



## PASO 4: Principales Vías Somatosensitivas y Somatomotoras, Sistema Ventricular e Irrigación Encefálicas

### Principales Vías Somatosensitivas y Somatomotoras

En primer lugar, realizaremos el estudio de las Vías Aferentes del Sistema Nervioso, es decir, los caminos que sigue la información sensitiva en su ascenso a centros nerviosos superiores; luego, continuaremos con sus Vías Eferentes y, finalmente, haremos una breve exposición del Sistema Ventricular y la Irrigación Encefálica.

Antes de abordar las Vías Aferentes, profundicemos en los Reflejos, unidad fisiológica del sistema nervioso.

#### Vías reflejas

Se le define como una respuesta motriz de tipo involuntaria que ocurre inmediatamente después de aplicar un estímulo en particular, y que puede ser o no consciente. Si la respuesta no es inmediata, no puede ser considerada un reflejo. Otra característica de la respuesta refleja es que parece presentarse y ejecutarse con un fin determinado, y la respuesta se coordina y adapta en vista de tal fin. Su base anatómica es el arco reflejo, cuyos componentes básicos son: un órgano receptor, una neurona aferente, una neurona eferente y un órgano efector. Como este arco reflejo sólo involucra una sinapsis, se denomina arco reflejo monosináptico; por ello, el tiempo entre la aplicación del estímulo y la ejecución del reflejo es muy pequeño (período latente breve), como sucede en los reflejos patelar y corneal.

Los arcos reflejos cumplen importantes funciones, entre ellas, la mantención del tono muscular y, por ende, la postura corporal. Los reflejos tienen una localización perfecta y estricta, o sea, originan siempre una respuesta que ocurre siempre en el mismo sitio.



Se ha demostrado que luego de la descarga normal de la neurona eferente sobre el órgano efector viene un período prolongado de descarga asincrónica. Este suceso se explica por la presencia de colaterales del axón de la neurona aferente que hacen el papel de interneuronas y vuelven a sinaptar con la neurona eferente, produciendo una descarga prolongada luego del impulso inicial. Luego de ocurrido el reflejo, viene un período refractario en el cual no es posible una respuesta refleja ante un estímulo. Los centros reflejos son muy susceptibles a la hipoxia y a ciertos fármacos, y es por ello que la ausencia o cualquier alteración de la actividad refleja, juega un papel preponderante en el diagnóstico clínico.

Existen dos propiedades de los reflejos medulares que deben considerarse: la Ley de la Inervación Recíproca indica que los reflejos extensor y flexor de un mismo miembro no pueden realizarse simultáneamente. Se sabe que la neurona aferente que llega al músculo flexor envía colaterales al músculo extensor para inhibirlo; por otra parte, el reflejo de extensión cruzado establece que al provocar el reflejo de flexión en el miembro inferior de un lado, el miembro del otro lado se hiperextiende (si se estimula alternativamente la planta de un pie y del otro se produce un movimiento de pedaleo). Estas respuestas también han sido observadas en el miembro superior, pero son menos frecuentes.

Recuérdese que en la médula espinal (ME) existen tres niveles fundamentales de organización: se reconoce una organización segmentaria que es base de las actividades reflejas segmentarias representadas en el arco reflejo; una intersegmentaria que explica los reflejos intersegmentarios como el reflejo de retirada a un estímulo doloroso; y una suprasegmentaria por la cual las actividades medulares son coordinadas por los centros encefálicos.

Los reflejos segmentarios (recuérdese el concepto de segmento medular o mielómero) son fuertemente influenciados por centros neuronales superiores a través de los tractos descendentes largos. Así, la sección transversal de la ME involucra la pérdida de estas influencias y causa un estado de depresión funcional de toda la región corporal que depende de los segmentos medulares bajo la sección. Esta etapa transitoria de shock espinal evoluciona hacia una rigidez de descerebración, caracterizada por la aparición de los reflejos segmentarios y aumento del tono muscular debido a una hiperactividad de las fibras eferentes gamma sobre los husos musculares, descontroladas porque no tienen control de los centros superiores (automatismo medular).

Cuando las motoneuronas inferiores van atravesando la sustancia blanca camino a formar las raíces anteriores de los nervios espinales, emiten colaterales que hacen sinapsis con unas neuronas colinérgicas denominadas células de Renshaw. Estas interneuronas vuelven a hacer sinapsis con



motoneuronas inferiores cercanas, formando un circuito reverberante que inhibe la actividad de estas últimas. Por ello, la estimulación de cada motoneurona tiende a inhibir a las neuronas motoras circundantes. Este sistema de inhibición recurrente muestra que el sistema motor hace uso del principio de la inhibición lateral para permitir la transmisión de la señal primaria sin que disminuya su intensidad, al mismo tiempo que suprime la tendencia a diseminarse por las neuronas adyacentes.

Las fibras de las raíces posteriores no sólo terminan en su segmento medular. Una considerable parte de ellas se bifurcan al penetrar a la ME y se dividen en ramas ascendentes y descendentes que emiten colaterales hacia el asta posterior hasta que ellas mismas terminan en la sustancia gris de segmentos superiores o inferiores. Las interneuronas del asta posterior extienden sus axones a la sustancia blanca que rodea a la sustancia gris, constituyendo los fascículos propios, cuya interrupción produce trastornos en los reflejos intersegmentarios (donde participan varios segmentos en un reflejo). Estos son muy importantes en funciones reguladoras automáticas medulares, como los que controlan la micción en segmentos lumbosacros o los que intervienen en el control sinérgico de los músculos respiratorios en la porción superior de la médula espinal.

