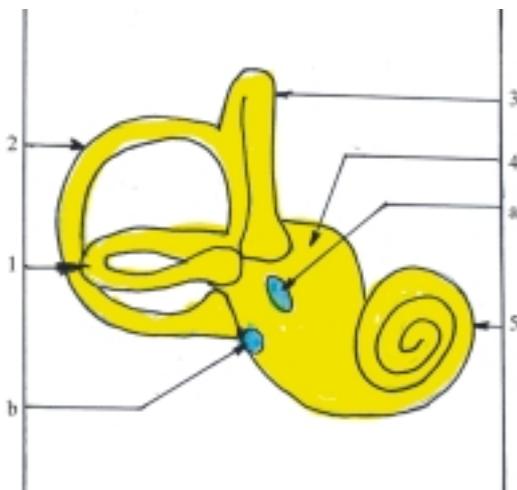


Fig. 55.17. Laberinto óseo. 1 canal semicircular lateral, 2. canal semicircular posterior, 3. canal semicircular anterior, 4. vestíbulo, 5. cóclea, a) ventana vestibular (oval), b) ventana coclear (redonda).

El vestíbulo es una cavidad pequeña de forma más o menos oval, cuya pared externa colinda con la cavidad timpánica del oído medio, donde se encuentran 2 orificios: la ventana vestibular (superior, oval y ocluida por el estribo) y la ventana coclear (inferior, redonda y ocluida por la membrana timpánica secundaria). Su pared interna tiene una cresta que separa 2 recesos: el esférico (anteroinferior, cercano a la cóclea) y el elíptico (posterosuperior, donde desembocan los canales semicirculares y el acueducto del vestíbulo, que se extiende hasta la cara posterior de la porción petrosa del temporal).

Los canales semicirculares son 3 tubos arqueados conectados por sus extremidades con la parte posterosuperior del vestíbulo (receso elíptico), que se disponen en 3 planos perpendiculares entre sí y se denominan según su posición: lateral o externo (horizontal), anterior o superior (sagital) y posterior (frontal). Cada canal semicircular tiene 2 extremidades o pilares (crura); uno de ellos dilatado (pilar ampollar) y el otro no (pilar simple), con la particularidad de que los pilares simples de los canales semicirculares verticales (anterior y posterior) se fusionan (pilar común), por lo que en el vestíbulo se observan 5 orificios y no 6.

La cóclea tiene la forma de un caracol (concha en espiral) cuya base está orientada hacia atrás y su cúpula hacia delante. Está formada por un tubo enrollado en espiral, llamado canal espiral de la cóclea, que describe 2 vueltas y media aproximadamente alrededor de un eje central nombrado modiolo, del cual parte la lámina espiral que divide parcialmente el canal espiral en 2 rampas o escalas (vestibular y timpánica). Hacia la cúpula estas escalas se continúan una con otra (helicotrema). Al nivel de la base la escala vestibular comunica con el vestíbulo y la escala timpánica con la cavidad timpánica, a través de la ventana coclear ocluida por la membrana timpánica secundaria.

El laberinto membranoso está situado en el interior del laberinto óseo, adopta una forma parecida a este y está compuesto por una serie de cavidades y conductos intercomunicados, entre los que se destacan los siguientes: el utrículo y el sáculo (en el vestíbulo), los conductos semicirculares (en los canales semicirculares) y el conducto coclear (en la cóclea) (fig. 55.18).

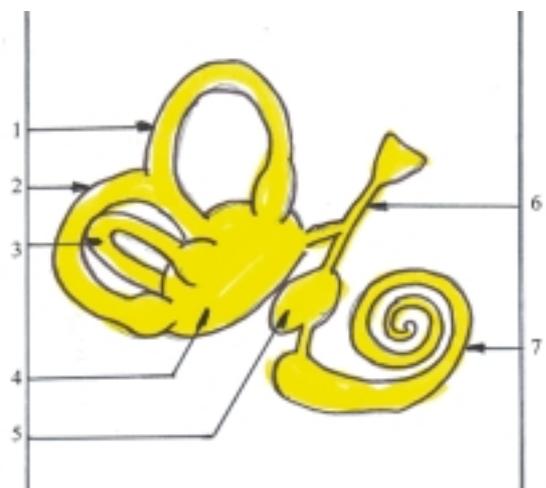


Fig. 55.18. Laberinto membranoso. 1. conducto semicircular anterior, 2. conducto semicircular posterior, 3. conducto semicircular lateral, 4. utrículo, 5. sáculo, 6. conducto endolinfático, 7. conducto coclear.

El utrículo y el sáculo son 2 vesículas localizadas en el vestíbulo. El utrículo ocupa el receso elíptico y se comunica con los conductos semicirculares. El sáculo es más pequeño, se ubica en el receso esférico y se comunica con el conducto coclear a través del conducto de reunión. Ambas vesículas se comunican entre sí por el conducto utriculosacular, de donde parte el conducto endolinfático que atraviesa el acueducto del vestíbulo y termina formando el saco endolinfático en el espesor de la duramadre que cubre la cara posterior de la porción petrosa del temporal. Los conductos semicirculares se encuentran dentro de los canales semicirculares, y repiten exactamente su forma, por lo que reciben iguales nombres. El conducto coclear está incluido en la cóclea ósea, adopta su forma en espiral, tiene sus 2 extremidades ciegas y se comunica con el sáculo por el conducto de reunión. Ocupa la parte lateral del canal espiral, entre la lámina espiral ósea y la pared externa de la cóclea, donde separa por este lado las escalas vestibular y timpánica. En un corte transversal tiene forma triangular al estar compuesto por 3 paredes: la externa (pared externa de la cóclea con ligamento espiral), la vestibular (membrana vestibular) y la timpánica (membrana basilar, que es la continuación de la lámina espiral ósea, sobre la cual se encuentran los receptores de la audición) (fig. 55.19).

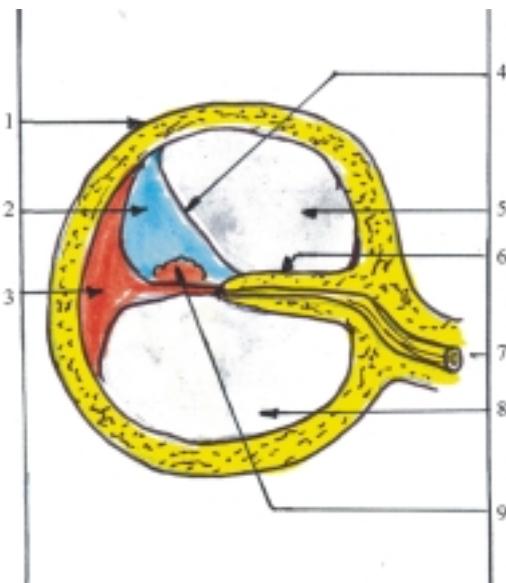


Fig. 55.19. Corte transversal del canal espiral de la cóclea. 1. pared externa del canal espiral, 2. conducto coclear, 3. ligamento espiral, 4. pared vestibular (membrana vestibular), 5. escala vestibular, 6. lámina espiral, 7. nervio coclear, 8. escala timpánica, 9. pared timpánica (membrana basilar con órgano espiral o de Corti).

La estructura de la pared del laberinto membranoso está constituida por tejido conectivo fibroso revestido por un epitelio que en su mayor parte es de tejido simple plano y en las zonas donde existen terminaciones nerviosas receptoras se diferencia en un epitelio sensorial, en el que se destacan 2 tipos de células; las de sostén y las sensoriales ciliadas, cuyos cilios están incluidos en una sustancia gelatinosa (fig. 55.20). El epitelio sensorial está representado por las máculas del utrículo y del sáculo que tienen como sustancia gelatinosa la membrana otolítica (receptores del equilibrio estático), las crestas ampollares de los conductos semicirculares cuya sustancia gelatinosa es la cúpula (receptores del equilibrio dinámico) y el órgano espiral o de Corti en la cóclea que está extendido sobre la membrana basilar y la sustancia gelatinosa es la membrana tectoria (receptores de la audición).

