

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Introducción

El sistema nervioso tiene tres funciones básicas:

- Sensitiva.
- Integradora.
- Motora.

En primer lugar, siente determinados cambios, estímulos, tanto en el interior del organismo (el medio interno), por ejemplo la distensión gástrica o el aumento de la acidez de la sangre, como fuera de él (el medio externo), por ejemplo una gota de lluvia que cae en la mano o el perfume de una rosa; esta es la **función sensitiva**.

En segundo lugar, la información sensitiva se analiza, se almacenan algunos aspectos de ésta y toma decisiones con respecto a la conducta a seguir; esta es la **función integradora**.

Por último, puede responder a los estímulos iniciando contracciones musculares o secreciones glandulares; esta es la **función motora**.

Divisiones del Sistema Nervioso

Existen tres divisiones del Sistema Nervioso:

1. **Sistema Nervioso Central (SNC).**
 - a. **Encéfalo.**
 - b. **Médula espinal.**
2. **Sistema Nervioso Periférico (SNP).**
 - a. **Nervios craneales.**
 - b. **Nervios raquídeos.**
3. **Sistema Nervioso Autónomo (SNA).**
 - a. **Simpático.**
 - b. **Parasimpático.**

El SNC está formado por el encéfalo y la médula espinal. En él se integra y relaciona la información sensitiva aferente, se generan los pensamientos y emociones y se forma y almacena la memoria. La mayoría de los impulsos nerviosos que estimulan la contracción muscular y las secreciones glandulares se originan en el SNC.

Este sistema está conectado con los receptores sensitivos, los músculos y las glándulas de las zonas periféricas del organismo a través del SNP. Este último está formado por los nervios craneales, que nacen del encéfalo y los nervios raquídeos, que nacen en la médula espinal. Una parte de estos nervios lleva impulsos nerviosos hasta el SNC, mientras que otras partes transportan los impulsos que salen del SNC.

El **componente aferente** del SNP consiste en células nerviosas llamadas neuronas sensitivas o aferentes (*ad* = hacia, *ferre* = llevar). Conducen los impulsos nerviosos desde los receptores sensitivos de varias partes del organismo hasta el SNC y acaban en el interior de éste. El **componente eferente** consiste en células nerviosas llamadas neuronas o eferentes (*ex* = fuera de; *ferre* = llevar). Estas se originan en el interior del SNC y conducen los impulsos nerviosos desde éste a los músculos y las glándulas.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

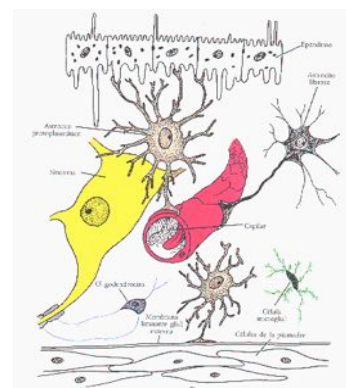
El SNA está formado por neuronas sensitivas que llevan información desde receptores situados fundamentalmente en las vísceras hasta el SNC, y por neuronas motoras que conducen los impulsos hasta el músculo liso, el músculo cardíaco y las glándulas. Como estas respuestas motoras no se encuentran normalmente bajo control consciente, el SNA es involuntario.

La porción motora del SNA tiene dos ramas, la división simpática y la parasimpática. En general, estas dos divisiones tienen acciones opuestas. Los procesos favorecidos por las neuronas simpáticas suelen implicar un gasto de energía, mientras que los estímulos parasimpáticos restablecen y conservan la energía del organismo.

Células del Sistema Nervioso

Distinguimos dos grupos:

1. **Neuronas:** Célula responsable de la transmisión del impulso nervioso.
2. **Neuroglía:** Células de sostén.



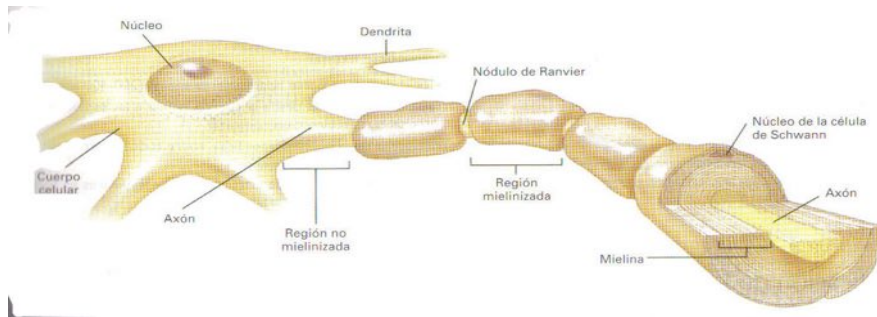
Neurona

Es la **unidad anatómica y funcional básica del sistema nervioso**. Se trata de una célula excitable especializada para la recepción de estímulos y la conducción del impulso nervioso.

Su tamaño y forma varía considerablemente. Cada una posee un cuerpo celular desde cuya superficie se proyectan una o más prolongaciones denominadas **neuritas**:

- ✓ Las neuritas responsables de recibir información y conducirla hacia el cuerpo celular se denominan **dendritas**.
- ✓ La neurita larga y única que conduce impulsos desde el cuerpo celular se denomina **axón**.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO



El cuerpo neuronal también denominado **soma**, consiste esencialmente en una masa de citoplasma en el cual está incluido el núcleo. El **núcleo** se encuentra en el centro del cuerpo celular. Es grande, redondeado y único, relacionado con la síntesis de ácido ribonucleico, necesario para la síntesis final de proteínas.

Las neuronas contienen unos gránulos que se distribuyen por el citoplasma celular, excepto por la región del axón. Estos gránulos constituyen los **cuerpos de Nissl**. Estos cuerpos no son más que el retículo endoplasmático junto a los ribosomas (es decir, el retículo endoplasmático rugoso), y, por tanto, el responsable de la síntesis proteica. Al igual que otro tipo de células, también contienen aparato de Golgi, mitocondrias, lisosomas, microtúbulos, etc.

Clasificación de las neuronas

Existen dos clasificaciones de las neuronas:

1. Clasificación funcional.
 - ✓ Neuronas sensitivas o aferentes.
 - ✓ Neuronas motoras o eferentes.
 - ✓ Neuronas de asociación o interneuronas.

2. Clasificación estructural.
 - ✓ Neuronas unipolares.
 - ✓ Neuronas bipolares.
 - ✓ Neuronas multipolares.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

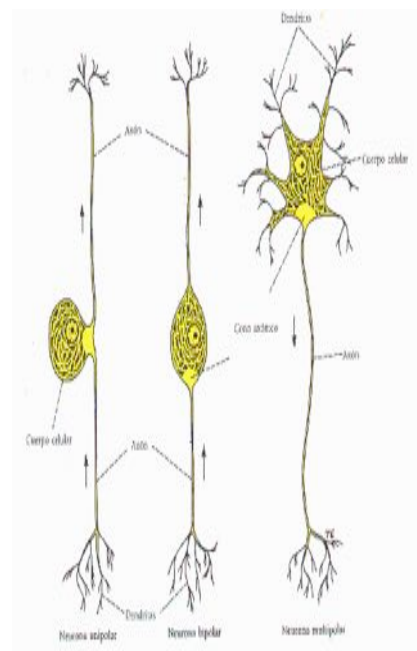
Clasificación funcional

- ✓ Las **neuronas sensitivas o aferentes** conducen impulsos nerviosos desde los receptores sensitivos periféricos hasta el Sistema nervioso central.
- ✓ Las **neuronas motoras o eferentes** conducen impulsos desde el Sistema nervioso central hacia los órganos efectores (músculos y glándulas). Existen dos tipos de neuronas motoras:
 - **Neuronas motoras somáticas:** Responsables tanto del control reflejo como del control voluntario de los músculos esqueléticos.
 - **Neuronas motoras autónomas:** Inervan a los efectores involuntarios, es decir, el músculo liso, el músculo cardíaco y las glándulas.
- ✓ Las **neuronas de asociación o interneuronas**, se encuentran en su totalidad en el interior del SNC, donde ejercen funciones asociativas o de integración.

Clasificación estructural

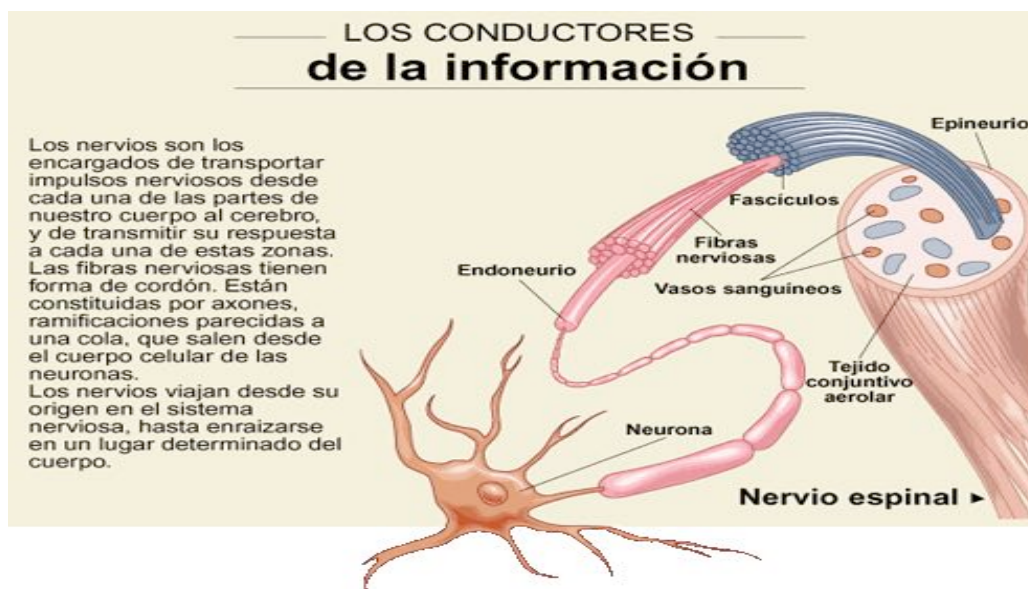
Esta clasificación depende del número de prolongaciones que emite el cuerpo celular.

- ✓ Las **neuronas unipolares** tienen una única prolongación corta que se divide en forma de T para formar un par de prolongaciones más largas. Así son las neuronas sensitivas.
- ✓ Las **neuronas bipolares** tienen dos prolongaciones, una en cada una de sus extremos; es el tipo de neuronas que se encuentra en la retina del ojo.
- ✓ Las **neuronas multipolares**, que son las más frecuentes, tienen varias dendritas y un solo axón que nace del cuerpo celular; así son las neuronas motoras.