La organización suprasegmentaria comprende los tractos ascendentes largos que llevan impulsos aferentes a centros encefálicos, y los tractos descendentes largos por los cuales estos centros neuronales superiores influyen en las motoneuronas inferiores. Los tractos ascendentes son paquetes de fibras nerviosas sensitivas de diferentes tipos y funciones que transcurren por la sustancia blanca de la ME, estableciendo comunicación entre segmentos medulares o con centros neuronales superiores. Se encargan de conducir información sensitiva que puede ser o no consciente.

La base anatómica de una vía ascendente que lleva información desde los receptores periféricos consta de tres neuronas. La neurona de primer orden tiene su soma en un ganglio de la raíz posterior; desde allí, la prolongación periférica (la dendrita) hace contacto con el receptor periférico y la prolongación central (el axón) busca entrar a la ME formando parte de la raíz posterior del nervio espinal hasta sinaptar con una neurona de segundo orden (de ubicación variable, como ya se verá). El axón de esta segunda neurona puede decusarse o seguir ipsilateralmente hasta un centro superior del SNC. En este centro, que es el Tálamo, se encuentra la neurona de tercer orden cuyo axón llega hasta el área sensitiva de la corteza cerebral. Considérese que esta es sólo una descripción general de los tractos ascendentes que no estipula los accidentes anatómicos específicos de cada tracto. Por ejemplo, hay vías que involucran a más o menos de tres neuronas, u otras que no llegan a las áreas corticales sensitivas.



La información sensitiva que llevan estos tractos puede ser clasificada en: **propioceptiva**, en relación a estímulos internos relacionados con el control consciente e inconsciente de la postura corporal y tono muscular; **exteroceptiva**, vinculada a estímulos ambientales como dolor, temperatura o tacto, entre otros; e **interoceptiva**, asociada a estímulos que se originan en el territorio visceral.

A continuación, desglosaremos estos distintos tipos de aferencias.

La propiocepción se produce por estimulación de los diversos receptores ubicados en los músculos, tendones y articulaciones (husos musculares y órganos tendinosos de Golgi). Estos impulsos se transmiten por fibras Ia y Ib y es principalmente propioceptiva consciente, aunque también por esta misma vía transcurren aferencias exteroceptivas de tacto discriminativo, todas terminando en la corteza cerebral. En cambio, los impulsos aferentes de propiocepción inconsciente alcanzan el cerebelo por vías particulares: los tractos espinocerebelosos anterior y posterior, que ocupan el cordón lateral de la ME. Por otra parte, aquellos que se dirigen a la corteza cerebral intervienen en el control cortical de los movimientos y ascienden por el cordón posterior de la ME (fascículos gracilis y cuneatus).

[Ver Fig. 1](#)

Los tractos espinocerebelosos, a cargo de la propiocepción inconsciente, se originan en las células nerviosas del asta posterior (segunda neurona de la vía) que forman el núcleo torácico. Ambos tractos reciben impulsos propioceptivos a través de la raíz posterior y originan axones que recorren la parte más superficial del cordón lateral formando los tractos espinocerebelosos posterior y anterior. El tracto espinocerebeloso posterior lleva impulsos del mismo lado del cuerpo, mientras que el anterior transmite impulsos cruzados y del mismo lado. Su destrucción conduce a la incoordinación muscular y trastornos del tono muscular.

En el tracto espinocerebeloso posterior, la neurona de primer orden tiene su soma en el ganglio de la raíz posterior y su axón sinapta con la segunda neurona ubicada en la base del asta posterior de la ME. Es en este lugar donde las neuronas de segundo orden agrupadas constituyen el núcleo torácico.

[Ver Fig. 2](#)[Ver Fig. 3](#)

Los axones de estas neuronas ascienden por la región posterolateral del cordón lateral ipsilateral y penetran en el pedúnculo cerebeloso inferior (PCI) para alcanzar la corteza cerebelosa. Como el núcleo torácico está presente sólo desde el octavo segmento cervical hasta el tercero o cuarto lumbar, los axones que transportan propiocepción de las regiones lumbar baja y sacra ascienden por el cordón



posterior hasta llegar al segmento medular más bajo que contenga este núcleo para sinaptar con la segunda neurona de la vía.

El tracto espinocerebeloso posterior transporta información propioceptiva proveniente de los husos musculares, órganos tendinosos y receptores articulares de las extremidades y del tronco referente a tensión tendinosa y movimientos articulares y musculares. Toda esta información es integrada por la corteza cerebelosa para luego coordinar los movimientos y mantener la postura corporal.

En el tracto espinocerebeloso anterior, el axón de la primera neurona también sinapta en el núcleo torácico, presentándose muy similares ambos tractos hasta este punto. Sin embargo, la mayoría de los axones de la segunda neurona se decusan y ascienden por el cordón lateral contralateral, mientras una pequeña cantidad de fibras lo hace por el mismo lado; en ambos casos, estos axones forman el tracto espinocerebeloso anterior que ocupa la parte superficial del cordón lateral por delante del posterior.

Luego de ascender, atravesando ME, bulbo y puente, las fibras penetran al cerebelo por el pedúnculo cerebeloso superior (PCS) y terminan en la corteza cerebelosa. El tracto espinocerebeloso anterior transmite información propioceptiva desde husos musculares, órganos tendinosos y articulaciones del tronco y extremidades. Es posible también que lleve al cerebelo información de la piel y fascia superficial de estas regiones.