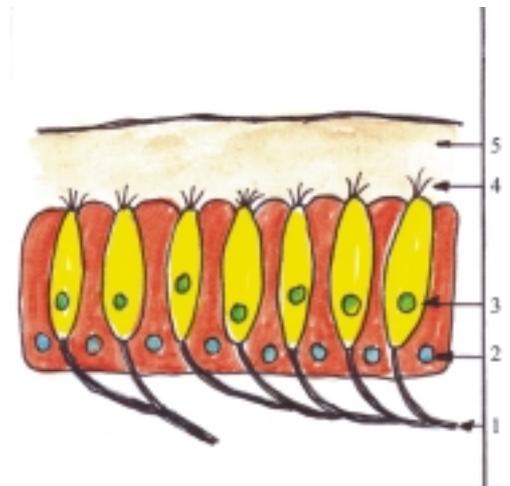


Fig. 55.20. Epitelio sensorial. 1. fibras nerviosas sensitivas, 2. células de sostén, 3. células sensoriales, 4. cilios, 5. sustancia gelatinosa.

Desarrollo del órgano vestibulococlear en el humano

Los componentes del órgano vestibulococlear se originan de las 3 hojas embrionarias, sus fuentes principales son: las vesículas óticas y el primer surco branquial (ectodermo), la primera bolsa faríngea (endodermo) y el mesénquima que rodea estas estructuras embrionarias, fundamentalmente los 2 primeros arcos branquiales (mesodermo).

En la cuarta semana del desarrollo intrauterino aparecen los esbozos del oído, al formarse las vesículas óticas a partir del ectodermo superficial situado a cada lado del rombencéfalo, que formará el laberinto membranoso del oído interno y el mesénquima que lo

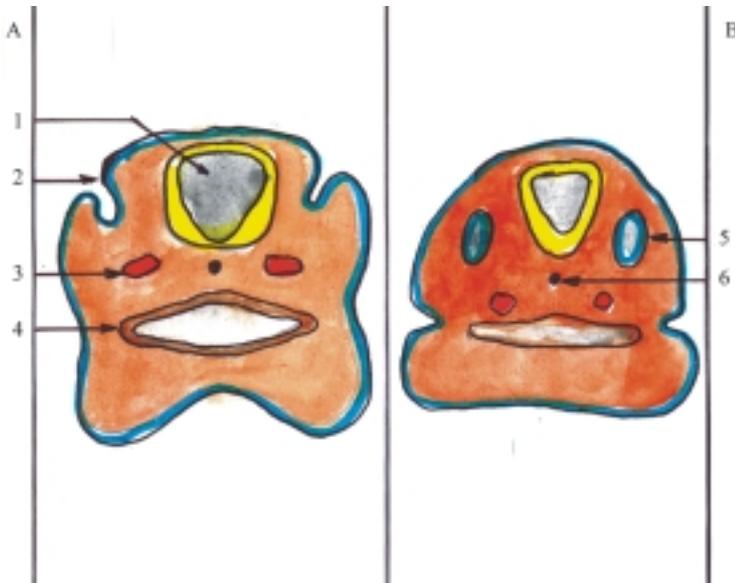


Fig. 55.21. Desarrollo del esbozo del oído corte transversal de embrión, A. Embrión de 4 semanas, B. Embrión de 4,5 semanas, 1. rombencéfalo, 2. invaginación del ectodermo superficial, 3. aorta dorsal, 4. faringe, 5. vesícula ótica, 6. notocorda.

rodea dará lugar al laberinto óseo (fig. 55.21). En su desarrollo cada vesícula ótica se alarga y se divide en 2 porciones en forma de saco (ventral o coclear y dorsal o vestibular). Del saco coclear derivan el sáculo y el conducto coclear y del saco vestibular el utrículo, los conductos semicirculares y el conducto endolinfático (fig. 55.22).

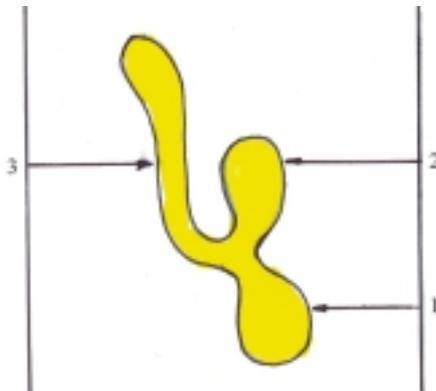


Fig. 55.22. Desarrollo de la vesícula ótica. 1. saco ventral o coclear, 2. saco dorsal o vestibular, 3. conducto endolinfático.

Del endodermo que reviste la primera bolsa faríngea se originan la cavidad timpánica y la tuba auditiva (del oído medio), mientras que los huesecillos del oído derivan del mesénquima de esta región, específicamente el martillo y el yunque del primer arco branquial, y el estribo del segundo arco.

Del ectodermo que cubre el primer surco branquial se origina el meato acústico externo y de los 2 primeros arcos branquiales se forman las aurículas (orejas).

La membrana timpánica, situada entre los oídos externo y medio, está compuesta por 3 capas, cada una de las cuales tiene un origen diferente: la externa o piel del meato acústico externo (del ectodermo), la interna o mucosa de la cavidad timpánica (del endodermo) y la media o tejido conectivo (del mesodermo).

Entre las malformaciones congénitas del oído se destaca la sordera congénita como consecuencia del desarrollo deficiente de algún componente de este órgano, que puede ser causado por factores genéticos o ambientales. El más frecuente es el virus de la rubéola que afecta a la madre en la etapa inicial de la gestación (entre la 7ma. y la 8va. semana).

56. Vías de conducción nerviosa

Concepto de las vías de conducción nerviosa

Las vías de conducción nerviosa son un conjunto de estructuras nerviosas que tienen la función de transmitir el impulso nervioso en un solo sentido, desde la periferia (receptores) hasta los centros nerviosos y a la inversa, desde los centros nerviosos hasta la periferia (efectores), lo que permite al sistema nervioso la regulación e integración de todas las funciones del organismo y de relacionarlo con el mundo circundante.

Las vías de conducción nerviosa están basadas en el arco reflejo, representado por una cadena de neuronas conectadas por sinapsis y que se caracterizan porque tienen el mismo origen, destino y función. Al agruparse estas neuronas, sus fibras forman los nervios y tractos o fascículos nerviosos, mientras que sus cuerpos celulares constituyen los ganglios, núcleos y centros nerviosos.

En general, las vías de conducción nerviosa se clasifican en 2 grandes grupos, teniendo en cuenta sus funciones y la dirección en que se transmite el impulso nervioso:

1. Vías de la sensibilidad o sensitivas (aférentes, ascendentes o centrípetas).
2. Vías de la motilidad o motoras (eferentes, descendentes o centrífugas).

Cada uno de estos 2 grandes grupos se subdivide en vías específicas que se denominan de acuerdo con sus funciones y por el nombre del tracto nervioso que indica su extensión en el sistema nervioso central. Para facilitar su descripción, las neuronas que las componen se nombran numerándolas ordenadamente según la dirección que presente el impulso nervioso.

Vías de la sensibilidad

La sensibilidad es la facultad que tiene el individuo de sentir o percibir los estímulos o cambios que se producen en el medio externo o interno del organismo.

Las vías de la sensibilidad se clasifican según la localización de los receptores (ver tipos de receptores en el capítulo anterior) y pueden resumirse de la forma siguiente:

- Vías de la sensibilidad general procedente de la mayor parte del cuerpo: exteroceptiva o superficial (del tacto, térmica y dolorosa), propioceptiva o profunda consciente (de presión, vibratoria y actitudes segmentarias del cuerpo) e inconsciente (relacionada con el cerebelo en la regulación de la actividad muscular), y la interoceptiva (de la actividad visceral).
- Vías de la sensibilidad especial procedente de los órganos de los sentidos (gustativa, olfatoria, óptica, auditiva y vestibular o del equilibrio estatocinético).

Características generales de las vías de la sensibilidad general

Las vías de la sensibilidad general presentan una serie de características generales, que al ordenarlas en el sentido que se transmite la información facilitan su comprensión:

- Los receptores se encuentran ampliamente distribuidos por todo el cuerpo; los exteroceptores en la piel, los propioceptores en el aparato locomotor o sistema osteomioarticular y los interoceptores en las vísceras y los vasos sanguíneos.
- Los cuerpos celulares de las I neuronas se sitúan en los ganglios de los nervios espinales y de los nervios craneales con componente sensitivo.
- Las prolongaciones periféricas de las I neuronas se dirigen hacia los receptores.
- Las prolongaciones centrales o axones de las I neuronas pueden ser cortas, medianas y largas. Las procedentes de los ganglios espinales forman parte de las raíces posteriores de los nervios espinales y penetran en la médula espinal. Las procedentes de los ganglios craneales forman parte de los nervios craneales y penetran en el tronco encefálico.