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Un nervio es un haz de axones localizado fuera del SNC. Casi todos los nervios están formados por fibras tanto motoras como sensitivas, por lo que se llaman nervios mixtos. Sin embargo, algunos de los pares craneales sólo contienen fibras sensitivas; son los nervios de los sentidos especiales: la vista, el oído, el gusto y el olfato.



El axón conduce impulsos nerviosos procedentes del cuerpo celular. Se origina en el cuerpo celular en una zona ampliada llamada montículo axonal, que es el lugar donde se crean los impulsos nerviosos. A partir del axón central pueden extenderse ramas laterales llamadas colaterales axonales. La longitud de los axones varía desde sólo algunos milímetros hasta más de un metro (los que se extienden del SNC hasta el pie).

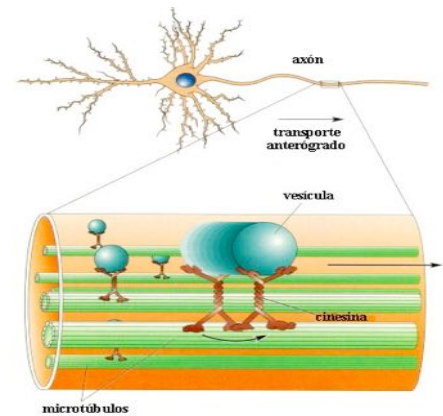
Además de los impulsos nerviosos, el axón transporta proteínas y otras moléculas a una velocidad superior a la que explicaría la simple difusión. Este movimiento rápido se debe a dos mecanismos distintos:

- ✓ Flujo axoplásmico.
- ✓ Transporte axonal.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

El flujo axoplásmico, más lento (1 a 5 mm/día), es el resultado de ondas rítmicas de contracción que empujan el citoplasma a partir del montículo axonal hacia las terminaciones nerviosas, es decir, es unidireccional. Interviene en la regeneración neuronal.

El transporte axonal, para el que se utilizan microtúbulos, es más rápido (200 a 400 mm/día) y selectivo y puede dirigirse tanto hacia atrás (dirección retrógrada) como hacia delante (dirección ortógrada). De hecho, el transporte retrógrado puede ser el responsable del movimiento de los virus como el herpes y el de la rabia o de la toxina del tétanos desde las terminaciones nerviosas hasta los cuerpos celulares.



Neuroglia

Las neuronas del sistema nervioso central están sostenidas por algunas variedades de células no excitables que en conjunto se denominan neuroglia (*neuro = nervio, glia = pegamento*). Estas células son más pequeñas que las neuronas y las superan en número (5-10 células de la neuroglia por cada neurona).

Hay cinco tipos principales de células de la neuroglia:

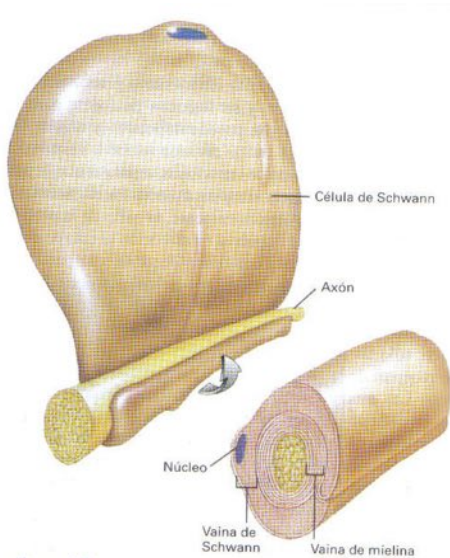
1. Células de Schwann.
2. Oligodendrocitos.
3. Astrocitos.
4. Microglia.
5. Células ependimarias.

Nos vamos a centrar en el estudio de las tres primeras; la microglia constituye la célula defensiva del SNC, se trata de un macrófago. Y por su parte las células ependimarias revisten las cavidades del encéfalo y del conducto central de la médula espinal, contribuyendo al drenaje del líquido cefalorraquídeo.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Células de Schwann

Son las células que constituyen una vaina de recubrimiento del axón a nivel del sistema nervioso periférico. Ésta es la vaina de mielina, sustancia semilíquida, compuesta mayoritariamente por colesterol y fosfolípidos, de gran importancia para el **aislamiento del axón**, la **conducción del impulso nervioso** y también para el proceso de **regeneración de los axones**.



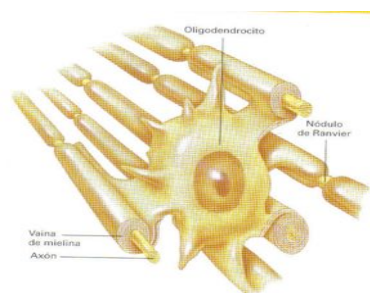
En el proceso de formación de la mielina en el sistema nervioso periférico, las células de Schwann se enrollan alrededor del axón, como se enrolla un trozo de cinta aislante alrededor de un cable eléctrico, pero dando varias vueltas, de forma que cada vuelta recubre a la capa anterior.

En este proceso, el citoplasma queda desplazado hacia la región más externa de la célula de Schwann, de forma muy similar a la forma en que se empuja a la pasta dentífrica hacia la boca del tubo a medida que se va enrollando hacia arriba el extremo ya vacío.

Cada célula de Schwann cubre sólo alrededor de un milímetro de axón y entre cada dos células contiguas existe un segmento de axón expuesto, se trata de unas hendiduras denominadas **nódulos de Ranvier**, de gran importancia para la conducción de los impulsos nerviosos.

Oligodendrocitos

Son las células responsables de formar la vaina de mielina en el sistema nervioso central. La membrana plasmática del oligodendrocito se envuelve alrededor del axón y el número de capas determina el espesor de la vaina de mielina.

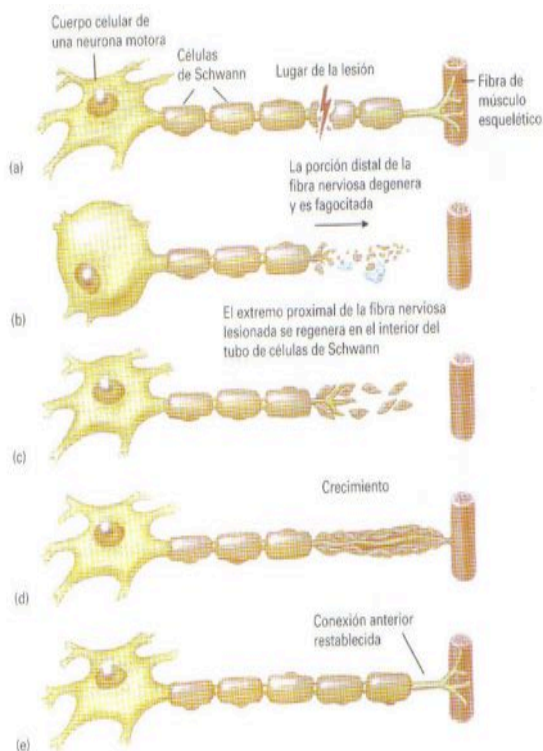


Un sólo oligodendrocito puede estar conectado con la vaina de mielina de hasta 60 fibras nerviosas, lo que implica que el oligodendrocito no rota como la célula de Schwann. Posiblemente la mielinización en el SNC se produzca por crecimiento en longitud de las prolongaciones del oligodendrocito.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Las vainas de mielina que rodean a los axones del SNC dan al tejido un color blanco; las áreas del SNC que contienen una concentración elevada de axones constituyen la **sustancia blanca**. Por su parte, la **sustancia gris** del SNC está formada por concentraciones elevadas de cuerpos celulares y de dendritas sin vaina de mielina.

Cuando se corta un axón de un nervio periférico, la porción distal que quedó separada del cuerpo celular degenera y es fagocitada por la microglia. Entonces las células de Schwann forman un tubo de regeneración por el que parte del axón que todavía está conectado al cuerpo celular comienza a crecer y a presentar un movimiento ameboso.

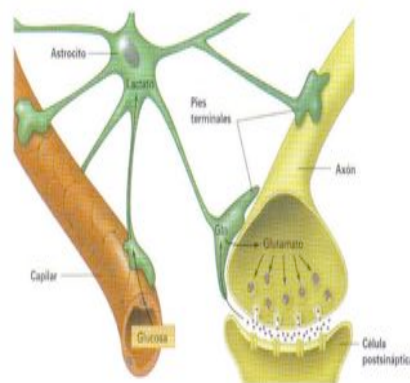


Parece que las células de Schwann del tubo de regeneración secretan sustancias químicas que atraen al extremo del axón en crecimiento y que el tubo de regeneración ayuda a guiar al axón hacia su destino correcto.

La lesión del SNC estimula el crecimiento de colaterales axonales, pero la capacidad de regeneración de los axones centrales es mucho menor que la de los periféricos. Además de esta limitada capacidad de regeneración de las neuronas del SNC, se ha constatado hace poco tiempo que las lesiones de la médula espinal estimulan realmente la apoptosis (suicidio celular) en las neuronas que no resultaron dañadas directamente por la lesión.

Astrocitos

Son grandes células estrelladas con numerosas prolongaciones citoplasmáticas que irradian hacia el exterior de la célula. Son las células gliales más abundantes del SNC y constituyen casi el 90% del tejido nervioso en algunas áreas del cerebro.



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Presentan terminaciones denominadas pies terminales que rodean a los capilares del SNC y a los axones y terminaciones axonales.

Sus funciones son:

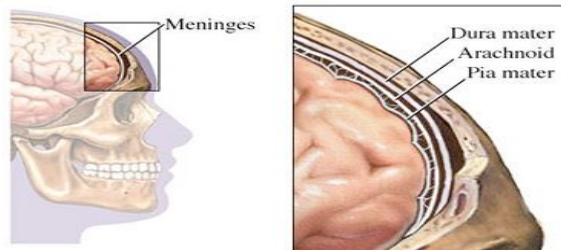
- ✓ Mantenimiento de un ambiente iónico óptimo, mediante la captación de K^+ del líquido extracelular; es decir recuperan el potasio liberado por la neurona durante la transmisión del impulso nervioso.
- ✓ Captación de neurotransmisores químicos liberados por los axones terminales de las neuronas. Por ejemplo, captan el neurotransmisor glutamato y lo convierten en glutamina. A continuación liberan glutamina para ponerla a disposición de las neuronas, que la utilizan para volver a sintetizar el neurotransmisor.
- ✓ Captan glucosa de la sangre y la transforman en ácido láctico, el cual es captado por las neuronas, donde se metaboliza por vía aerobia a CO_2 y H_2O para la producción de energía en forma de ATP.
- ✓ Favorecen el establecimiento de la barrera hematoencefálica muy selectiva. A diferencia de lo que sucede en la mayoría de los órganos, las células endoteliales de los capilares del encéfalo no están separadas por poros, sino que se mantienen unidas por uniones herméticas favorecidas por el efecto de los astrocitos. Por tanto, las moléculas del plasma han de pasar al encéfalo a través de las células endoteliales mediante procesos de difusión y transporte activo, así como por endocitosis y exocitosis.