La propiocepción consciente está a cargo de los Tractos del Cordón Posterior, quienes también transmiten el tacto fino. Los axones del cordón posterior de la ME no provienen de neuronas agrupadas en el asta posterior, sino que son la continuación directa e ininterrumpida de la fibra de la primera neurona de esta vía ubicada en el ganglio espinal de la raíz posterior. Estas fibras entran a la ME a diferentes niveles, engrosando el cordón posterior, y ascienden sin decusarse hasta el bulbo.

Cabe señalar que, una vez dentro de la ME, estas fibras dan colaterales que sinaptan con neuronas del asta posterior, interneuronas y neuronas del asta anterior a distintos niveles medulares; se cree que estas conexiones participan en reflejos intersegmentarios. Conforme van entrando sucesivamente al cordón posterior, las fibras de niveles inferiores son desplazadas hacia la línea media por las que ingresan en niveles más altos; de esta manera, en el extremo medular superior las fibras de los segmentos sacros se ubican medialmente y las de los segmentos cervicales están lateralmente (la particular disposición de las fibras o somas respecto las zonas de las que provienen, se conoce como **"organización somatotópica"**;



esta peculiaridad está presente en diversas estructuras nerviosas). A nivel cervical se observa al cordón posterior dividido en dos mitades, una medial y otra lateral, por un tabique cervical intermedio que superficialmente se refleja como surco intermedio posterior.

Las fibras de la mitad medial de cada cordón posterior, ubicadas entre el tabique intermedio posterior y el tabique mediano posterior, forman el fascículo gracilis (ex- de Goll).

[Ver Fig. 4](#)

Este tracto está presente a lo largo de toda la ME y contiene las fibras ascendentes largas de los segmentos sacros, lumbares y seis últimos torácicos que llevan impulsos propioceptivos de las extremidades inferiores y la mitad inferior del tronco. Por otra parte, las fibras de la mitad lateral de cada cordón posterior, entre el tabique intermedio posterior y el surco colateral posterior, constituyen el fascículo cuneatus (ex- de Burdach). Este tracto sólo está presente desde el sexto segmento torácico hacia cefálico y contiene las fibras ascendentes largas de todos los segmentos cervicales y los seis primeros torácicos que llevan impulsos propioceptivos del miembro superior y de la parte superior del tronco.

Las fibras de ambos tractos sinaptan con la neurona de segundo orden a nivel del bulbo en los núcleos gracilis y cuneatus (que determinaban en superficie a los tubérculos homónimos). Luego, los axones de estas segundas neuronas se dirigen anteromedialmente, visualizándose al corte como fibras arqueadas internas, y cruzan la línea media, formando la decusación sensitiva. Luego, las fibras ascienden formando un paquete compacto que cruza el tronco encefálico: el lemnisco medial. Estas fibras alcanzan el tálamo, y sinaptan con la tercera neurona de la vía, ubicada en el núcleo ventral posterolateral del tálamo. Luego de cruzar el brazo posterior de la cápsula interna y la corona radiada, los axones de esta tercera neurona terminan en el giro postcentral de la corteza cerebral (área somestésica primaria). En esta zona cortical, se interpretan las sensaciones de la mitad contralateral.

Estos tractos transmiten impulsos de percepción fina de los estímulos táctiles, incluyendo sensación táctil con elemento espacial. Su daño provoca que el paciente no precise el sitio del estímulo táctil ya sea de tipo único o doble simultáneo. Además, gracias a los impulsos propioceptivos transmitidos por estos tractos es posible reconocer conscientemente sensaciones vibratorias, movimientos activos o pasivos y la posición de las partes del cuerpo. Si se destruyen los tractos de la columna blanca posterior, sería imposible determinar en qué posición están los pies o los dedos a menos que el paciente los vea, y se



pierde la sensación de movimiento y posición de los miembros. Si se les pide a estos pacientes que junten sus pies, se observa en ellos un movimiento de bambaleo.

Se sabe que aferencias propioceptivas de músculos del cuello se proyectan también al cerebelo a través del PCI ipsilateral. Esta vía corresponde al tracto cuneocerebelar, teniendo sus segundas neuronas en el núcleo cuneato accesorio (en el bulbo, inmediatamente lateral al nucleocuneato) y sus fibras constituyen, en cambio, las fibras arqueadas externas posteriores, que proyectan al paleocerebelo.

En cuanto a las Aferencias Exteroceptivas, estas las relacionamos con las sensaciones de calor, frío, dolor y la forma gruesa o protopática de la sensación táctil. En el vértice del asta posterior se verifica una sustancia gris de aspecto particular: la sustancia gelatinosa, que se relaciona en parte con la recepción de impulsos dolorosos a través de fibras amielínicas y poco mielinizadas que constituyen el tracto posterolateral (ex- de Lissauer), entre el vértice del asta posterior y el surco colateral posterior en la superficie de la ME

[Ver Fig. 5](#)

Todas las células de la columna gris posterior (es decir, todas las neuronas agrupadas en núcleos que ocupan el asta posterior) que se comportan funcionalmente como segundas neuronas al recibir impulsos exteroceptivos transmitidos por la neurona de primer orden ubicada en el ganglio de la raíz posterior, originan axones que se decusan pasando por la comisura blanca hacia el lado opuesto, en donde se separan en dos tractos ascendentes: los tractos espinotalámicos lateral y anterior.

El tracto espinotalámico lateral conduce las sensaciones de dolor y temperatura (termalgesia) captadas por las terminaciones nerviosas libres de la piel. Estas son llevadas a la ME a través de dos tipos de fibras: fibras de conducción lenta (de tipo C); o fibras de conducción rápida (de tipo delta A). Las fibras de conducción rápida se encargan de dar la alerta ante un estímulo de dolor agudo, mientras las fibras de conducción lenta son las responsables del dolor prolongado de las quemaduras. Por otra parte, las sensaciones térmicas son transmitidas tanto por ambos tipos de fibras.