- Los cuerpos celulares de las II neuronas conforman los núcleos sensitivos de los nervios espinales ubicados en los cuernos posteriores de la médula espinal (excepto las vías propioceptivas conscientes o del funículo posterior que se encuentran en la médula oblongada). También conforman los núcleos sensitivos de los nervios craneales que se hallan en el tronco encefálico.
- Los axones de las II neuronas se decusan una vez y pasan al lado opuesto (excepto las vías propioceptivas o tractos espinocerebelosos, que se decusan 2 veces o no se decusan).
- Los cuerpos celulares de las III neuronas se sitúan en el tálamo (excepto las propioceptivas inconscientes o tractos espinocerebelosos que se encuentran en la corteza del cerebelo).
- Los axones de las III neuronas forman parte del tracto talamocortical (excepto las propioceptivas inconscientes o tractos espinocerebelosos, aunque del cerebelo parten fibras eferentes que se dirigen al tálamo donde hacen sinapsis con neuronas, cuyos axones se incorporan al tracto talamocortical).
- Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se encuentran en el giro poscentral del lóbulo parietal (área cortical primaria) y en el lobulillo parietal superior (área cortical secundaria).
- Las vías de la sensibilidad establecen conexiones con las vías de la motilidad a distintos niveles de su trayecto, mediante neuronas intercalares, y dan lugar a mecanismo reflejos.

Vías específicas de la sensibilidad general

La vía de la sensibilidad termicodolorosa (del tracto espinotalámico lateral) tiene los receptores (exteroceptores) en la piel. Los cuerpos celulares de las I neuronas se sitúan en los ganglios espinales cuyos axones son cortos y penetran en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales. Los cuerpos celulares de las II neuronas se localizan en los núcleos sensitivos de los cuernos posteriores y sus axones se decusan hacia el funículo lateral del lado opuesto, donde forman el tracto espinotalámico lateral (su parte anterior transmite la sensibilidad dolorosa y su parte posterior la térmica), que asciende por la médula espinal y el tronco encefálico hasta el diencéfalo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se ubican en el tálamo y sus axones forman parte del tracto talamocortical. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se encuentran en el giro poscentral y en el lobulillo parietal superior (fig. 56.1).

La sensibilidad termicodolorosa de la mayor parte de la cabeza tiene su I neurona en el ganglio trigeminal,

la II en los núcleos sensitivos del V nervio (trigémino) y de ahí siguen por el tracto trigémino–talámico o lemnisco trigeminal hasta el tálamo donde se encuentra la III neurona.

La vía de la sensibilidad táctil no discriminativa o protopática (del tracto espinotalámico anterior) tiene los receptores (exteroceptores) en la piel. Los cuerpos celulares de las I neuronas se encuentran en los ganglios espinales y sus axones son medianos, penetran en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales y ascienden varios segmentos medulares. Los cuerpos celulares de las II neuronas se ubican en los núcleos sensitivos de los cuernos posteriores y los axones se decusan hacia el funículo anterior formando el tracto espinotalámico anterior que asciende por la médula espinal y el tronco encefálico hasta el diencéfalo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se localizan en el tálamo y sus axones forman parte del tracto talamocortical. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se sitúan en el giro poscentral y en el lobulillo parietal superior (fig. 56.1).

La sensibilidad táctil de la mayor parte de la cabeza tiene su I neurona en el ganglio trigeminal, la II en los núcleos sensitivos del V nervio (trigémino) y de ahí siguen por el tracto trigémino–talámico o lemnisco trigeminal hasta el tálamo donde se encuentra la III neurona.

La vía de la sensibilidad táctil discriminativa o epicrítica (del funículo posterior) al inicio es similar a la vía de la sensibilidad táctil no discriminativa, porque tiene los receptores en la piel y los cuerpos celulares de la I neurona en los ganglios espinales, pero sus axones son largos y al penetrar en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales, ascienden por el funículo posterior y se incorporan a los fascículos grácil y cuneiforme que transmiten la sensibilidad propioceptiva consciente.

La vía de la sensibilidad propioceptiva o profunda consciente (del funículo posterior o de los fascículos grácil y cuneiforme) está relacionada con la sensibilidad de presión, vibratoria y de las actitudes segmentarias, que permite conocer la posición de las diversas partes del cuerpo sin el concurso de la vista. En esta vía los receptores (propioceptores) se hallan en los órganos que componen el aparato locomotor (huesos, articulaciones y músculos). Los cuerpos celulares de las I neuronas se sitúan en los ganglios espinales y sus axones son largos, penetran en la médula espinal por las raíces posteriores de los nervios espinales y ascienden por el funículo posterior donde constituyen los fascículos grácil y cuneiforme (el fascículo grácil es medial y transmite los impulsos nerviosos de los miembros inferiores y de la mitad inferior del tronco, mientras que el fascículo cuneiforme es lateral y transmite los impulsos nerviosos de los miembros superiores y de la mitad superior del tronco). Los

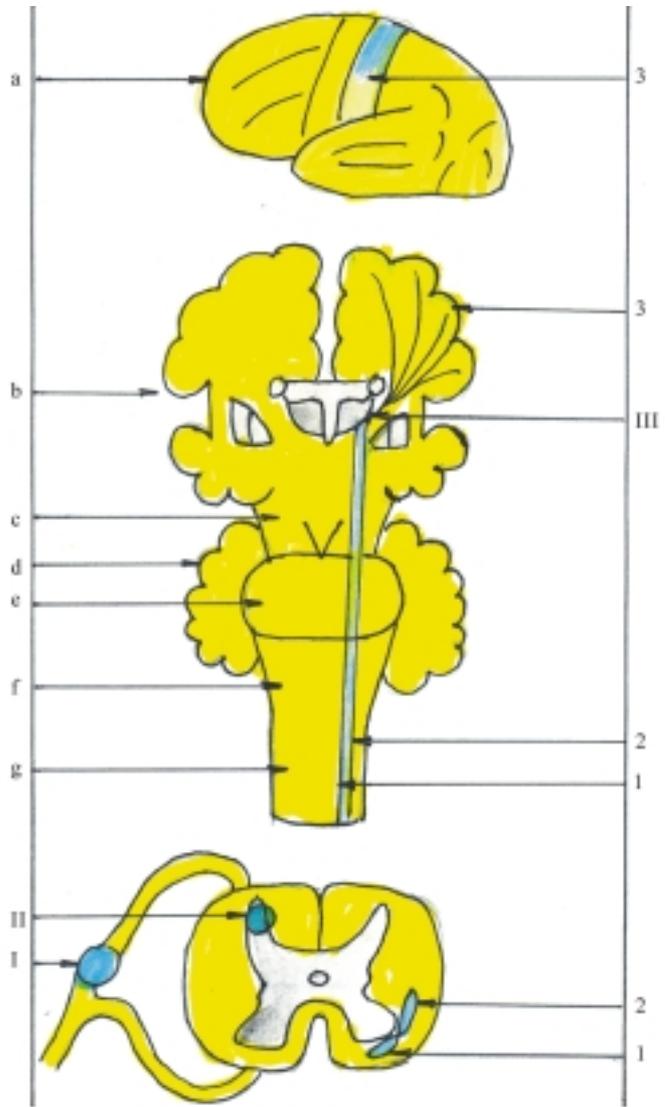


Fig. 56.1. Vías de la sensibilidad general superficial táctil y termicodolorosa. a) cara superolateral del hemisferio cerebral izquierdo, b) corte frontal de hemisferios cerebrales, c) pedúnculos cerebrales, d) cerebelo, e) puente, f) médula oblongada, g) médula espinal, I. primera neurona en ganglio espinal, II. segunda neurona en cuerno o asta posterior de la médula espinal, III. tercera neurona en el tálamo, 1. tracto espinotalámico anterior (vía táctil), 2. espinotalámico lateral (vía termicodolorosa), 3. área cortical sensitiva primaria en giro poscentral.

cuerpos celulares de las II neuronas conforman los núcleos sensitivos grácil y cuneiformes, situados en la médula oblongada y sus axones se decusan y forman los lemniscos mediales que ascienden por el tronco encefálico hasta el diencéfalo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se localizan en el tálamo y sus axones forman parte del tracto talamocortical. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se encuentran en el giro poscentral y en el lobulillo parietal superior (fig. 56.2).