Meninges

Se trata de un tejido conjuntivo que rodea la médula espinal y el encéfalo y que confiere protección al sistema nervioso central.

Distinguimos tres membranas que son de afuera a adentro:

- ✓ Duramadre.
- ✓ Aracnoides.
- ✓ Piamadre.



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Duramadre

Es la más externa. Se trata de un tejido conjuntivo denso e irregular. Entre duramadre y canal raquídeo hay un espacio denominado **espacio epidural**.

Aracnoides

Es la meninge media, avascular y constituida por fibras de colágeno y elásticas. Entre aracnoides y duramadre se encuentra el **espacio subdural**.

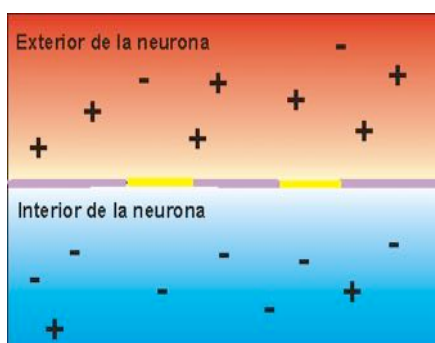
Piamadre

Es la más interna. Constituida por tejido conjuntivo fino, compuesto de colágeno y fibras elásticas. Muy vascularizada, lo cual le permite aportar oxígeno y nutrientes. Entre piamadre y aracnoides se encuentra el **espacio subaracnoideo**.

El SNC se encuentra bañado en un líquido, denominado **líquido cefalorraquídeo**, cuya misión es la de drenaje de sustancias de deshecho, el equivalente a lo que sería el drenaje linfático de la circulación sistémica. Este LCR se forma en los llamados **plexos coroideos**.

Potencial de membrana y potencial de acción

Todas las células del cuerpo mantienen una diferencia de potencial (voltaje) a través de la membrana que es el denominado **potencial de membrana en reposo**, el cual es producido porque la carga en el interior de la célula es negativa en relación con la carga del exterior.



La membrana celular presenta la propiedad de permeabilidad selectiva, dejando difundir iones inorgánicos de carga positiva y dejando atrapadas en el interior celular, grandes moléculas con carga negativa. Esto genera una distribución desigual de cargas a un lado y otro de la membrana celular, siendo la carga negativa mayor en el interior que en el exterior celular.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

La acción de las bombas de transporte activo Na^+/K^+ también ayudan a mantener esta diferencia de potencial, pues expulsan hacia el exterior tres iones sodio por cada dos de potasio que entran al interior celular. En consecuencia el **catión extracelular más abundante será el sodio**, mientras que el **catión intracelular más abundante será el potasio**.

Aunque todas las células tienen potencial de membrana, sólo algunos tipos pueden modificarlo en respuesta a un estímulo. Estas alteraciones del potencial de membrana ocurren porque la permeabilidad de la membrana para determinados iones varía en respuesta a la estimulación.

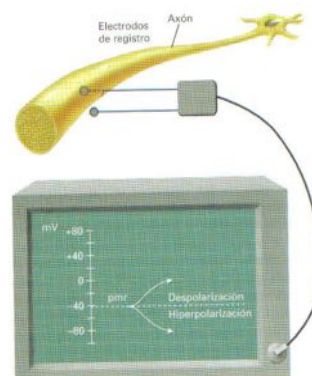
Un aspecto básico de la fisiología de las neuronas y de las células musculares es su capacidad para producir y conducir estos cambios del potencial de membrana. Esta capacidad recibe el nombre de **excitabilidad o irritabilidad**.

Un aumento de la permeabilidad de la membrana para un ión determinado sólo se produce en zonas limitadas de la membrana en las que se encuentran los canales iónicos específicos.

La membrana que presenta un potencial de membrana se dice que está **polarizada**, es decir, tiene un polo negativo o lado en el que hay un exceso de iones negativos o defecto de positivos (interior celular), y otro positivo o lado en el que hay un exceso de iones positivos o defecto de negativos (exterior celular). El signo del voltaje de una membrana indica la carga de la superficie interior de una membrana polarizada.

La diferencia de potencial de membrana se mide con un aparato denominado **osciloscopio**. Ya hemos dicho que todas las células del organismo presentan un potencial de membrana en reposo, que es debido a la diferencia de carga entre el exterior y el interior celular. **Esta diferencia siempre es negativa**; pues en reposo se mantiene un mayor número de cargas negativas en el interior celular. La magnitud de este potencial de membrana en reposo puede ser distinta según los diferentes tipos celulares.

En las neuronas, esta diferencia de potencial de membrana en reposo es de aproximadamente -70 mV .



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

El osciloscopio puede calibrarse de forma que el registro del potencial de acción muestre una deflexión hacia arriba cuando la parte interna de la membrana celular se haga menos negativo en comparación con el exterior. Y al contrario, una deflexión hacia abajo indicaría que el interior de la célula se ha hecho más negativo.

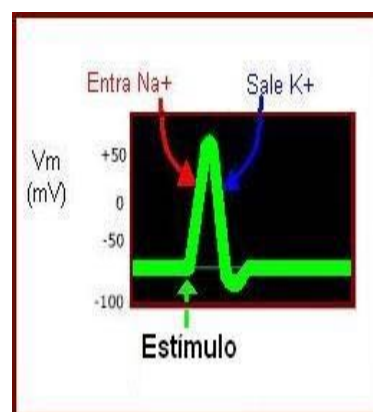
Así, si un estímulo adecuado hace que penetren cargas positivas en la célula, la línea de registro del osciloscopio sufrirá una deflexión hacia arriba. Este cambio se llama **despolarización**, pues se debe a la disminución de la diferencia de potencial entre los dos electrodos del osciloscopio.

La recuperación del potencial de membrana, es decir el restablecimiento del diferencial negativo inicial se denomina **repolarización**.

Si el estímulo hace que el interior de la célula se haga más negativo que el potencial de membrana de reposo, la línea del osciloscopio mostrará una deflexión hacia abajo. Esto se llama **hiperpolarización**, que puede deberse o bien a la salida de cargas positivas de la célula, o bien a la entrada de cargas negativas en ella.

Los cambios del potencial de membrana se deben a modificaciones del paso neto de iones a través de los canales iónicos de la membrana. Los iones de Na^+ y K^+ pasan a través de canales iónicos de la membrana plasmática a los que se llama “canales con puerta”, ya que determinadas partes de las proteínas que forman los canales pueden abrir o cerrarlos en respuesta a determinados cambios.

La entrada de Na^+ al interior celular determina un aumento de la carga positiva en el interior, con lo que éste se hace menos negativo respecto al exterior. En un principio la disminución de la diferencia de potencial es lenta, hasta que se alcanza un valor determinado de potencial, a partir del cual se produce una brusca despolarización. Este punto en que se observa un cambio brusco en la diferencia de potencial, se denomina **umbral de despolarización**. En ese momento, las propiedades de permeabilidad de la membrana cambian y el Na^+ difunde según su gradiente de concentración, con lo cual penetra en la célula.



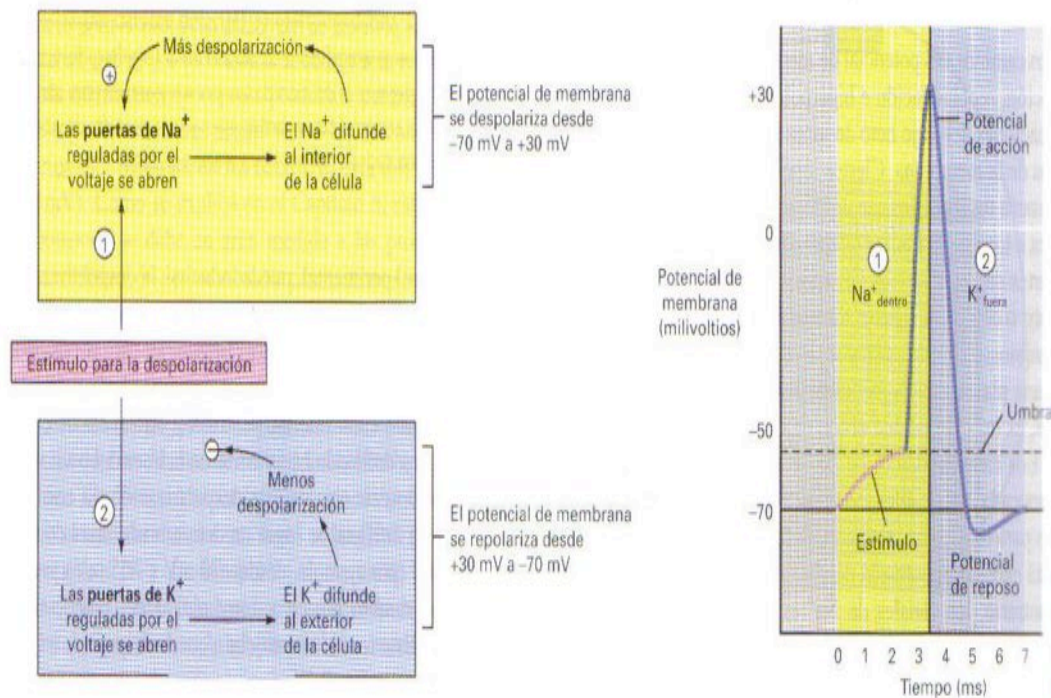
FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Una fracción de segundo después de su apertura, los canales del Na^+ vuelven a cerrarse. Inmediatamente antes de hacerlo, el estímulo de despolarización hace que se abran las puertas del K^+ , con el consiguiente aumento de permeabilidad al K^+ , el cual difundirá según su gradiente de concentración, hacia el exterior celular. Las puertas de K^+ se cierran de nuevo y las propiedades de permeabilidad de la membrana vuelven al estado en que se encontraban en reposo. Se ha producido la repolarización.