[Ver Fig. 6](#)

Como ya dijimos, los axones que transportan información termalgésica penetran en la zona posterior de la médula y se dividen en ramas ascendentes y descendentes que viajan por dos o tres segmentos medulares formando así el tracto posterolateral. Estas fibras de la neurona de primer orden terminan sinaptando en neuronas de la sustancia gelatinosa de las astas posteriores.



El neurotransmisor involucrado en la sinapsis de las fibras de tipo C es la sustancia P, neuropéptido de fabricación y degradación lenta en las sinapsis, lo que explica el aumento progresivo de la intensidad del dolor crónico con el pasar del tiempo y la persistencia del dolor aunque ya haya cesado el estímulo. Las fibras de segundo orden se decusan a través de las comisuras blanca y gris anterior y terminan constituyendo el tracto espinotalámico lateral situado en la parte más anterior del cordón lateral, medialmente al tracto espinocerebeloso anterior.

Las nuevas fibras que se incorporan a este tracto, conforme se va ascendiendo, lo hacen por su aspecto posteromedial, lo que trae consigo que en la región medular cervical, las fibras sacrococcígeas se ubican anterolateralmente y las fibras de segmentos cervicales, posteromedialmente (somatotopía). A medida que se asciende, el tracto se va situando cada vez más lateralmente, aproximándose a la superficie medular en la región cervical.

Ver Fig. 7

En el bulbo, el tracto espinotalámico lateral se ubica muy cercano a la superficie entre el núcleo olivar inferior y el núcleo del tracto espinal del nervio trigémino, donde además toma relación íntima con el tracto espinotalámico anterior. El conjunto de ambos tractos reunidos, en toda la altura del tronco encefálico, es conocido como lemnisco espinal. Así, el axón de la neurona de segundo orden prosigue ascendiendo por la región posterior del puente y por el tegmento mesencefálico hasta sinaptar con la neurona de tercer orden en el núcleo ventral posterolateral del tálamo; es posible que a este nivel se interpreten algunas sensaciones de dolor y temperatura y que comience la respuesta emocional ante ellos.

Las fibras de tercer orden ascienden a través del brazo posterior de la cápsula interna y luego por la corona radiada hasta alcanzar el área somestésica de la corteza cerebral (giro postcentral), donde la mitad contralateral del cuerpo se representa de forma invertida. Acá la información es interpretada conscientemente y posteriormente enviada a áreas de asociación parietal.

En el tracto espinotalámico anterior, al igual como ocurre en el lateral, los axones que provienen de las raíces posteriores se dividen en ramas ascendentes y descendentes para viajar uno o dos segmentos medulares, formando parte del tracto posterolateral. Tras la sinapsis con en la sustancia gelatinosa, el axón de la segunda neurona cruza la línea media a través de la comisura blanca para conformar el tracto propiamente tal en el cordón anterior de la ME. Las fibras que se van incorporando, lo hacen por su aspecto medial, y es por ello que en los segmentos medulares superiores las fibras ubicadas lateralmente





llevan impulsos de segmentos sacros y las más mediales son fibras provenientes de segmentos cervicales. En el bulbo, los tractos espinotalámico anterior y lateral, junto al tracto espinotectal, ascienden como lemnisco espinal. En el puente, el lemnisco espinal asciende por la región posterior para luego atravesar el tegmento del mesencéfalo.

La neurona de tercer orden del tracto espinotalámico anterior tiene su soma en el núcleo ventral posterolateral del tálamo, donde también es posible que se interpreten algunas sensaciones de tacto y presión. En lo que resta, la vía es idéntica a la del tracto espinotalámico lateral. El tracto espinotalámico anterior transmite impulsos de presión y sensación táctil no referidos a discriminación espacial.

El dolor visceral, en el contexto de las aferencias interoceptivas, es un tipo de dolor periférico proveniente de las vísceras toracoabdominales y que se localiza sobre los tejidos que recubren el órgano que lo origina, destacando la piel del tórax y del abdomen o zonas próximas; esto último es lo que se designa como dolor referido o heterotópico, ya que el dolor es **"referido"** desde la víscera que lo produce a una región parietal próxima con la que mantiene conexión fisiológica. En realidad, el dolor referirá al dermatoma que originó el órgano durante el desarrollo embrionario (regla de los dermatomas). Por ejemplo, el dolor cardíaco es referido a la porción anterior del brazo izquierdo, lo que se explica por el hecho que el corazón y el brazo tienen el mismo origen segmentario.

El dolor proveniente de las vísceras toracoabdominales se ha constituido en un elemento importante en el establecimiento del diagnóstico de las patologías que afectan a estos órganos. A diferencia del dolor superficial, el dolor visceral provocado por lesiones muy localizadas rara vez es intenso; pero, si se provoca una estimulación difusa de los receptores de dolor en una extensa área de la víscera, el dolor puede ser muy intenso como ocurre en las isquemias, por ejemplo.

Los dolores viscerales suelen ser causados por distensión excesiva, espasmos de la musculatura lisa de una víscera hueca, daño químico o isquemia, y son transmitidos hasta la médula espinal por neuronas cuyos somas se encuentran ubicados en un ganglio de la raíz posterior. La dendrita de estas neuronas contacta en la víscera con receptores de dolor y estiramiento presentes en ella; por otra parte, el axón penetra por la raíz posterior y sinapta con neuronas del asta posterior o lateral. Las fibras provenientes de estas neuronas ascienden junto a los tractos espinotalámicos, posiblemente a través del tracto espinoreticular, hasta contactar con un núcleo del tálamo. Posiblemente, de aquí los axones se dirigen a



áreas de la corteza cerebral relacionadas a funciones viscerales (corteza insular) o del sistema límbico (corteza cingulada).