La sensibilidad propioceptiva consciente procedente de los músculos de la cabeza y parte del cuello es conducida por fibras aferentes propioceptivas de los nervios craneales que inervan estos músculos (ejemplo, de los músculos masticadores por el nervio trigémino y de los músculos faciales por el nervio facial)

La vía de la sensibilidad propioceptiva o profunda inconsciente (de los tractos espinocerebelosos

anterior y posterior) transmite la información del estado del sistema osteomioarticular hacia el cerebelo, órgano que ejerce una acción reguladora sobre la actividad muscular, especialmente en la conservación del tono muscular y la coordinación de los movimientos. En esta vía los receptores (propioceptores) se encuentran en el aparato locomotor. Los cuerpos celulares de las I neuronas se localizan en los ganglios espinales y sus axones son cortos y medianos, los que forman parte de las raíces posteriores de los nervios espinales y penetran en la médula espinal. Los cuerpos celulares de las II neuronas se ubican en los cuernos posteriores. Una parte de sus axones se decusa hacia el funículo lateral del lado opuesto donde forman el tracto espinocerebeloso anterior o cruzado, que asciende por la médula espinal y el tronco encefálico hasta el mesencéfalo donde se decusa de nuevo hacia el pedúnculo cerebeloso superior del lado opuesto, a través del cual llega al cerebelo. Otra parte de los axones no se decusa y pasa hacia el funículo lateral del mismo

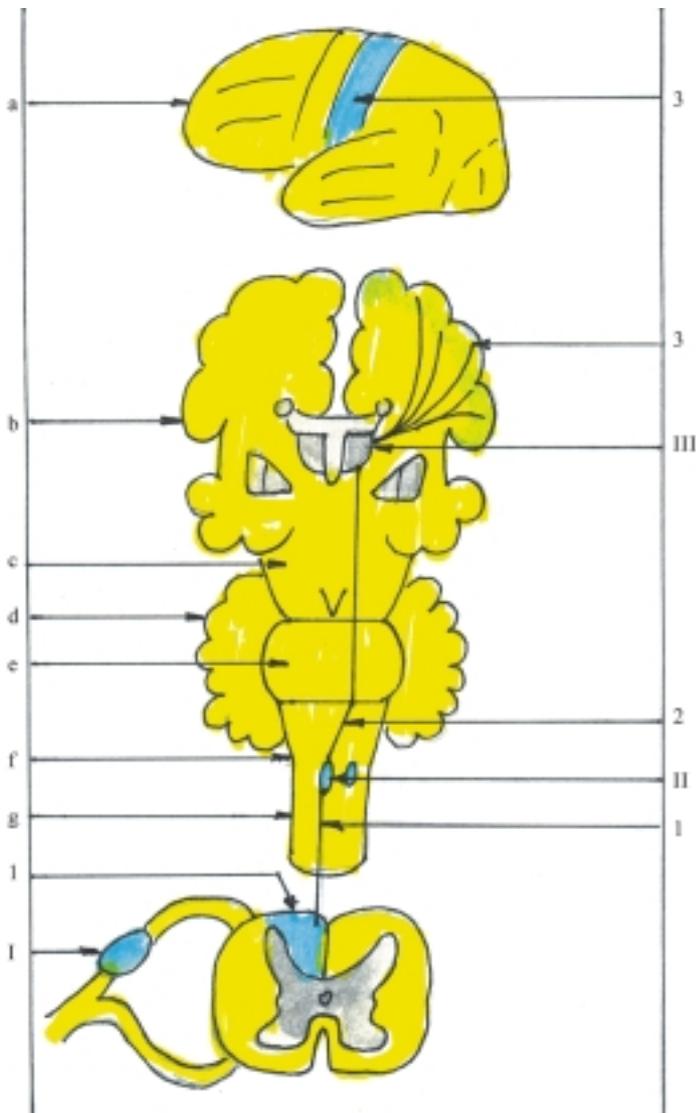


Fig. 56.2. *Vía de la sensibilidad general profunda propioceptiva consciente. a) cara superolateral del hemisferio cerebral izquierdo, b) corte frontal de hemisferios cerebrales, c) pedúnculos cerebrales, d) cerebelo, e) puente, f) médula oblongada, g) médula espinal, I. primera neurona en ganglio espinal, II. segunda neurona en núcleos grácil y cuneiforme de la médula oblongada, III. tercera neurona en el tálamo, 1. fascículos grácil y cuneiforme (vía propioceptiva consciente), 2. decusación del lemnisco medial, 3. área cortical sensitiva primaria en giro poscentral.*

lado donde forma el tracto espinocerebeloso posterior o directo, que asciende por la médula espinal hasta la médula oblongada, donde continúa por el pedúnculo cerebeloso inferior hacia el cerebelo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se sitúan en la corteza cerebelosa de la región del vermis (células piriformes de Purkinje) (fig. 56.3).

El cerebelo establece numerosas conexiones, aferentes y eferentes, con otras partes del sistema nervioso central. Mediante las conexiones aferentes el cerebelo recibe información sobre el estado de otras regiones del cuerpo; una de estas vías es la espinocerebelosa, ya explicada antes. Mediante las conexiones eferentes el cerebelo ejerce su influencia como modulador de las funciones nerviosas, principalmente de la regulación de la actividad muscular y el mantenimiento del equilibrio; sus vías más importantes son las que lo conectan con el tálamo, el núcleo rojo, la formación reticular y el núcleo vestibular.

Estas vías se inician en las células piriformes (de Purkinje) de la corteza cerebelosa, cuyos axones se dirigen hacia los núcleos cerebelosos donde hacen sinapsis, y de estos parten fibras nerviosas hacia las estructuras antes mencionadas.

La vía de la sensibilidad interoceptiva transmite la sensibilidad visceral, que generalmente es dolorosa difusa, aunque también incluye otras sensaciones como la plenitud y vacuidad de órganos huecos (estómago y vejiga urinaria). Además transmite la sensibilidad vascular como los cambios de presión arterial. Esta vía se caracteriza porque los receptores (interoceptores) se encuentran en las paredes de las vísceras y de los vasos sanguíneos, de donde parten las fibras aferentes o sensitivas que se incorporan a los troncos nerviosos del sistema nervioso autónomo, integrado por fibras eferentes o motoras simpáticas o parasimpáticas; los más destacados son los nervios esplácnicos y el nervio vago. Los cuerpos celulares

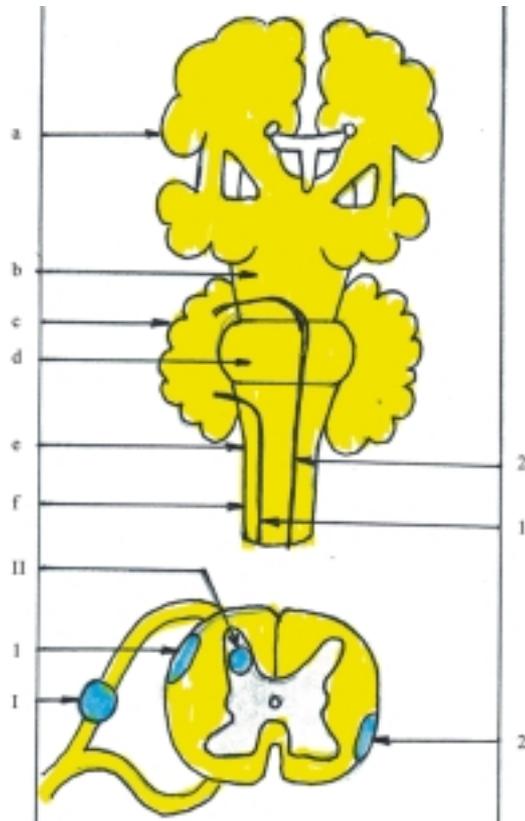


Fig. 56.3. Vía de la sensibilidad general profunda propioceptiva inconsciente a) corte frontal de hemisferios cerebrales, b) pedúnculos cerebrales, c) cerebelo, d) puente, e) médula oblongada, f) médula espinal, I. primera neurona en ganglio espinal, II. segunda neurona en cuerno o asta posterior de la médula espinal, 1. tracto espino-cerebeloso posterior o directo, 2). tracto espino-cerebeloso anterior o cruzado.

de las I neuronas se localizan en los ganglios de los nervios espinales y de los nervios craneales mixtos. Otra característica de esta vía es que a partir de los ganglios espinales y craneales, en su trayecto no forma un tracto propio, sino que se incorpora a los tractos de la sensibilidad general según su modalidad sensitiva ya explicados antes, y establecen numerosos mecanismos reflejos vegetativos a distintos niveles de la médula espinal y del tronco encefálico hasta llegar al tálamo, centro subcortical donde se integran los distintos tipos de sensibilidad. El centro nervioso superior de la corteza cerebral se ubica en la porción inferior de los giros poscentral y precentral.