En conjunto, en una neurona típica, la fase de despolarización y la de repolarización forman un potencial de acción que dura alrededor de 1 mseg.

Estos cambios de la difusión iónica transmembranal de Na^+ y K^+ , y las consiguientes modificaciones del potencial de membrana constituyen una sucesión de acontecimientos denominada **potencial de acción o impulso nervioso**.

En la producción de un potencial de acción no intervienen directamente los procesos de transporte activo; tanto la despolarización como la repolarización se efectúan por difusión de los iones según sus gradientes de concentración.



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Eso sí, una vez completado el potencial de acción, las bombas Na^+/K^+ extraen el Na^+ sobrante que penetró en el axón y recuperan el K^+ que difundió hacia el exterior. Por tanto, estas bombas de transporte activo son más bien necesarias para mantener los gradientes de concentración imprescindibles para la difusión de Na^+ y K^+ durante los potenciales de acción.

La amplitud de los potenciales de acción es **todo o nada**, esto quiere decir que un estímulo sobre un axón, en el momento en que el potencial de membrana llega al umbral de despolarización, produce una apertura de canales del Na^+ hasta la despolarización máxima, momento en que se cierran los canales y se abren los del K^+ , para producirse la repolarización. Por tanto, cualquier estímulo, independientemente de su intensidad, que llegue a este umbral de despolarización, va a producir un potencial de acción que siempre será igual, de la misma amplitud.

“O se produce el potencial de acción o no se produce”.

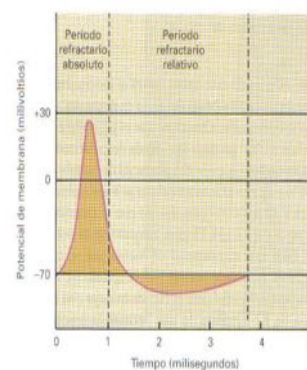
Si un estímulo de despolarización es mayor que otro, la mayor fuerza del estímulo produce potenciales de acción con mayor frecuencia, es decir mayor número por segundo.

Por tanto:

Nunca un estímulo mayor producirá un potencial de acción de mayor amplitud, sino que producirá un aumento de la frecuencia de los potenciales de acción.!!!!

Además, cuando se estimula un conjunto completo de axones (en un nervio), los distintos axones reciben el estímulo con diferentes intensidades. Un estímulo débil sólo activará a los pocos axones que tengan un umbral bajo, mientras que un estímulo más fuerte puede activar axones con umbrales más altos. A medida que crece la intensidad del estímulo, crece también el número de axones activados. Este proceso se denomina **reclutamiento**.

Como los potenciales de acción se producen con una frecuencia creciente, el intervalo entre potenciales de acción sucesivos disminuirá, pero sólo hasta un intervalo mínimo. El intervalo entre los potenciales de acción sucesivos nunca podrá ser tan corto como para que aparezca un nuevo potencial de acción antes de que el anterior haya acabado.



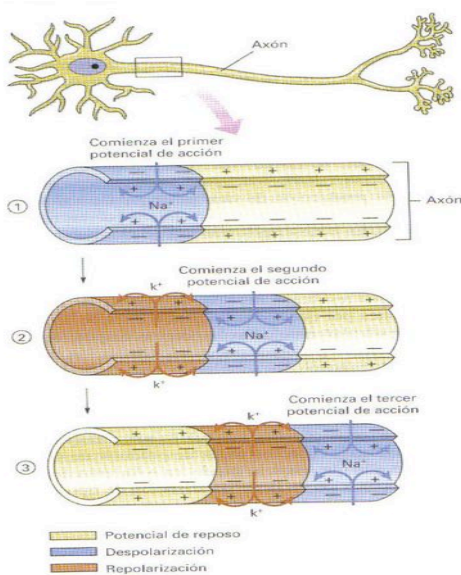
FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Durante el tiempo en el que una región de la membrana de un axón está produciendo un potencial de acción, esta región no puede responder a otro estímulo. Se dice que está en **período refractario absoluto**. Este período comprende la fase de despolarización.

Durante la fase de repolarización, es decir cuando los canales del K^+ están abiertos y se produce la difusión de éste hacia el exterior celular, sólo los estímulos muy potentes podrán superar los efectos repolarizantes de los canales del K^+ abiertos y producir un segundo potencial de acción. Se dice que esta fase está en **período refractario relativo**.

Conducción de impulsos nerviosos

Los impulsos nerviosos o potenciales de acción son conducidos a lo largo del axón desde el montículo axonal, hasta las terminaciones sinápticas.



Existen unas diferencias significativas entre la conducción de impulsos nerviosos en un axón amielínico respecto a uno mielinizado.

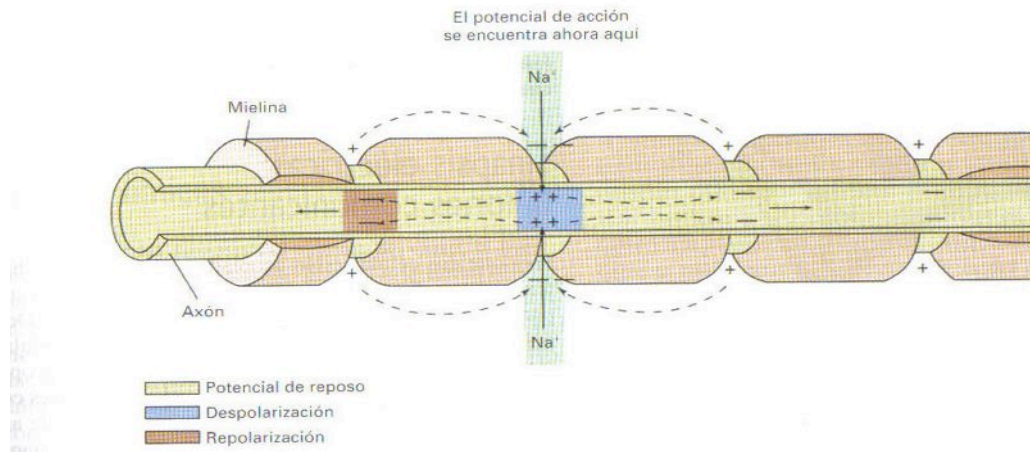
En un **axón amielínico**, cada potencial de acción inyecta cargas positivas que se propagan a las regiones adyacentes.

La región donde se acaba de producir un potencial de acción es refractaria. La región siguiente, que no ha sido estimulada antes, está parcialmente despolarizada, por lo que se produce la apertura de las puertas de Na^+ reguladas por el voltaje y el proceso se repite. Los segmentos sucesivos del axón de esta forma regeneran o conducen el potencial de acción.

En un **axón mielinizado**, la vaina de mielina proporciona al axón un aislamiento que evita los movimientos de Na^+ y K^+ a través de la membrana. Por lo tanto, si la vaina de mielina fuera continua, no podrían producirse potenciales de acción; pero **gracias a las hendiduras de la mielina, denominados nódulos de Ranvier, se puede producir una conducción saltatoria**. El potencial de acción de un nódulo despolariza hasta el umbral a la membrana del nódulo

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

siguiente, lo que se traduce en la producción de un nuevo potencial de acción en el nódulo de Ranvier vecino.



La conducción del potencial de acción o impulso nervioso es, pues, más rápida en un axón mielinizado que en un axón amielínico. Las velocidades de conducción en el sistema nervioso humano oscilan entre 1 m/s en las fibras amielínicas finas que participan en las respuestas viscerales lentas y 100 m/s (360 Km/h) en las fibras mielínicas gruesas que intervienen en los reflejos rápidos de estiramiento de los músculos esqueléticos.

Sinapsis

Una sinapsis es la conexión funcional entre una neurona y una segunda célula.

- En el Sistema Nervioso Central esta otra célula es también una neurona.
- En el Sistema Nervioso Periférico, la otra célula puede ser una neurona o una célula efectora de un músculo o una glándula.

La sinapsis entre neurona y neurona suelen consistir en una conexión entre el axón de una de ellas y las dendritas, el cuerpo celular o el axón de la segunda.

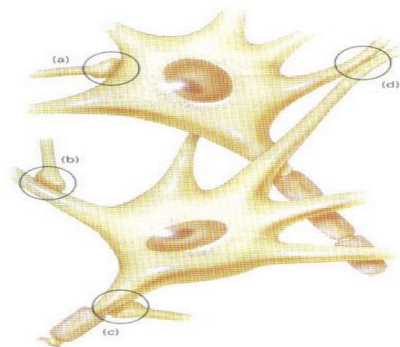


Figura 7.18. Distintos tipos de sinapsis. Se muestran aquí sinapsis (a) axosomática, (b) axodendrítica, (c) axoaxonal y (d) dendrodendrítica.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Así pues las sinapsis pueden ser axodendríticas, axosomáticas y axoaxonales. En algún caso la conexión puede ser entre dendritas (sinapsis dendrodendrítica).

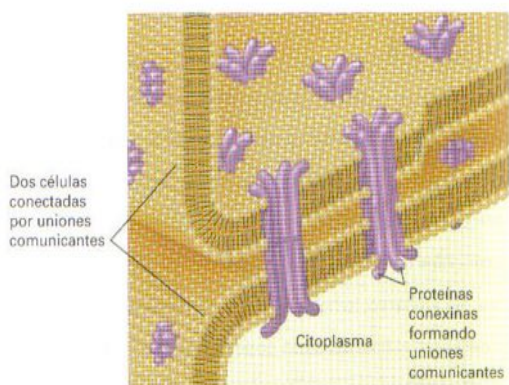
En casi todas las sinapsis, la transmisión sólo se produce en una dirección, desde el axón de la primera neurona (o presináptica) a la segunda neurona (o postsináptica). **Lo más frecuente es que las sinapsis se establezcan entre el axón de la neurona presináptica y las dendritas o el cuerpo celular de la neurona postsináptica.**

Según el modo de transmisión sináptica podemos considerar dos tipos de sinapsis:

1. **Sinapsis eléctricas.**
2. **Sinapsis químicas.**

Sinapsis eléctricas

Para que dos células estén acopladas eléctricamente, han de tener un tamaño aproximadamente igual y deben estar unidas por áreas de contacto de baja resistencia eléctrica.



Las células acopladas eléctricamente se mantienen unidas mediante **uniones comunicantes**. En este tipo de uniones las membranas de ambas células están separadas por sólo dos nanómetros, y estas uniones están formadas por proteínas denominadas **conexinas**.