Como se ve, existe poca claridad sobre los mecanismos y vías que sigue este tipo de dolor. Se ha sugerido que el dolor visceral referido se produce de la siguiente manera: las fibras de tipo C, que conducen dolor visceral a un determinado segmento medular, junto a fibras que llevan dolor desde la piel pueden sinaptar en una misma neurona de segundo orden ubicada en el asta posterior, lo que posibilitaría que algunas de las sensaciones viscerales dolorosas sean conducidas por estas neuronas en común y que el paciente sienta como si el dolor de la víscera se estuviese produciendo en una determinada región de la piel.

Hasta este punto, hemos abordado los tractos de las principales vías ascendentes. A continuación, trataremos las principales vías descendentes, es decir, los caminos que toman los centros nerviosos superiores para transmitir sus eferencias -voluntarias o involuntarias- a los órganos efectores.

Los tractos corticoespinales o piramidales son los tractos motores más importantes de la médula espinal, ya que conducen impulsos que inician y controlan los movimientos voluntarios. Debido a que esta vía eferente agrega rapidez y agilidad a los movimientos voluntarios, principalmente actúa en la realización de movimientos rápidos y hábiles; es posible que los movimientos voluntarios más simples estén mediados por otros tractos descendentes. Las neuronas que constituyen los tractos corticoespinales se denominan neuronas motoras superiores y sus fibras se originan en las células piramidales de la capa V de la corteza cerebral motora, aunque no de forma exclusiva.

Ver Fig. 8

Las proporciones son las siguientes: un tercio de las fibras se origina en la corteza motora primaria, un tercio en la corteza motora secundaria (ambas regiones pertenecientes al giro precentral) y un tercio en el giro postcentral. Este último origen no controla la actividad motora precisamente, sino que envía impulsos sensitivos que modulan este tipo de respuestas.

Desde la corteza, alrededor de un millón de fibras pasa a formar parte de la corona radiada para luego penetrar en el brazo posterior de la cápsula interna. En este sitio, las fibras correspondientes a las regiones faciales están en la rodilla (genu) de la cápsula interna y las extremidades inferiores se sitúan en un aspecto más posterior de ella. Las fibras continúan su camino constituyendo las 3/5 partes de la



porción media de cada pie del pedúnculo cerebral, dentro de la que las fibras correspondientes a la región cervical se ubican medialmente y las fibras de los miembros inferiores lateralmente.

En el puente, las fibras pontocerebelosas transversas separan este tracto en varios haces bien definidos.

Al penetrar al bulbo, las fibras vuelen a reagruparse para constituir las pirámides bulbares en la porción anterior de esta región. En la unión bulbomedular, las fibras se decusan parcialmente (decusación de las pirámides): la mayoría de las fibras (90%) pasan al lado opuesto y descienden en el cordón lateral como el tracto corticoespinal lateral, mientras una pequeña proporción no se decusa y desciende en el cordón anterior del mismo lado como el tracto corticoespinal anterior o directo.

A medida que estos tractos descienden por la médula espinal, se hacen progresivamente más delgados debido a que sus fibras van haciendo conexiones con las motoneuronas de asta anterior en sucesivos niveles ya sea directa o indirectamente a través de interneuronas. Si bien las fibras del tracto piramidal directo no se decusan a nivel bulbar, sí lo hacen a través de la comisura blanca en los segmentos cervicales y torácicos superiores para así alcanzar el asta anterior del lado opuesto de todos los segmentos medulares; es decir, desde los segmentos medulares torácicos inferiores encontramos en el cordón anterior el tracto piramidal directo del lado opuesto (ya decusado) esperando alcanzar su motoneurona inferior correspondiente.

Las fibras del tracto corticoespinal lateral, ya decusadas a nivel bulbar, terminan en las astas anteriores de todos los segmentos medulares. A fin de cuentas, cada hemisferio cerebral se relaciona funcionalmente con el lado opuesto del cuerpo.

Estudios histológicos experimentales han demostrado la presencia de fibras piramidales que conectan cada hemisferio cerebral con las motoneuronas inferiores ipsilaterales, pero parecen ser tan escasas que no son significantes frente a una valoración clínica.

La mayoría de las fibras corticoespinales sinaptan con una interneurona, y es ésta la que se comunica con varias motoneuronas gamma, incluso con la de segmentos medulares adyacentes amplificando así la respuesta; sólo las fibras corticoespinales más gruesas son las que sinaptan directamente con las motoneuronas del asta anterior.



Existen colaterales de las fibras córticoespinales que nacen apenas empiezan a descender y que ascienden para inhibir la función de las neuronas motoras de las regiones corticales adyacentes. Otras ramas sinaptan con los núcleos caudado, lentiforme, rojos, olivares y reticulares, con la función de mantener cierto flujo de información acerca de la actividad de la corteza motora. Estas regiones subcorticales podrían ejercer otras funciones reguladoras sobre las neuronas motoras inferiores a través de otras vías descendentes.

Por otra parte, existen fibras corticonucleares que se desprenden a nivel del tronco encefálico para contactar con los núcleos motores de los nervios craneales III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI y XII.

Se ocupa el término de sistema extrapiramidal para referirse a todos los tractos descendentes que no sean los corticoespinales y que influyen en la actividad somatomotora de los músculos estriados. Este sistema constituye una especie de enlace indirecto de las áreas motoras corticales con las motoneuronas inferiores de los nervios craneales y espinales.