Trastornos de la sensibilidad general

Los trastornos de la sensibilidad general se manifiestan por una serie de síntomas que pueden ser deficitarios (anestesia e hipoestesia) e irritativos (hiperestesia, parestesia y dolor). La anestesia es pérdida total o parcial de la sensibilidad. En la hipoestesia la sensibilidad está disminuida y en la hiperestesia está aumentada, mientras que la parestesia es la sensación anormal, como el hormigueo. El dolor es la sensación

penosa y desagradable, que constituye un mecanismo protector del cuerpo. De acuerdo con su localización puede ser: superficial (más preciso) y profundo (más difuso). Además, se describen otros 2 tipos de dolores según su localización (referido o irradiado). El dolor referido es el dolor profundo que se proyecta a distancia de la zona estimulada, y sigue la organización segmentaria, y el dolor irradiado es el dolor superficial o profundo que se propaga a distancia, como consecuencia de la irritación de una raíz o tronco nervioso.

Las vías de la sensibilidad general pueden ser lesionadas en distintos niveles de su trayecto, por sección, destrucción o compresión, y afectar el segmento de la vía situado por debajo de la lesión; esto provoca trastornos de la sensibilidad general que se manifiestan por síndromes sensitivos (periférico, medular, del tronco encefálico, talámico y cortical):

- *Síndrome sensitivo periférico:* En general, la sección completa de un tronco nervioso que posee fibras sensitivas provoca la anestesia de la zona autónoma o central de su territorio de inervación y la hipoestesia de la zona mixta o periférica de dicho territorio. La lesión de un tronco nervioso cutáneo afecta la sensibilidad superficial, pero se conserva la sensibilidad profunda (disociación periférica). La

lesión de un tronco nervioso mixto afecta la sensibilidad superficial y profunda (anestesia total). La lesión de la raíz posterior de un nervio espinal también afecta la sensibilidad superficial y profunda (anestesia total).

- *Síndrome sensitivo medular*: La lesión del centro de la sustancia gris de la médula espinal afecta las vías sensitivas que se decusan al nivel medular (tractos espinotalámicos anterior y lateral), esto provoca trastornos de la sensibilidad superficial, pero se conserva la sensibilidad profunda (disociación siringomiélica). La lesión de los funículos posteriores afecta la vía sensitiva que asciende por estos funículos (fascículos grácil y cuneiforme), lo que provoca una situación contraria a la anterior, o sea, con trastornos de la sensibilidad profunda y se conserva la sensibilidad superficial (disociación tabética). La sección de la mitad lateral de la médula espinal afecta las vías sensitivas que ascienden por los funículos anterior, lateral y posterior de ese lado (tractos espinotalámicos anterior y lateral y fascículos grácil y cuneiforme), esto provoca trastornos de la sensibilidad superficial del lado contrario a la lesión (contralateral) y de la sensibilidad profunda del mismo lado (homolateral) (síndrome de Brown-Séquard). La sección completa de la médula espinal afecta todas las vías sensitivas que ascienden por esta, y provoca la anestesia total del cuerpo, por debajo de la lesión.
- *Síndrome sensitivo del tronco encefálico*: La lesión del tronco encefálico afecta las vías sensitivas procedentes de la médula espinal ya cruzadas y las correspondientes a los nervios craneales que se originan en esta región, principalmente del nervio trigémino que inerva la mayor parte de la cara. La lesión al nivel de la médula oblongada o del puente (antes del cruzamiento de las fibras del nervio trigémino) provoca hemianestesia alterna, o sea, anestesia de la mitad del tronco y miembros opuestos a la lesión y hemianestesia de la cara del mismo lado. La lesión al nivel de los pedúnculos cerebrales (después del cruzamiento de las fibras del nervio trigémino) provoca hemianestesia cruzada, o sea, de toda la mitad del cuerpo opuesta a la lesión.
- *Síndrome sensitivo talámico*: Las lesiones del tálamo afectan los núcleos sensitivos situados en esta estructura, lo que provoca trastornos de la sensibilidad en la mitad del cuerpo opuesta a la lesión.
- *Síndrome sensitivo cortical*: La lesión de la corteza cerebral correspondiente al lóbulo parietal (giro poscentral y lobulillo parietal superior) afecta los centros nerviosos sensitivos localizados en esta región y provoca también trastornos de la sensibilidad en la mitad del cuerpo opuesta a la lesión.

Vías específicas de la sensibilidad especial

La vía gustativa se caracteriza porque su porción periférica está constituida por 3 pares de nervios craneales (nervios intermedio del facial, glossofaríngeo y vago). Los receptores son las células gustativas que forman parte de los cálculos gustativos situados en el epitelio de revestimiento de la mucosa del dorso de la lengua, al nivel de las papilas linguales gustativas, aunque también se encuentran en las mucosas del paladar, la faringe y la epiglotis. Los cuerpos celulares de las I neuronas se localizan en los ganglios de 3 pares de nervios craneales (el ganglio geniculado del nervio intermedio del facial, el ganglio inferior del nervio glossofaríngeo y el ganglio inferior del nervio vago). Las prolongaciones periféricas de estos ganglios se dirigen hacia zonas determinadas del dorso de la lengua desde donde conducen la sensibilidad gustativa; las del ganglio geniculado del nervio intermedio del facial forman parte de la cuerda del tímpano que inervan la zona anterior; las del ganglio inferior del nervio glossofaríngeo forman los ramos linguales que inervan la zona posterior; y las del ganglio inferior del nervio vago forman parte del nervio laríngeo superior que inervan la zona de la raíz de la lengua y epiglotis. Las prolongaciones centrales de estos ganglios se dirigen hacia el tronco encefálico en la composición de los nervios craneales correspondientes. Los cuerpos celulares de las II neuronas se ubican en el núcleo solitario de los nervios intermedio del facial, glossofaríngeo y vago, y sus axones ascienden por el tronco encefálico hasta el diencéfalo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se sitúan en el tálamo y sus axones forman parte del tracto talamocortical. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se encuentran en la parte inferior del giro poscentral. Las lesiones de los nervios craneales que poseen fibras sensitivas gustativas, provocan la pérdida del gusto en las zonas que inervan en el dorso de la lengua.

La vía olfatoria se caracteriza porque su porción periférica, constituida por el nervio olfatorio, no posee ganglio en su trayecto, por ser una prolongación del telencéfalo (rinencéfalo). Además, los receptores están representados por los cuerpos celulares de las I neuronas y los axones de las II neuronas no hacen sinapsis en el tálamo, centro subcortical de las vías sensitivas. Los receptores de estas vías representados por los cuerpos celulares de las I neuronas son las células neurosensoriales olfatorias (de Schultz) que se encuentran en la región olfatoria de la mucosa nasal, situada en la parte superior de las cavidades nasales. Los axones de las I neuronas se unen unos con otros

y forman los filamentos olfatorios que atraviesan la lámina cribosa del etmoides y penetran en la fosa craneal anterior. Los cuerpos celulares de las II neuronas (células mitrales) se localizan en el bulbo olfatorio cuyos axones se extienden hacia atrás y forman el tracto olfatorio, que en su extremidad posterior se ensancha y constituye el triángulo olfatorio de donde parten las estrías olfatorias lateral y medial, entre las cuales se encuentra la sustancia perforada anterior. Las fibras de estas estrías se extienden por distintas vías y establecen conexiones con otras estructuras relacionadas con el olfato aunque la mayoría de estas se dirigen hacia el giro parahipocámpico. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se encuentran en el uncus o gancho de la extremidad anterior del giro parahipocámpico. Del hipocampo surgen fibras eferentes que se dirigen a centros subcorticales situados en el diencefalo, principalmente en el hipotálamo (cuerpos mamilares), que llegan a este lugar por el fórnix.