En el músculo cardíaco y en algunos músculos lisos existen uniones comunicantes que permiten la excitación y la contracción rítmica de grandes masas de células musculares. También se han encontrado estas uniones en varias regiones del cerebro, donde se desconoce su significado funcional, aunque se ha propuesto que podrían permitir la transmisión de los impulsos en dos direcciones., al contrario de lo que sucede en las sinapsis químicas que sólo permiten la transmisión en una sólo sentido.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Sinapsis químicas

Es la sinapsis típica del sistema nervioso. Las terminaciones presinápticas, llamadas **botones terminales** debido a su aspecto hinchado, están separadas de la célula postsináptica por la **hendidura sináptica** (de aproximadamente 10 nanómetros).

En las terminaciones de la neurona presináptica, las moléculas neurotransmisoras se encuentran en el interior de muchas pequeñas vesículas sinápticas rodeadas de membrana.

Para que el neurotransmisor contenido en estas vesículas se libere hacia la hendidura sináptica, la membrana de la vesícula debe fusionarse con la membrana del axón mediante un proceso de exocitosis.

La liberación de neurotransmisor es directamente proporcional a la cantidad de impulsos nerviosos que recibe la terminación presináptica y, en consecuencia, depende de la intensidad del estímulo que desencadena los potenciales de acción.

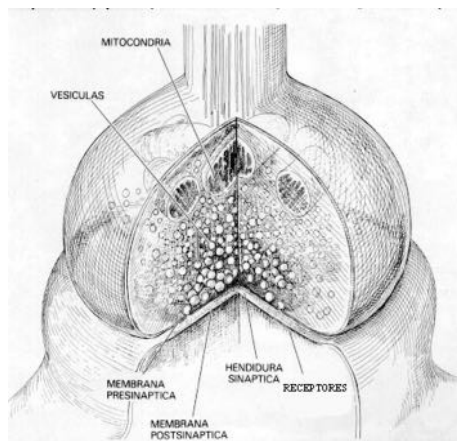
Estos potenciales que llegan al extremo del axón desencadenan una liberación muy rápida del neurotransmisor. Esta rapidez se debe a que muchas vesículas se encuentran ya “atrachadas”

en las áreas adecuadas de la membrana presináptica antes de que lleguen los potenciales de acción.

En estos lugares de atraque, las vesículas permanecen fijadas por proteínas, formando un *complejo de fusión* asociado a la membrana presináptica.

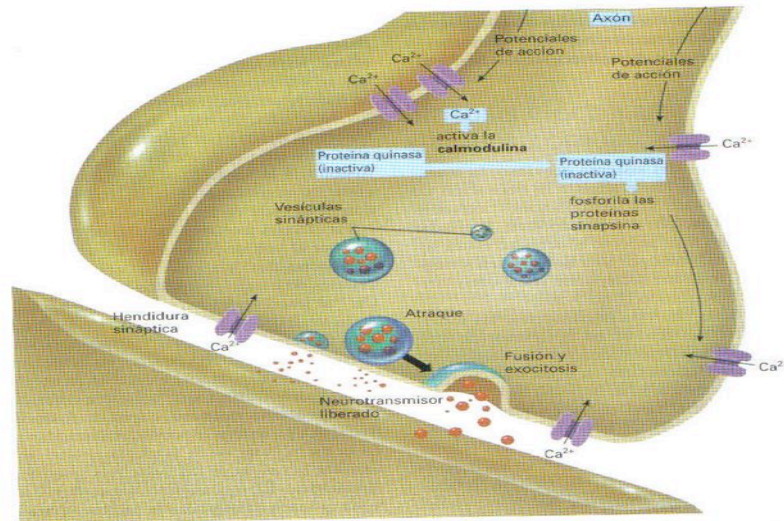
En el axón terminal, existen canales de calcio (Ca^{2+}) regulados por el voltaje junto a los lugares de atraque. La llegada de los potenciales de acción a la zona terminal del axón abre estos canales de calcio, y es la difusión de Ca^{2+} al interior del axón la que desencadena la rápida fusión de la vesícula sináptica con la membrana axonal y la liberación del neurotransmisor mediante exocitosis.

Además, la entrada de Ca^{2+} en la terminal del axón activa a una proteína reguladora existente en el citoplasma y conocida como calmodulina, que a su vez estimula una enzima llamada proteína quinasa, capaz de fosforilar, es decir añadir un grupo fosfato, a proteínas específicas



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

llamadas sinapsinas presentes en la membrana de la vesícula sináptica. Esta acción podría facilitar la fusión de las vesículas sinápticas con la membrana plasmática.



Una vez liberadas, las moléculas del neurotransmisor en las terminales axonales presinápticas difunden con rapidez a través de la hendidura sináptica y alcanzan la membrana de la célula postsináptica. A continuación, los neurotransmisores se unen a proteínas receptoras específicas que forman parte de la membrana postsináptica. Estas proteínas receptoras son muy específicas para su neurotransmisor, al que se llama **ligando** de la proteína receptora.

La unión del ligando neurotransmisor con su proteína receptora hace que se abran los canales iónicos de la membrana postsináptica, es decir son unos canales regulados químicamente.

Según los canales que se abran el potencial de acción se continuará transmitiendo o no, es decir, será perpetuado o inhibido.

- ✚ **Se abren los canales de sodio y potasio.** En este caso el sodio entra más deprisa de lo que sale el potasio, haciendo que el interior de la membrana postsináptica sea más positivo. Esto implica una despolarización denominada **potencial excitador postsináptico (PEPS)**.

- ✚ **Se abren los canales de potasio y/o cloro.** La salida de potasio y la entrada de cloro hacia la membrana postsináptica sea menos positiva, es decir más negativa. Esto implica una hiperpolarización denominada **potencial inhibidor postsináptico (PIPS)**. En este caso la membrana postsináptica es menos propicia para llegar al potencial umbral, con lo cual se inhibe la iniciación de un potencial de acción.

FISIOLOGÍA SENSORIAL

Generalidades

La **sensación** es la percepción consciente o inconsciente de un estímulo externo o interno. Si no tuviéramos sensaciones sería imposible responder de manera adecuada a los cambios en el ambiente interno y externo. El mantenimiento de la homeostasis requiere un continuo flujo de impulsos sensitivos aferentes hacia el SNC.

Continuamente estamos recibiendo estímulos que a nivel medular o encefálico se transforman en sensaciones. Pero no apreciamos todos los impulsos sensitivos porque muchos nunca llegan a alcanzar el tálamo o la corteza cerebral. Incluso los impulsos que son transmitidos hacia el tálamo y la corteza cerebral sólo se hacen conscientes algunas veces, pues si la mente consciente tuviera que afrontar toda la información que recibe al mismo tiempo sufriríamos una sobrecarga sensorial.

- ✚ Las fibras sensitivas que terminan en la médula espinal pueden generar reflejos medulares sin una acción inmediata del encéfalo.
- ✚ Las fibras sensitivas que terminan en la parte inferior del tronco encefálico producen reacciones motoras mucho más complejas: reacciones motoras subconscientes como cambios en la frecuencia cardíaca o respiratoria.
- ✚ Los impulsos sensitivos que llegan al tálamo permiten una identificación grosera del tipo de sensación.
- ✚ Y cuando el impulso llega a la corteza cerebral son posibles una identificación y localización más precisas.

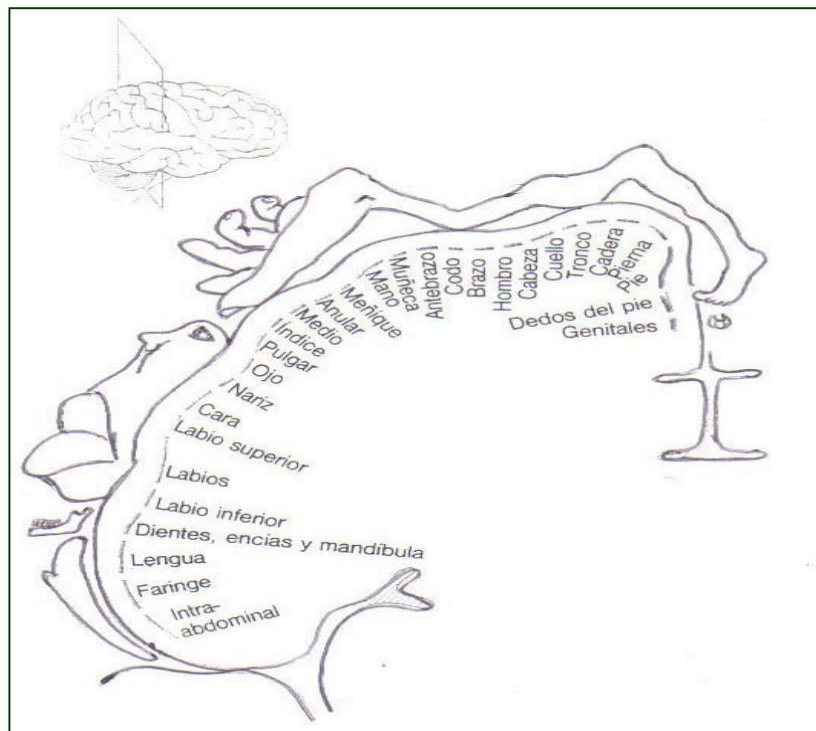
FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

La **percepción** es el reconocimiento consciente y la interpretación de las sensaciones.

Componentes de la sensación

Para que se produzca una sensación han de ocurrir cuatro hechos:

1. **Estimulación** de un receptor sensitivo.
2. **Transducción**. El estímulo se convierte en potencial generador, que al alcanzar el umbral, despierta uno o más impulsos nerviosos.
3. **Conducción**. Estos impulsos nerviosos son conducidos hasta el SNC.
4. **Traducción**. Una región del SNC traduce estos impulsos en sensación. La mayoría de sensaciones o percepciones conscientes tienen su asiento en la corteza cerebral. Es decir, *se ve, se oye o se siente en el cerebro*.



Corteza somatosensorial en el hemisferio cerebral derecho.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Receptores sensitivos

El proceso de la sensación se inicia cuando un estímulo activa un receptor sensitivo.

Los receptores sensitivos presentan dos características destacables:

1. **Selectividad:** Esta característica es la que hace que los receptores sensitivos respondan enérgicamente a unos estímulos y no a otros. Ejemplo, *los receptores auditivos de los oídos responden a ondas sonoras y no lo hacen a la luz*. No obstante, un estímulo muy intenso puede activar receptores que en condiciones normales no responderían a esa forma de energía. Por ejemplo, *si uno se frota los ojos en una habitación oscura pueden verse pequeños fogonazos de luz porque la presión mecánica activa algunos fotorreceptores*.
2. **Adaptación.** Es un cambio de sensibilidad, generalmente una disminución, ante un estímulo de larga duración. La percepción de una sensación puede incluso desaparecer aunque siga aplicándose el estímulo. Por ejemplo, *al entrar en una habitación con un perfume determinado se produce desaparición de la sensación olorosa al cabo de pocos minutos a pesar de que permanezca el estímulo en el ambiente*.