Actualmente se ha abandonado la idea de un sistema piramidal y otro extrapiramidal ya que es muy bien conocida la estrecha relación funcional entre ambos.

[Ver Fig. 9](#)

---

## Sistema ventricular

Como ya se sabe, el sistema ventricular corresponde a una serie de cavidades que se desarrolla en el interior del sistema nervioso central, en las cuales se está produciendo y circulando el líquido cerebroespinal. Estas cavidades están recubiertas por un epitelio endotelial, distinguiéndose los ventrículos laterales, el tercer ventrículo, el acueducto mesencefálico, el cuarto ventrículo y el conducto central, todos manteniendo comunicación entre sí para el libre tránsito del LCE producido en los plexos coroideos de determinadas cavidades ventriculares, mientras que una pequeña cantidad se produce en las células endoteliales que recubren las cavidades ventriculares.



Se sabe que la producción de LCE es un proceso activo que demanda gasto de energía.

Se sabe que la concentración de electrolitos tales como K, Ca y Mg es diferente al encontrado en el plasma sanguíneo.

Al LCR se le atribuye una función de protección mecánica dado que forma un verdadero colchón hidráulico alrededor y dentro del sistema nervioso central. Además permite que los materiales de desecho del metabolismo celular puedan ser eliminados, así como también puede distribuir a distancia las hormonas que se producen en el hipotálamo y cuerpo pineal, entre otras.

En condiciones normales, el LCR circula desde los ventrículos laterales hacia el tercer ventrículo, luego acueducto cerebral, cuarto ventrículo, luego desde allí se dirige ya sea hacia el conducto endimario o hacia el espacio subaracnoideo de las cisternas cerebelomedular y pontina, recorriendo luego el espacio que rodea a la médula espinal hacia caudal o hacia la convexidad de los hemisferios cerebrales. La reabsorción del LCE se realiza en las granulaciones aracnoideas que se encuentran en los senos venosos, especialmente, en el seno sagital superior.

---

## Irrigación encefálica

En cuanto a la irrigación encefálica, el Sistema Nervioso Central del hombre recibe el 20% del débito cardíaco. El flujo es transportado al encéfalo por cuatro troncos arteriales: dos arterias carótidas internas y dos arterias vertebrales.

El cerebro es irrigado por dos tipos de arterias: grandes arterias de conducción que se extienden desde la superficie inferior del cerebro hacia las superficies laterales de los hemisferios, tronco encefálico y cerebelo; y arterias perforantes, que se originan desde estas arterias de conducción y penetran al parénquima cerebral para irrigar áreas específicas.



Existen interconexiones entre las arterias de conducción tanto en el cuello, a través de ramas musculares, como en la base del cerebro, a través de los vasos que conforman el círculo arterial del cerebro (ex- polígono de Willis). También existen interconexiones entre las arterias de las superficies hemisféricas. El tamaño de esta circulación colateral y su capacidad de suplir territorios con obstrucción transitoria o permanente del flujo es muy variable.

Las arterias carótidas irrigan la porción anterior del cerebro. La arteria carótida común derecha se origina a partir del tronco braquiocefálico, mientras que la izquierda nace directamente del arco aórtico. Estos vasos ascienden por la porción lateral del cuello y se bifurcan a nivel del ángulo de la mandíbula, formando las arterias carótidas interna y externa. La arteria carótida interna se dirige hacia la porción anterior del cuello sin ramificarse y luego penetra a través del canal carotídeo en la base del cráneo. Continúa su curso horizontalmente hacia delante a través del seno cavernoso y sale en la cara medial de la apófisis clinoides anterior perforando la duramadre. Luego, entra al espacio subaracnoideo atravesando la aracnoides y gira hacia atrás hasta alcanzar la región de la sustancia perforada anterior en el extremo interno de la cisura lateral, donde se divide en las arterias cerebrales anterior y media.

Existen importantes ramas colaterales de la arteria carótida interna, como la arteria oftálmica que irriga los músculos extraoculares, coroides, retina, parte del nervio óptico, senos paranasales, dorso de la nariz y cuero cabelludo.

Existen extensas anastomosis entre la arteria oftálmica y la carótida externa en la órbita, siendo lo suficientemente importantes como para formar un circuito de circulación colateral que lleve sangre desde la carótida externa a la carótida interna y de allí a los hemisferios cerebrales.

Otra rama es la arteria comunicante posterior, que se dirige posteriormente sobrepasando al nervio oculomotor hasta conectar con la arteria cerebral posterior. Es la arteria con mayor cantidad de variantes anatómicas de todas las arterias que conforman el polígono de Willis: a veces está ausente o una de ellas es tan pequeña que su flujo es de poca relevancia. Constituye la principal interconexión entre el sistema circulatorio anterior y posterior del encéfalo. De ella se originan ramas que irrigan el hipotálamo y los pedúnculos cerebrales. Por otra parte, la arteria coroidea anterior, muy próxima a la cintilla óptica, penetra al asta inferior del ventrículo lateral y termina en su plexo coroideo.



La arteria cerebral anterior, una de las ramas terminales de la arteria carótida interna, es la rama terminal más pequeña y se dirige anteriormente a través de la cisura interhemisférica por encima del quiasma óptico. Esta arteria emite pequeñas ramas que irrigan el quiasma óptico, la hipófisis y el septum pellucidum. Luego se dirige hacia arriba y atrás siguiendo al cuerpo calloso, emitiendo un número variable de ramas corticales que se extienden en la superficie medial del hemisferio cerebral para irrigar las porciones superior, medial y anterior de los lóbulos frontales y la superficie medial de los hemisferios cerebrales hasta el rodete del cuerpo calloso. También irrigan una porción de corteza de aproximadamente 2,5 cm. de ancho en la superficie hemisférica lateral adyacente.