La vía óptica (fig. 56.4) se caracteriza porque su porción periférica constituida por el nervio óptico no posee ganglio en su trayecto, ya que es una prolongación del diencefalo y en la retina del ojo se encuentra una cadena neuronal formada por 3 grupos de neuronas (células ópticas, bipolares y ganglionares), que representan el I grupo a los receptores y el III grupo a los ganglios de esta vía cuyos axones forman el nervio óptico y se decusan parcialmente en el quiasma óptico. Los receptores de esta vía, representados por los cuerpos celulares de las I neuronas, son las células ópticas baciliformes y coniformes que están situadas en la retina donde abarcan el segundo, tercero y cuarto estrato y sus axones hacen sinapsis en el quinto. Los cuerpos celulares de las II neuronas son las células bipolares localizadas en el sexto estrato de la retina y sus axones hacen sinapsis en el séptimo. Los cuerpos celulares de las III neuronas son las células ganglionares ubicadas en el octavo estrato de la retina y sus axones se extienden por el noveno y décimo estrato hasta el disco del nervio óptico, y continúan su trayecto en la composición de este nervio que atraviesa el canal óptico de la órbita y penetra en la fosa craneal media, donde se une con el del lado opuesto y constituye el quiasma óptico, cuyas fibras mediales se decusan y las laterales siguen por el mismo lado. Del quiasma óptico parten hacia atrás los tractos ópticos derecho e izquierdo, cada uno de los cuales posee fibras procedentes de la retina de ambos ojos y termina formando 2 fascículos que se dirigen a los centros subcorticales ópticos situados en el mesencéfalo (colículos superiores) y en el diencefalo (cuerpos geniculados laterales del metatálamo). Los colículos superiores se conectan con los núcleos de los nervios craneales que inervan los músculos del ojo y establecen mecanismos reflejos (movimientos

oculares en respuesta a estímulos luminosos). Los cuerpos celulares de las IV neuronas se encuentran en los cuerpos geniculados laterales y sus axones forman la radiación óptica. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se sitúan en los bordes del surco calcarino localizado en la cara medial de los lóbulos occipitales de los hemisferios cerebrales.

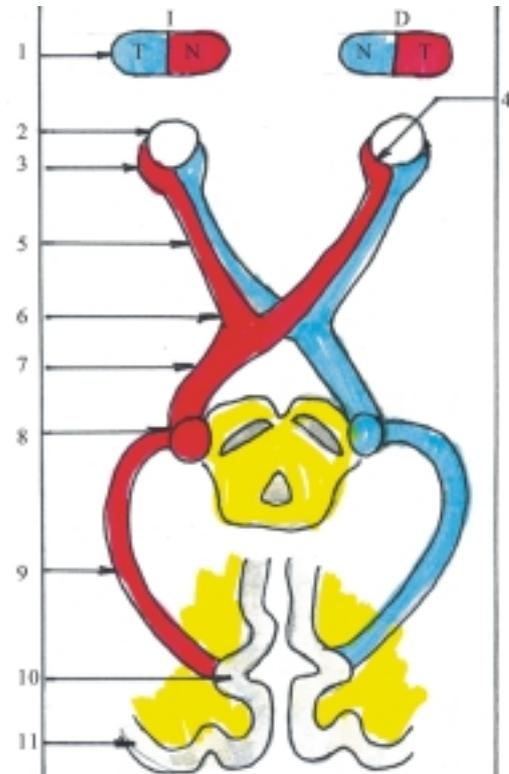


Fig. 56.4. Vía óptica. 1. campo visual, I. izquierdo, D. derecho, T. temporal, N. nasal, 2. bulbo ocular, 3. retina temporal, 4. retina nasal, 5. nervio óptico, 6. quiasma óptico, 7. tracto óptico, 8. cuerpo geniculado lateral, 9. radiación óptica, 10. área cortical óptica en bordes del surco calcarino, 11. corteza cerebral.

Las lesiones de las vías ópticas pueden ser causadas por traumatismos, procesos vasculares, tumorales y degenerativos, que dan lugar a distintas alteraciones del campo visual, cuyas manifestaciones dependen de la localización y extensión de la lesión. Para facilitar la comprensión de estas alteraciones es necesario tener presente algunos aspectos morfofuncionales de las vías ópticas: como el bulbo ocular tiene forma esférica, su superficie interna revestida por la retina es cóncava, de manera que las distintas áreas del campo visual se proyectan en áreas opuestas de la retina (ejemplo, la mitad medial o nasal del campo visual se proyecta en la mitad lateral o temporal de la retina). Además, las fibras mediales del nervio óptico se decusan al nivel del quiasma óptico y

pasan al lado opuesto, mientras que las fibras laterales continúan por el mismo lado, lo que explica las hemianopsias o pérdida de la visión en una mitad del campo visual, generalmente en ambos ojos. Las lesiones unilaterales de las vías ópticas por detrás del quiasma óptico (tracto óptico, cuerpo geniculado lateral, radiación óptica y área cortical óptica), son las más frecuentes y afectan a las mitades de las 2 retinas correspondientes al mismo lado de la lesión; esto provoca la pérdida de la visión de las mitades opuestas de los 2 campos visuales (hemianopsia homónima, derecha o izquierda). La lesión en el centro del quiasma óptico causada generalmente por tumores de la hipófisis, afectan las mitades mediales de las 2 retinas, lo que provoca la pérdida de la visión de las mitades laterales de los 2 campos visuales (hemianopsia heterónima bitemporal). La lesión de ambos lados del quiasma óptico es muy rara y afecta las mitades laterales de las 2 retinas, esto provoca la pérdida de la visión de las mitades mediales de los 2 campos visuales (hemianopsia heterónima binasal). Las lesiones por delante del quiasma óptico, al nivel del nervio óptico afectan a toda la retina del ojo del cual proceden, y provocan la pérdida completa de la visión del campo visual correspondiente a ese ojo.

La vía auditiva se caracteriza porque su porción periférica está compuesta por la parte coclear del nervio vestibulococlear. Los receptores son las células sensoriales ciliadas del órgano espiral (órgano de Corti), situados en el conducto coclear del laberinto membranoso. Los cuerpos celulares de la I neurona son células bipolares localizadas en el ganglio coclear situado en la cóclea o caracol. Las prolongaciones periféricas de este ganglio se dirigen hacia el órgano espiral donde se encuentran los receptores auditivos y las prolongaciones centrales constituyen la parte coclear del nervio vestibulococlear, que penetra en la fosa craneal posterior por el poro acústico interno y se dirige hacia el tronco encefálico. Los cuerpos celulares de las II neuronas se ubican en los núcleos cocleares anterior y posterior, que se encuentran al nivel de los ángulos laterales de la fosa romboidea o piso del IV ventrículo. Los axones de estas neuronas se dirigen transversalmente por el puente, se decusan y pasan al lado opuesto, donde cambian de dirección y ascienden en la composición del lemnisco lateral. Las fibras transversales al nivel del puente procedentes de los núcleos cocleares anteriores, constituyen el cuerpo trapezoide y las procedentes de los núcleos cocleares posteriores forman las estrías medulares. Algunas de estas fibras no se decusan y ascienden por el lemnisco lateral del mismo lado y otras hacen sinapsis en núcleos de esta región (ejemplo, núcleos del cuerpo trapezoide y de la oliva superior). Los lemniscos laterales se dirigen a los núcleos subcorticales auditivos situados en el mesencéfalo (colículos inferiores) y en el diencéfalo (cuerpos geniculados mediales del metatálamo). Los colículos inferiores se conectan con núcleos de

nervios craneales y establecen mecanismos reflejos. Los cuerpos celulares de las III neuronas se encuentran en los cuerpos geniculados mediales y sus axones forman la radiación acústica. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral se sitúan en la parte media del giro temporal superior. La lesión unilateral del nervio coclear o de los núcleos cocleares en el tronco encefálico provoca una sordera completa del mismo lado. La lesión por arriba del cuerpo trapezoide (lemnisco lateral o área cortical) provoca una disminución bilateral de la audición, más marcada en el oído opuesto porque en estas regiones, la mayor parte de las fibras ya se han decusado.