La capacidad de adaptación de los receptores es variable:

- ✚ Los **receptores de adaptación rápida (fásicos)**, como la presión, el tacto y el olfato, se adaptan muy rápidamente.
- ✚ Los **receptores de adaptación lenta (tónicos)**, como los del dolor, la posición del cuerpo o las sustancias químicas de la sangre, se adaptan lentamente y son importantes para recoger la información referente a estados de equilibrio del cuerpo.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Clasificación de los receptores sensitivos

1. Según complejidad:
 - a. **Receptores simples.** Se asocian a sentidos generales, como el tacto, presión, vibración, temperatura, dolor y propiocepción (posición y movimientos del cuerpo).
 - b. **Receptores complejos.** Se asocian a sentidos especiales, como olfato, gusto, vista, equilibrio y oído.

2. Según localización:
 - a. **Exteroceptores.** Sobre o cerca de la superficie del cuerpo. Proporcionan información del ambiente externo.
 - b. **Interoceptores.** Situados en vasos sanguíneos y en vísceras y proporcionan información sobre el ambiente interno.
 - c. **Propioceptores.** En músculos, tendones, articulaciones y oído interno. Proporcionan información sobre la posición y movimientos del cuerpo.

3. Según tipo de estímulo:
 - a. **Mecanorreceptores.** Detectan presión mecánica o distensión.
 - b. **Termorreceptores.** Detectan cambios de temperatura.
 - c. **Nociceptores.** Detectan el dolor, generalmente secundario a lesiones físicas o químicas de los tejidos.
 - d. **Fotorreceptores.** Detectan la luz que llega a la retina del ojo.
 - e. **Quimiorreceptores.** Detectan las sustancias químicas en la boca (gusto), nariz (olfato) y líquidos orgánicos.

Sentidos

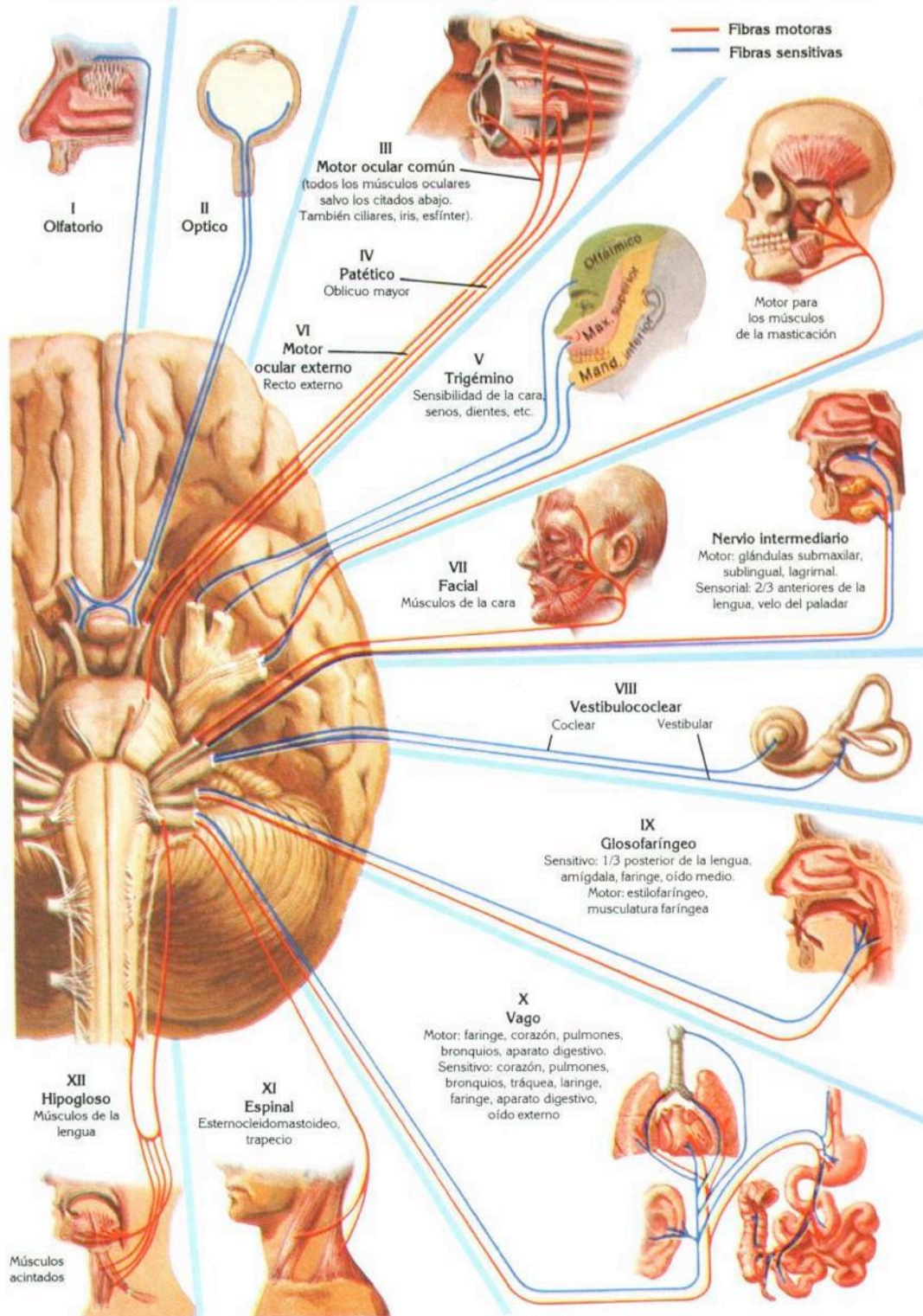
Clasificación de los sentidos

1. Sentidos generales o somáticos.
 - a. Sensaciones cutáneas.
 - i. Sensaciones táctiles.
 - Tacto.
 - Presión.
 - Vibración
 - Prurito y cosquillas.
 - ii. Sensaciones térmicas.
 - iii. Sensaciones dolorosas.
 - b. Sensaciones propioceptivas.
2. Sentidos especiales.
 - a. Olfato.
 - b. Gusto
 - c. Vista.
 - d. Audición.
 - e. Equilibrio.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

5

NERVIOS CRANEALES: DISTRIBUCIÓN DE LAS FIBRAS MOTORAS Y SENSITIVAS

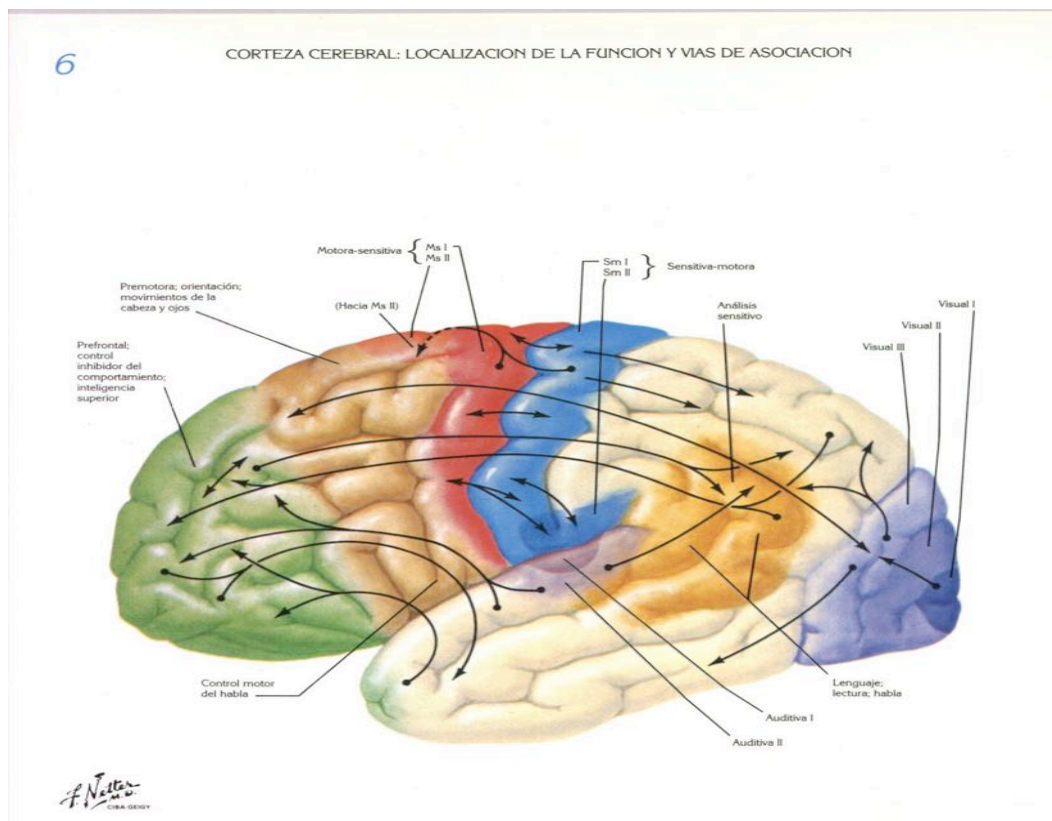


F. Netter M.D.
CIBA-GEIGY

FISIOLOGÍA DE LAS VÍAS MOTORAS

La vía motora más directa se extiende desde la corteza cerebral a los músculos esqueléticos. Otras vías son menos directas y en ellas se establecen sinapsis en los ganglios de la base, el tálamo y el cerebelo.

La corteza motora contiene el **área motora primaria o circunvolución precentral**. Es la principal región de control para el inicio de los movimientos voluntarios.



De la misma forma que existe una representación sensitiva somática en la corteza somatosensitiva, los distintos músculos no tienen una representación igual en la corteza motora. El grado de representación es proporcional al número de unidades motoras de cada músculo del cuerpo. Por ejemplo, los músculos del pulgar, de los dedos, de los labios, de la

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

lengua y de las cuerdas vocales tienen una gran representación, mientras que la de los músculos del tronco es mucho menor.

Las vías motoras se pueden clasificar en:

1. Directas o piramidales.
2. Indirectas o extrapiramidales.

Vías motoras directas o piramidales

Las vías directas llevan impulsos nerviosos desde la corteza que se traducen en movimientos voluntarios precisos. La más sencilla de estas vías está formada por dos neuronas motoras superior e inferior.