Debido a que la porción de corteza sensitiva (giro postcentral) y motora (giro precentral) que se encuentra en la superficie medial del cerebro corresponde a las extremidades inferiores, la oclusión de esta arteria resulta en una parálisis o paresia de la extremidad inferior contralateral (hemiplejía o hemiparesia de predominio crural) con grados variables de hipoestesia. Un grupo de ramas penetrantes atraviesa la sustancia perforada anterior y ayuda a irrigar parte de los núcleos de la base y de la cápsula interna.

Ambas arterias cerebrales anteriores se conectan a través de la arteria comunicante anterior, que suele ser lo suficientemente grande como para ser una importante vía de circulación colateral, conectando los sistemas carotídeos de ambos lados.

La arteria cerebral media se dirige lateralmente, en la base de los hemisferios, a través del surco lateral donde se trifurca en grandes ramas corticales que proporcionan la irrigación para casi toda la superficie lateral de los hemisferios cerebrales, exceptuando la estrecha banda irrigada por la arteria cerebral anterior, y el polo occipital y la cara inferolateral del hemisferio que están irrigados por la arteria cerebral posterior.

Antes de dividirse, la arteria cerebral media emite alrededor de 20 ramas perforantes que se denominan arterias lentículoestriadas, que penetran al parénquima para irrigar la cabeza y cuerpo del núcleo caudado, globo pálido, putamen, una pequeña porción del tálamo y cápsula interna.

Las arterias perforantes que emergen de las ramas frontal, temporal y parietal de la arteria cerebral media, irrigan la corteza cerebral y sustancia blanca adyacente de gran parte de la superficie hemisférica lateral.



Debido a esta distribución, la arteria cerebral media irriga la porción de la corteza motora y sensitiva correspondiente a la extremidad superior, cara, lengua y parte superior de la extremidad inferior. Por ello, la oclusión de esta arteria ocasiona una parálisis o paresia e hipoestesia variable de la hemicara, extremidad superior e inferior contralateral, así como la oclusión de la arteria cerebral media del hemisferio dominante puede causar alteraciones del lenguaje (afasia). Por otra parte, la oclusión aguda de la arteria cerebral media en su origen casi siempre causa gran déficit motor y sensitivo debido al gran territorio comprometido.

El círculo arterial del cerebro constituye la principal conexión arterial de circulación cerebral colateral, permitiendo la interconexión de los sistemas carotídeos (circulación anterior) y vertebrobasilar (circulación posterior) de ambos lados. Se ubica en la fosa interpeduncular en la base del encéfalo y está constituido por la arteria comunicante anterior, las arterias cerebrales anteriores, una pequeña porción de ambas arterias carótidas internas, las arterias comunicantes posteriores y las arterias cerebrales posteriores.

La porción posterior del cerebro es irrigada por las arterias vertebrales. Estas arterias se originan en la primera porción de las arterias subclavias y ascienden por la región lateral de la columna vertebral, entrando al agujero transverso de las vértebras cervicales. Abandonan el mencionado agujero en la vértebra C1, luego giran medialmente para penetrar al cráneo a través del foramen magno, atravesando las meninges hasta alcanzar el espacio subaracnoideo y localizarse a cada lado de la cara ventral del bulbo, lateralmente a las pirámides.

En el extremo rostral del bulbo raquídeo ambas arterias vertebrales se unen y conforman la arteria basilar, la cual asciende en un surco en la cara anterior del puente. En el límite superior del puente se divide en las dos arterias cerebrales posteriores. Frecuentemente, hay una gran arteria vertebral (generalmente la izquierda) y otra pequeña. Existen anastomosis entre la circulación carotídea y vertebrobasilar a nivel de las arterias comunicantes posteriores y entre las ramas leptomenígeas sobre los hemisferios que interconectan flujo de las arterias cerebrales media y posterior.

Las arterias vertebrales y la arteria basilar proporcionan la irrigación al tronco encefálico y al cerebelo a través de tres tipos de arterias: las arterias medianas, las arterias paramedianas, y las arterias circunferenciales.





Las arterias medianas irrigan estructuras adyacentes a la línea media y se dirigen dorsalmente hacia el piso del cuarto ventrículo. Las arterias paramedianas irrigan el área lateral a la línea media, cercana a la mitad entre los segmentos ventral y dorsal del tronco encefálico.

Las arterias circunferenciales rodean el tronco encefálico para irrigar la mayor parte de la región dorsal, por ejemplo, la arteria cerebelosa inferior posterior en el bulbo, cerebelosa inferior anterior en el puente, y cerebelosa superior en el mesencéfalo.

Entre las ramas de las arterias vertebrales se tiene: la arteria espinal anterior, que desciende por la cara anterior del bulbo y médula espinal, a lo largo de la fisura mediana anterior y es reforzada por arterias radiculomedulares que entran al canal vertebral a través de los agujeros intervertebrales; las arterias espinales posteriores que se originan en la arteria vertebral o en la arteria cerebelosa posterior inferior, y descienden sobre la cara posterior de la médula espinal cerca de las raíces posteriores, siendo también reforzada por arterias radiculomedulares; la arteria cerebelosa posterior inferior (PICA) es la rama más grande de la arteria vertebral y, mediante un curso irregular entre el bulbo y el cerebelo, irriga la cara inferior del vermis, los núcleos centrales del cerebelo, la superficie inferior de los hemisferios cerebelosos, bulbo y plexo coroideo del cuarto ventrículo; las arterias bulbares, ramas muy pequeñas; y ramas meníngeas, que se distribuyen en la fosa craneal posterior.