La vía vestibular está relacionada con la función de mantener el equilibrio (estaticocinético), especialmente en la percepción de la posición y los movimientos de la cabeza y se caracteriza porque su porción periférica está compuesta por la parte vestibular del nervio vestibulococlear. Los receptores son células sensoriales ciliadas situadas en la mácula del utrículo y del sáculo (del equilibrio estático) y en las crestas ampollares de los conductos semicirculares (del equilibrio cinético o dinámico). Los cuerpos celulares de las I neuronas son células bipolares localizadas en el ganglio vestibular situado en el meato acústico interno, cuyas prolongaciones periféricas se dirigen hacia los receptores y las prolongaciones centrales forman la parte vestibular del nervio vestibulococlear, que penetra en la fosa craneal posterior por el poro acústico interno y se dirige hacia el tronco encefálico. Los cuerpos celulares de las II neuronas se ubican en los núcleos vestibulares (superior, inferior, lateral y medial), situados al nivel de los ángulos laterales de la fosa romboidea (área vestibular) y sus axones se extienden en 3 direcciones principales, que constituyen el tracto vestibulocerebeloso, el tracto vestibuloespinal y el fascículo longitudinal medial. El tracto vestibulocerebeloso se dirige al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso inferior y termina en la corteza del lóbulo floculonodular conectada con el núcleo fastigio o del techo que está relacionada con la función vestibular o del equilibrio. El tracto vestibuloespinal se dirige a la médula espinal por los funículos anteriores y termina en los núcleos motores de los nervios espinales situados en los cuernos anteriores, donde establece mecanismos reflejos vestibulares con los músculos del cuello, tronco y miembros, e influye sobre el tono muscular de estos, lo que contribuye a mantener el equilibrio del cuerpo. El fascículo longitudinal medial se conecta con los núcleos motores de los nervios craneales que inervan los músculos del ojo, establece mecanismos reflejos vestibulares con estos, y desempeña una función importante en los movimientos conjugados de los ojos y de la cabeza. Los núcleos vestibulares también están conectados con la formación reticular y los núcleos de los nervios vagos y glossofaríngeos, por lo tanto, cuando ocurre una alteración de esta vía

(síndrome vestibular), cuyo síntoma principal es el vértigo, se acompaña con relativa frecuencia de manifestaciones vegetativas (hipotensión arterial, náuseas, vómitos, etc.). Además, existen fibras procedentes de los núcleos vestibulares que se decusan y ascienden hasta el diencefalo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se encuentran en el tálamo y sus axones forman parte del tracto talamocortical. Los centros nerviosos superiores de la corteza cerebral están difundidos por los lóbulos parietal y temporal, donde se hace consciente la función vestibular.

Vías de la motilidad

La motilidad es la facultad que tiene el individuo de ejecutar los movimientos mecánicos del cuerpo o parte de este y de mantener la postura, ante ciertos estímulos. Es una actividad muscular, regida por el sistema nervioso, que en general comprende 2 tipos: cinética y estática. La motilidad cinética o dinámica ejecuta los movimientos o desplazamientos del cuerpo o parte de este, mediante contracciones musculares rápidas y breves (contracciones clónicas), que pueden ser voluntarias o involuntarias, como los movimientos reflejos y automáticos. La motilidad estática mantiene el cuerpo o parte de este en una actitud o postura determinada, mediante contracciones lentas y duraderas (contracciones tónicas).

Las vías de la motilidad conducen los impulsos nerviosos desde los centros nerviosos superiores, corticales y subcorticales, hasta los núcleos motores de los nervios espinales y craneales situados en la médula espinal y el tronco encefálico, respectivamente, de donde parten los nervios que se dirigen hacia los órganos efectores, representados por los músculos.

Estas vías se clasifican según sus funciones en 2 grupos muy relacionados: 1. del movimiento voluntario o piramidal (tractos corticoespinal y corticonuclear) y 2. del movimiento involuntario o extrapiramidal (ejemplo, tractos tectoespinal, rubroespinal, vestibuloespinal y reticuloespinal), que están influenciados por la acción moduladora del cerebelo y subordinados a la corteza cerebral. Además, se incluye la vía motora visceral general o del sistema nervioso autónomo, destinada a la musculatura lisa de las vísceras y vasos sanguíneos, que por sus características particulares se estudia aparte.

Características generales de las vías de la motilidad

Las vías de la motilidad, al igual que las vías de la sensibilidad general, presentan una serie de características generales, que al ordenarlas en el sentido

que se transmite el impulso nervioso, facilita su comprensión:

- Los cuerpos celulares de las neuronas motoras centrales o I neuronas se encuentran en la corteza cerebral, principalmente en áreas correspondientes al lóbulo frontal.
- En el trayecto de esta vía la mayor parte de sus fibras se decusan, con la particularidad de que la vía piramidal corticonuclear posee fibras cortas que se extienden hasta el tronco encefálico, la vía piramidal corticoespinal tiene fibras largas que se extienden sin interrupción hasta la médula espinal y las vías extrapiramidales cuentan con varios eslabones neuronales (multisináptica).
- Los cuerpos celulares de las neuronas motoras periféricas se localizan en los núcleos motores de los nervios espinales (en la médula espinal) y de los nervios craneales (en el tronco encefálico).
- Los axones de las neuronas motoras periféricas constituyen las fibras motoras de los nervios espinales y craneales que se dirigen hacia los órganos efectores (músculos).

Vías específicas de la motilidad

Las vías de la motilidad voluntaria o piramidal (tractos corticoespinal y corticonuclear) tienen los cuerpos celulares de las neuronas motoras centrales o I neuronas constituidos por las células piramidales gigantes, agrupadas en la quinta lámina de la corteza cerebral de las áreas correspondientes al giro precentral y su continuación, el lobulillo paracentral (área cortical motora primaria), así como en el área premotora del lóbulo frontal y en otras zonas del lóbulo parietal (área cortical motora secundaria). Los axones de las I neuronas forman los tractos corticoespinal y corticonuclear (fig. 56.5).

El tracto corticoespinal desciende por la corona radiada, pasa por el brazo posterior de la cápsula interna y atraviesa el tronco encefálico por su parte ventral o anterior (pedúnculos cerebrales, puente y médula oblongada). Al nivel de la médula oblongada forman las pirámides, donde la mayor parte de sus fibras se decusan y descienden por el funículo lateral del lado opuesto de la médula espinal, y constituyen el tracto corticoespinal lateral (cruzado); mientras que la otra parte de sus fibras desciende directamente por el funículo anterior del mismo lado y forma el tracto corticoespinal anterior (directo), cuyas fibras también se decusan en la medida en que van descendiendo, y pasan por la comisura blanca hacia el lado opuesto. Los cuerpos celulares de las neuronas motoras periféricas o II neuronas constituyen los núcleos motores de los nervios espinales situados en las astas anteriores de la médula espinal y sus axones van en la

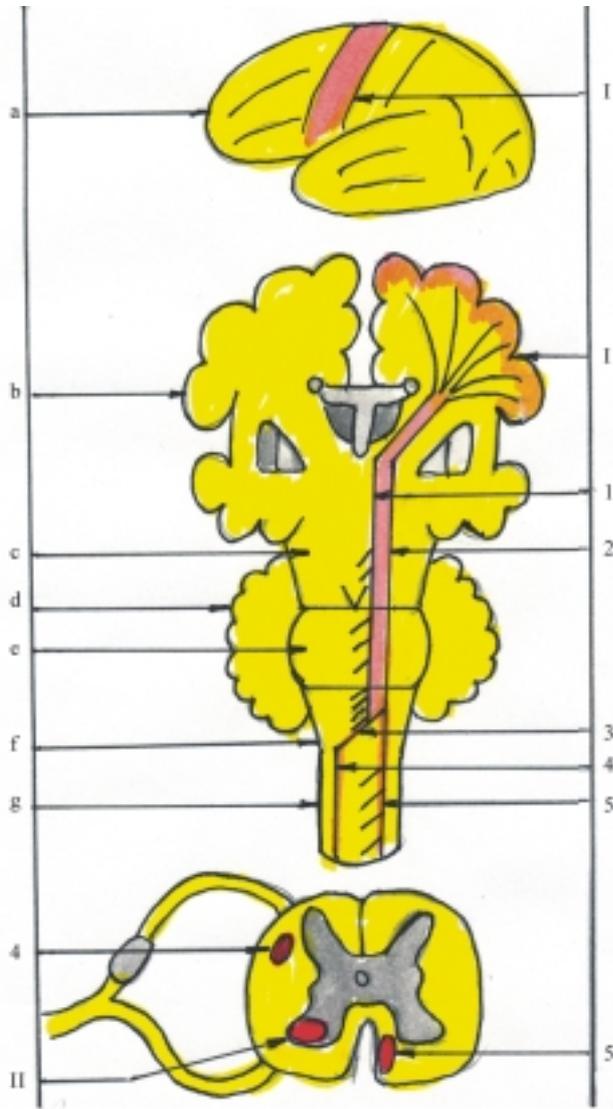


Fig. 56.5. Vía de la motilidad voluntaria piramidal. a) cara superolateral del hemisferio cerebral izquierdo, b) corte frontal de hemisferios cerebrales, c) pedúnculos cerebrales, d) cerebelo, e) puente, f) médula oblongada, g) médula espinal, I. área cortical motora primaria en giro precentral, II. neurona periférica en cuerno o asta anterior de la médula espinal, 1. tracto corticonuclear, 2. tracto corticoespinal 3. decusación piramidal, 4. tracto corticoespinal lateral o cruzado, 5. tracto corticoespinal anterior o directo.