En la corteza existen alrededor de un millón de cuerpos celulares de neuronas motoras superiores de la vía directa. Sus axones descienden por la cápsula interna del cerebro. En el bulbo, los haces de axones forman los abultamientos anteriores conocidos como pirámides, de donde procede el nombre de vía piramidal. La mayoría de esos axones cruza al lado opuesto en el bulbo y acaban en los núcleos de los nervios craneales o en las astas grises anteriores de la médula espinal.

Las neuronas motoras inferiores se extienden desde los núcleos motores de los pares craneales o desde las astas anteriores de la médula espinal hasta las fibras de los músculos esqueléticos.

Cerca de su terminación, la mayoría de las neuronas motoras superiores establecen sinapsis con una neurona de asociación que, a su vez, conecta con una neurona motora inferior. Algunas neuronas motoras superiores establecen sinapsis directas con las neuronas motoras inferiores.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Las vías directas canalizan los impulsos nerviosos en tres fascículos:

1. **Fascículos corticoespinales laterales.**
2. **Fascículos corticoespinales anteriores.**
3. **Fascículos corticobulbares.**

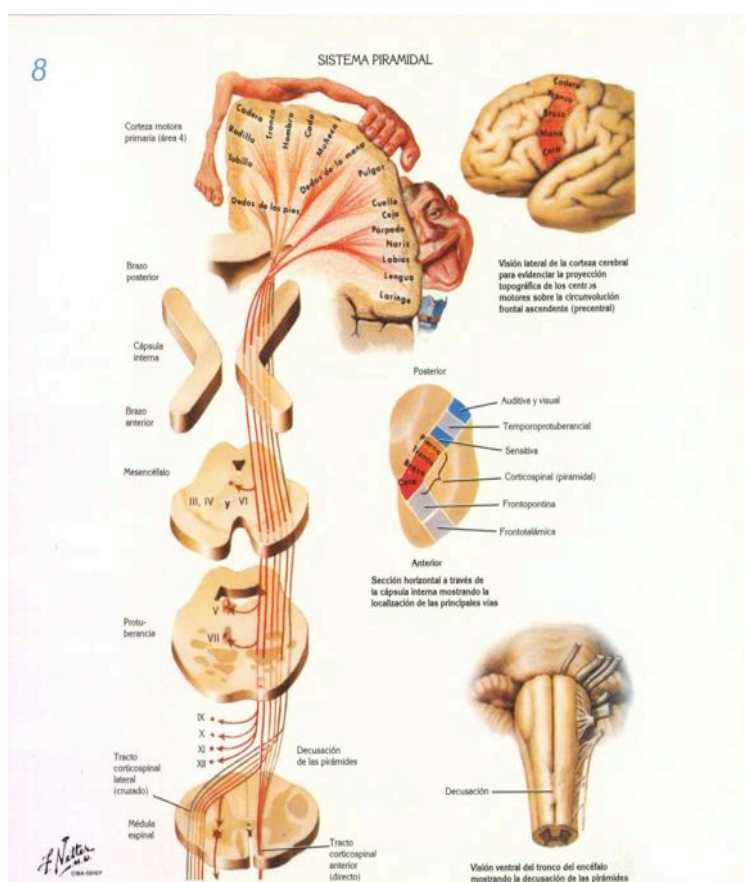
Fascículos corticoespinales laterales

Son los fascículos piramidales propiamente dichos. Estas vías se inician en la corteza motora derecha o izquierda y descienden por la cápsula interna del cerebro y por los pedúnculos cerebrales del mesencéfalo y la protuberancia del mismo lado.

Alrededor del 85-90% de los axones de las neuronas motoras superiores cruzan en el bulbo hacia el lado contrario. Estos axones cruzados forman los fascículos corticoespinales laterales en los cordones blancos laterales derecho e izquierdo de la médula espinal.

Las neuronas motoras inferiores reciben los impulsos procedentes tanto de las neuronas motoras superiores como de las neuronas de asociación. Los axones de las neuronas motoras inferiores salen a todos los niveles de la médula a través de las raíces anteriores de los nervios raquídeos y terminan en los músculos esqueléticos. Estas neuronas motoras controlan la contracción precisa de los músculos de las extremidades.

De lo dicho se puede deducir que, gracias a esta vía, la corteza motora del lado derecho del encéfalo controla la musculatura del lado izquierdo y viceversa.



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Fascículos corticoespinales anteriores

Son las vías constituidas por los axones de neuronas motoras superiores que no se cruzan en el bulbo raquídeo (10-15%). Estas vías al pasar por el bulbo descienden por el mismo lado y forman los fascículos corticoespinales anteriores en los cordones blancos anteriores derecho e izquierdo.

A distintos niveles de la médula espinal, algunos de los axones de estas neuronas motoras superiores se cruzan y, una vez en el lado opuesto, establecen sinapsis con neuronas de asociación o con neuronas motoras inferiores en las astas grises anteriores de la médula espinal.

Los axones de estas neuronas motoras inferiores salen de los segmentos cervicales y dorsales superiores de la médula a través de las raíces anteriores de los nervios raquídeos y terminan en los músculos esqueléticos que controlan los músculos del cuello y parte del tronco, coordinando los movimientos del esqueleto axial.

Fascículos corticobulbares

Los axones de estos fascículos descienden desde la corteza motora acompañando a los fascículos corticoespinales, a través de la cápsula interna hasta el tronco encefálico. En este lugar cruzan al lado opuesto acabando en los núcleos de los nueve pares craneales de la protuberancia y el bulbo raquídeo:

- Motor ocular común (III p.c.)
- Patético (IV p.c.)
- Trigémino (V p.c.)
- Motor ocular externo (VI p.c.)
- Facial (VII p.c.)
- Glossofaríngeo (IX p.c.)
- Vago (X p.c.)
- Espinal (XI p.c.)
- Hipogloso (XII p.c.)

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Los fascículos corticobulbares llevan impulsos que controlan los movimientos voluntarios de la cabeza y el cuello.

En resumen:

- ✚ **Los haces corticoespinales laterales regulan los movimientos voluntarios de extremidades y tronco.**
- ✚ **Los haces corticoespinales anteriores regulan los movimientos voluntarios de cuello y parte del tronco.**
- ✚ **Los haces corticobulbares regulan los movimientos voluntarios de parte del cuello y cabeza.**

Vías motoras indirectas o extrapiramidales

Las vías indirectas o extrapiramidales son todos los demás fascículos descendientes (motores) que no son los corticoespinales y corticobulbares.

Los impulsos nerviosos conducidos por las vías indirectas siguen circuitos polisinápticos complejos que abarcan a la corteza motora, los ganglios de la base, el tálamo, el cerebelo, la sustancia reticular y los núcleos del tronco del encéfalo.

Las neuronas motoras superiores de las vías indirectas comienzan en varios núcleos del tronco del encéfalo. Sus axones penetran en la médula espinal con varios fascículos y acaban estableciendo sinapsis con neuronas de asociación o con neuronas motoras inferiores.

Las neuronas motoras inferiores son las mismas que son activadas por la vía piramidal, por que se ha llamado **vía final común** a las neuronas motoras inferiores.

Los impulsos motores indirectos o extrapiramidales procedentes del encéfalo fluyen a lo largo de cinco fascículos principales de la médula espinal, todos ellos originados en los núcleos del tronco del encéfalo:

1. Fascículo rubroespinal.
2. Fascículo tectoespinal.
3. Fascículo vestibuloespinal.
4. Fascículo reticuloespinal lateral.
5. Fascículo reticuloespinal anterior.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Fascículo rubroespinal

Se origina en el núcleo rojo del mesencéfalo, el cual recibe impulsos de la corteza cerebral y del cerebelo. Transmite impulsos nerviosos al lado opuesto del cuerpo y gobierna los movimientos directos y precisos de las extremidades distales. Podría servir de ejemplo las contracciones de los músculos de los dedos necesarias para manipular unas tijeras cortando un papel.

Fascículo tectoespinal

Se inicia en los tubérculos cuadrigéminos superiores del mesencéfalo, que reciben los impulsos visuales y gobiernan los movimientos reflejos de la cabeza y los ojos. Transmiten impulsos a los músculos del cuello del lado opuesto del cuerpo que controlan la cabeza en respuesta a estímulos visuales.

Fascículos vestibuloespinal

Se origina en el núcleo vestibular de la médula, que recibe impulsos procedentes de los receptores del equilibrio del oído interno. Traslada los impulsos nerviosos al mismo lado del cuerpo y regula el tono muscular en respuesta a los movimientos de la cabeza. Por tanto, desempeña un papel fundamental en la conservación del equilibrio.

Fascículo reticuloespinal lateral

Se origina en la sustancia reticular del bulbo raquídeo. Su función consiste en facilitar los reflejos flexores, inhibir los extensores y disminuir el tono muscular de los músculos del esqueleto axial y de la parte proximal de las extremidades.

Fascículo reticuloespinal anterior

Se origina en la protuberancia. Facilita los reflejos extensores e inhibe los flexores, aumentando el tono muscular de los músculos del esqueleto axial y de la parte proximal de las extremidades.

EL CEREBELO

Introducción

El cerebelo es el gran coordinador de las acciones musculares y cumple un importante papel en el equilibrio y tono muscular. Se localiza en la fosa cerebral posterior, por debajo de los lóbulos occipitales, y por detrás del tronco encefálico.

El cerebelo procesa la información motora a un nivel inconsciente

Consta de **dos hemisferios cerebelosos** y una parte intermedia denominada **vernix**. Se une al tronco cerebral mediante tres pares de pedúnculos cerebelosos, los cuales son haces de fibras que entran y salen del cerebelo:

- ✓ **Pedúnculo cerebeloso inferior:** Conecta la médula con el cerebelo.
- ✓ **Pedúnculo cerebeloso medio:** Conecta la protuberancia con el cerebelo.
- ✓ **Pedúnculo cerebeloso superior:** Conecta el mesencéfalo con el cerebelo.

Funciones del cerebelo

Son básicamente:

1. Coordinación de la actividad muscular.
2. Mantenimiento del tono muscular.
3. Conservación del equilibrio.

Para poder realizar estas funciones, por supuesto de **forma involuntaria**, el cerebelo debe recibir información constante de muchos lugares del cuerpo humano, tanto a nivel periférico, como a nivel central.

Digamos que el córtex cerebral envía información al cerebelo de la que quiere hacer. Los músculos y las articulaciones envían información al cerebelo de lo que se hace y de cómo se hace. El oído interno (aparato vestibular) envía información al cerebelo de la posición y movimientos de la cabeza.