Por otra parte, entre las ramas de la arteria basilar se tiene: arterias pontinas, pequeñas y numerosas; arteria laberíntica, larga, acompaña a los nervios facial y vestibulococlear en el conducto auditivo interno y se origina a menudo de la arteria cerebelosa anterior inferior; arteria cerebelosa anterior inferior (AICA) que se dirige hacia atrás y lateralmente para irrigar la porción anterior e inferior del cerebelo; arteria cerebelosa superior, nace cerca del extremo rostral de la arteria basilar, rodea el pedúnculo cerebral e irriga la superficie superior del cerebelo, pedúnculos cerebelosos superior y medio, puente y epíffisis; y la arteria cerebral posterior, como rama terminal de la arteria basilar, se curva lateralmente y hacia atrás alrededor del mesencéfalo para unirse con la rama comunicante posterior de la arteria carótida interna, irriga las superficies inferolateral y medial del lóbulo temporal y las superficies lateral y medial del lóbulo occipital, corteza calcarina, pedúnculos cerebrales, la porción posterior del tálamo, epíffisis y plexos coroideos de los ventrículos laterales y tercero.



En cuanto a las venas encefálicas, podemos destacar su delgada pared ante la falta de capa muscular y de válvulas. Salen del encéfalo, se ubican en el espacio subaracnoideo, atraviesan la aracnoides y la capa meníngea de la duramadre y drenan en los senos venosos craneales.

El sistema de drenaje venoso del encéfalo consta de un sistema superficial y de un sistema profundo.

Ambos sistemas drenan a un sistema colector de senos venosos. Este sistema colector finalmente drena la sangre del encéfalo hacia las venas yugulares internas que dejan el cráneo a través de agujero yugular. Una pequeña porción de la sangre abandona el cráneo a través de anastomosis entre los senos duros y venas del cuero cabelludo, venas diploicas y venas emisarias.

El sistema de drenaje venoso superficial está compuesto por grandes venas superficiales que se agrupan de la siguiente manera: un grupo superior conformado por las venas cerebrales superiores que se dirigen hacia arriba sobre la superficie lateral del hemisferio cerebral y drenan en el seno sagital superior; un grupo horizontal o medio conformado por la vena cerebral media superficial que drena la superficie lateral del hemisferio cerebral y vacía en el seno cavernoso; y un grupo inferior conformado por la vena cerebral media profunda que drena la ínsula y se une con las venas cerebral anterior y del cuerpo estriado para formar la vena basal (de Rosenthal).

El sistema de drenaje venoso profundo puede tener algunas ramas dirigidas hacia las venas superficiales, sin embargo, el sistema se vacía principalmente en venas ventriculares bastante grandes.

Cerca del agujero interventricular se unen un conjunto de venas (terminal, septal anterior, caudada anterior y talamoestriada) para dar origen a dos venas cerebrales internas, que discurren posteriormente en la tela coroidea del tercer ventrículo y se unen por debajo del rodete del cuerpo caloso para formar la vena cerebral magna (de Galeno), la cual drena en el seno recto. La vena basal drena la sangre de la región preóptica, hipotálamo y mesencéfalo rostral hacia la vena cerebral magna, o incluso directamente en el seno recto.

Los senos venosos duros son los grandes sistemas colectores que recogen la sangre del encéfalo hacia las venas yugulares internas. El seno sagital superior comienza anteriormente a la crista galli y se extiende sobre el cerebro, entre ambos hemisferios, recibiendo la sangre de las venas cerebrales superiores.



A través de las venas diploicas, este seno se conecta con venas del cuero cabelludo. Termina vaciándose en la confluencia de los senos en la protuberancia occipital interna.

El seno sagital inferior se une a la vena cerebral magna para formar el seno recto. Este seno se dirige posteriormente en medio del tejido formado por la unión de la hoz del cerebro y la tienda del cerebelo, hasta vaciarse en la confluencia de los senos. La sangre abandona la confluencia a través de dos senos transversos.

La sangre del seno sagital superior suele hacerlo por el seno transverso derecho, mientras que el izquierdo drena la sangre del seno recto.

El pequeño seno occipital también drena en la confluencia desde abajo. Cada seno transverso avanza por el margen lateral de la tienda del cerebelo hasta alcanzar la base de la pirámide petrosa, en donde gira inferiormente y pasa a denominarse seno sigmoide, al cual drena la sangre del seno petroso superior que trae la sangre del oído medio y áreas adyacentes. En el agujero yugular el seno sigmoide pasa a denominarse vena yugular interna. En la primera porción de esta vena, denominada bulbo yugular, drena el seno petroso inferior que trae la sangre desde el seno cavernoso, oído interno, puente y estructuras adyacentes.

Las lesiones vasculares del encéfalo son, junto al infarto al miocardio, la principal causa de muerte en nuestro país.

Estudios clínicos y post mortem, han llamado la atención sobre la alta frecuencia de lesiones en las arterias carótidas comunes, carótidas internas y vertebrales en el cuello.

La alteración del flujo sanguíneo cerebral puede ser causada por muchas enfermedades, siendo las más importantes: enfermedad aterotrombótica, embolía cerebral, ruptura de vasos cerebrales (accidente vascular encefálico -AVE- hemorrágico), y lipohialinosis de arterias penetrantes producto de la hipertensión arterial.