composición de los nervios espinales que terminan innervando los músculos esqueléticos del cuello, tronco y miembros.

El tracto corticonuclear también desciende por la corona radiada, pero pasa por la rodilla (genu) de la cápsula interna, por lo que también se le conoce como haz geniculado y al llegar al tronco encefálico, parte de sus fibras se decusan y pasan hacia el lado opuesto, a distintos niveles de este (pedúnculos cerebrales, puente y médula oblongada), y la otra parte de sus fibras desciende por el mismo lado. Los cuerpos celulares de las neuronas motoras periféricas o II neuronas se ubican en los núcleos motores de los nervios craneales situados en el tronco encefálico y sus axones se extienden en la composición de estos nervios que terminan innervando los músculos esqueléticos de la región de la cabeza y parte del cuello.

Las vías de la motilidad involuntaria o extrapiramidal (tractos tectoespinal, rubroespinal, vestibulo-

loespinal, olivoespinal y reticuloespinal) están íntimamente relacionadas con la vía piramidal y el cerebelo (tracto corticopontocerebeloso), e intervienen en la coordinación de los movimientos involuntarios (reflejos y automáticos) y en la regulación del tono muscular. Los cuerpos celulares de las neuronas motoras centrales tienen una localización difusa en distintas zonas de la corteza cerebral, principalmente en el área premotora del lóbulo frontal (área cortical motora secundaria) y sus axones se dirigen hacia los núcleos basales del cerebro y ciertos núcleos del tronco encefálico donde se encuentran los cuerpos celulares de las neuronas intermedias. Entre los núcleos basales del telencéfalo se destaca el neostriado (núcleos caudado y putamen) que establece conexiones con otras estructuras de esta región como el tálamo e hipotálamo y el paleostriado (globo pálido), cuyos axones se extienden hacia el tronco encefálico. Entre los núcleos del tronco

encefálico relacionados con este sistema extrapiramidal se distinguen los del techo mesencefálico, el núcleo rojo y la sustancia negra, los núcleos vestibulares, olivar inferior y de la formación reticular, cuyos axones forman varios tractos entre los que se destacan el tectoespinal, rubroespinal, vestibuloespinal, olivoespinal y reticuloespinal. Estos tractos establecen conexiones con otras estructuras encefálicas, algunos se decusan y en general descienden por los funículos anterior y lateral de la médula espinal. Los cuerpos celulares de las neuronas motoras periféricas se encuentran en los núcleos motores de los nervios espinales situados en las astas anteriores de la médula espinal y sus axones van en la composición de estos nervios hasta los efectores musculares.

Mediante el tracto corticopontocerebeloso la corteza cerebral controla las funciones del cerebelo. Los cuerpos celulares de las I neuronas se encuentran en distintas zonas de la corteza cerebral (frontal, parietal, occipital y temporal) y sus axones forman las fibras corticopontinas que descienden hasta el puente del tronco encefálico. Los cuerpos celulares de las II neuronas se localizan en los núcleos pontinos y sus axones forman las fibras pontocerebelosas que se decusan y pasan por el pedúnculo cerebeloso medio del lado opuesto hacia el cerebelo. Los cuerpos celulares de las III neuronas se sitúan en la corteza de los hemisferios cerebelosos (células piramidales de Purkinje). En la corteza cerebelosa se inician las vías eferentes del cerebelo que hacen sinapsis en los núcleos cerebelosos y de estos parten fibras que se conectan con núcleos situados en el tronco encefálico, relacionados con el sistema extrapiramidal.

Trastornos de la motilidad

Los trastornos de la motilidad se manifiestan por una serie de síntomas, entre los que se destacan los correspondientes al déficit de los movimientos voluntarios (parálisis y paresias). Además se observan otros síntomas relacionados con el tono muscular (hipertonía, hipotonía y distonía), la coordinación de los movimientos o taxia (ataxia), los movimientos reflejos incondicionados (hiperreflexia, hiporreflexia y arreflexia), los movimientos involuntarios anormales (temblor, coreico, tics, espasmos musculares, etc.) y el estado trófico de los músculos (atrofia muscular).

Las lesiones del sistema nervioso pueden afectar alguna parte de las vías de la motilidad (piramidal y extrapiramidal), y provocar síntomas cuyas características permiten realizar el diagnóstico de la vía afectada y su localización.

En general, la lesión de las II neuronas de la vía piramidal, representada por los nervios que poseen fibras motoras, afecta a músculos aislados, o sea, a los músculos o grupos musculares que inervan, y provocan la paresia o parálisis de origen periférico,

que se acompaña de hipotonía e hiporreflexia y atrofia muscular. La lesión de las I neuronas de la vía piramidal en su trayecto por el sistema nervioso central, representada por los tractos corticoespinal y corticonuclear, afecta a muchos músculos o grandes regiones musculares; esto provoca las parálisis de origen central que se hacen más evidentes en los miembros y según su localización se denominan: monoplejías, hemiplejías, paraplejías y cuadriplejías, que se acompañan de otros síntomas como la hipertonía, la hiperreflexia profunda o muscular y la hiporreflexia superficial o cutánea, pero al explorar el reflejo cutáneo plantar se produce el signo de Babinski (extensión del dedo grueso en lugar de la flexión de los dedos). La lesión de la vía extrapiramidal se caracteriza porque produce rigidez y movimientos involuntarios anormales, las enfermedades más representativas son, el Parkinson y la Corea. La enfermedad de Parkinson, por lesión del globo pálido y la sustancia negra, se caracteriza por rigidez, temblor y lentitud en los movimientos (hipocinesia). La Corea por lesión del neostriado, se caracteriza por los movimientos coreicos (involuntarios, irregulares, rápidos y amplios).

- Las localizaciones de las lesiones en la vía piramidal o de la motilidad voluntaria se pueden diagnosticar por los síntomas que presentan, principalmente por las parálisis que producen en determinadas regiones del cuerpo.
- La sección completa de la médula espinal provoca parálisis en ambos lados y por debajo de la lesión, con la particularidad que si la sección ocurre en la región torácica provoca paraplejía y si ocurre en la región cervical, cuadriplejía.
- La sección de la mitad lateral de la médula espinal produce parálisis del mismo lado por debajo de la lesión, con la particularidad que si ocurre en la región torácica produce monoplejía y si ocurre en la región cervical, hemiplejía, pero sin afectar la cara. Naturalmente que esta hemisección medular completa es excepcional, y son más frecuentes las formas atípicas de esta lesión.
- Las lesiones en el tronco encefálico provocan la hemiplejía alterna, que consiste en la parálisis de los miembros del lado opuesto de la lesión y de los nervios craneales del mismo lado, según el nivel de la lesión. En la médula oblongada (nervios IX, X, XI y XII), el puente (V, VI y VII) y los pedúnculos cerebrales (III y IV).
- Las lesiones por arriba del tronco encefálico, principalmente al nivel de la cápsula interna, provocan hemiplejía total o parálisis de toda la mitad opuesta del cuerpo.
- Las lesiones corticales generalmente no afectan toda el área motora, por lo que, la hemiplejía o parálisis de la mitad opuesta del cuerpo no es proporcional, o sea, que una parte está más afectada que otra, y puede provocar una monoplejía.