Con toda esta información el cerebelo lo que hace es coordinarla, especialmente en lo que refiere a los movimientos finos y automáticos. Sin el cerebelo, nosotros no podríamos hacer actividades de forma involuntaria, es decir, tendríamos que ser conscientes en todo momento de todos nuestros movimientos y pensar en hacer una coordinación correcta, con lo que nuestros movimientos se “robotizarían”.



Así como la corteza cerebral controla los movimientos contralaterales, el cerebelo controla los movimientos del mismo lado del cuerpo; es decir, las fibras que salen del hemisferio cerebeloso derecho controlan los movimientos finos y automáticos del lado derecho, y las fibras que salen del hemisferio cerebeloso izquierdo controlan el lado izquierdo.

DIENCÉFALO

Introducción

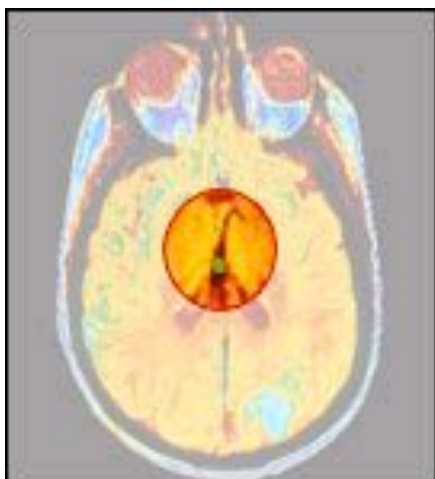
El diencéfalo es una estructura situada en la parte interna central de los hemisferios cerebrales. Se encuentra entre los hemisferios y el tronco del encéfalo, y a través de él pasan la mayoría de fibras que se dirigen hacia la corteza cerebral.

El diencéfalo se compone de varias partes:

- ✚ Tálamo.
- ✚ Epitálamo.
- ✚ Hipotálamo.

El **tálamo** actúa sobre todo como un centro de transmisión, a través del cual toda la información sensitiva, **salvo la olfativa**, pasa hacia el cerebro. Los impulsos nerviosos hacen una escala a nivel talámico, estableciendo sinapsis antes de proseguir su recorrido hacia el córtex cerebral.

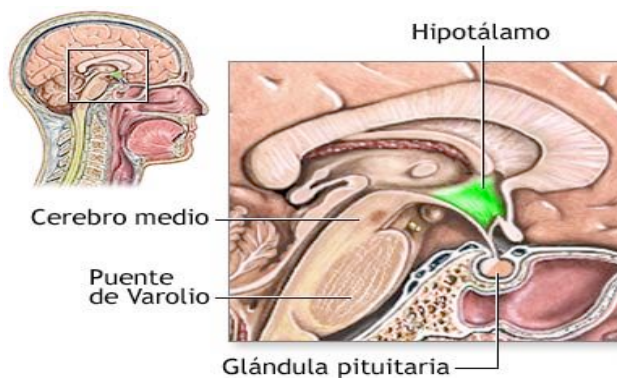
FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO



El **epítalamo** se sitúa en la parte posterior del diencefalo, por encima del tálamo. En él se localiza la epífisis que es una glándula endocrina que está formada por fibras nerviosas simpáticas que transmiten la información lumínica captada por la retina. Fabrica y segrega la hormona melatonina, la cual se ha denominado “hormona antienvjecimiento”, por sus propiedades de actividad antioxidante. La activación de la epífisis se produce cuando no hay luz; en situación de oscuridad fabrica la hormona melatonina. Por eso a esta glándula se le ha denominado “*el tercer ojo*”.

El **hipotálamo** es la porción más inferior del diencefalo. Situado por debajo del tálamo, forma el suelo y parte de las paredes laterales del tercer ventrículo.

Los núcleos hipotalámicos son los responsables de la regulación del **ritmo vital y de las constantes del medio interno**:

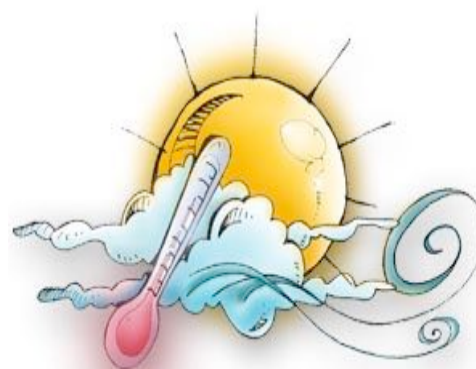


ADAM.

1. Regulación de la temperatura:

✚ El hipotálamo anterior nos defiende de la hipertermia mediante vasodilatación, aumento de la sudoración y disminución de la actividad cardiaca. Si se lesiona esta parte del hipotálamo se producirán accesos de hipertermia.

✚ El hipotálamo posterior nos defiende de la hipotermia mediante la vasoconstricción general, disminución de la secreción



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

sudoral y provocación de los escalofríos. Si se lesiona esta parte del hipotálamo, el individuo adquiere la temperatura del medio ambiente, volviéndose poiquilotérmico.

2. Regulación del metabolismo del agua: El núcleo supraóptico segrega la Hormona Antidiurética (ADH) que favorece la reabsorción del agua a nivel de las porciones distales de los túmulos renales. Cuando se lesiona esta parte del hipotálamo se produce la “*diabetes insípida*”. Según las necesidades del agua del organismo se regula la secreción de esta hormona. Estas necesidades son percibidas gracias a los numerosos capilares que hay en los núcleos hipotalámicos, denominados osmorreceptores.

3. Regulación del apetito: Corre a cargo de dos núcleos del hipotálamo (núcleo del túbér y el núcleo ventral). Del equilibrio de ambos núcleos dependerá el apetito normal:

✚ **Núcleo del túbér.** Cuando se estimula aumenta el apetito. Su lesión inhibe el apetito produciendo adelgazamiento llamado “*caquexia hipotalámica*”.

✚ **Núcleo ventral.** Su estimulación inhibe el apetito. Su lesión provoca un aumento del apetito que hace que el individuo adquiera “*obesidad hipotalámica*”.

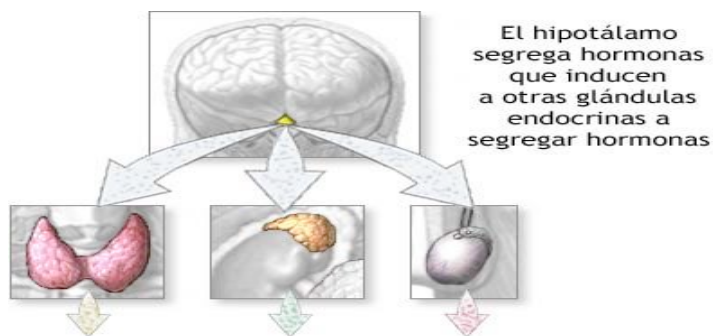
4. Regulación de las funciones vegetativas o idiotropas: Regula las funciones respiratorias, vascular (vasodilatación o vasoconstricción, cardíaca, digestiva, etc.). Para el control de estas funciones podemos dividir el hipotálamo en:

✚ **Hipotálamo Trofotropo:** correspondiente al hipotálamo anterior, el cual disminuye las actividades vegetativas, ahorra desgaste al individuo (se relaciona con el SN parasimpático).

✚ **Hipotálamo Ergotropo:** correspondiente al hipotálamo posterior, el cual activa las funciones vegetativas (se relaciona con el SN simpático).

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

- 5. Regulación del mecanismo Sueño-Vigilia:** No se conoce el mecanismo que posee el hipotálamo para regular el mecanismo del sueño-vigilia, pero se supone que actúa a través del sistema reticular talámico. Parece ser que los mecanismos del sueño estarían a nivel del hipotálamo anterior, mientras que los de la vigilia estarían a nivel del hipotálamo posterior. En consecuencia, una lesión del hipotálamo anterior induciría a aparición del insomnio, mientras que la lesión del hipotálamo posterior induciría a somnolencia.
- 6. Regulación de los mecanismos de la emoción:** El hipotálamo es el centro donde se somatizan las manifestaciones emocionales, traducéndose en cambios de las funciones psicológicas y orgánicas de tipo vegetativo. A través de sus conexiones con el bulbo raquídeo del tronco cerebral, el hipotálamo ayuda a provocar las respuestas viscerales ante distintos estados emocionales (ira, temor, dolor, placer,...). En esta regulación de la emoción, el hipotálamo actúa junto al sistema límbico.
- 7. Regulación de la hipófisis:** Se ha comprobado que el hipotálamo regula tanto el lóbulo anterior (adenohipófisis) como el posterior de la hipófisis (neurohipófisis). Hipotálamo e hipófisis forman una unidad funcional; el hipotálamo segrega todas las hormonas que antes se consideraban hipofisarias y estas llegan en forma de prehormonas a la hipófisis que las depura y las envía al torrente circulatorio.



ADAM.

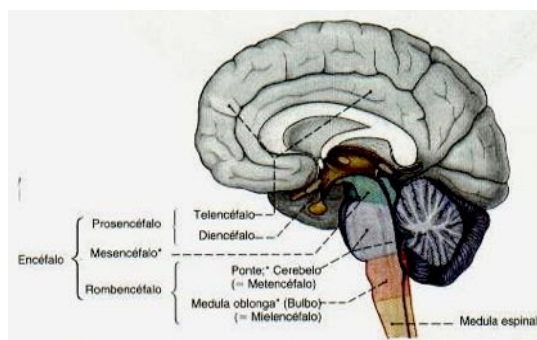
TRONCO ENCEFÁLICO

El tronco encefálico es la estructura del Sistema Nervioso Central que comunica el encéfalo con la médula espinal. Su importancia radica en contener numerosos centros reflejos, entre los cuales se encuentran los más importantes para la supervivencia de la especie, los denominados **centros vitales**. Estos centros son esenciales para la vida, ya que controlan la actividad respiratoria, cardíaca y vasomotora. Además de estos centros vitales, el tronco o tallo cerebral contiene otros centros que controlan la tos, el estornudo, el hipo, el vómito, la succión y la deglución.

Clasificación y morfología del tronco encefálico.

Podemos dividir el tronco encefálico en dos zonas:

1. Mesencéfalo.
2. Romboencéfalo_ Este se subdivide en:
 - a. Metencéfalo: Corresponde a lo que sería la protuberancia + Cerebelo (unido a la primera a través de los pedúnculos cerebelosos).
 - b. Mielencéfalo: Corresponde a lo que sería el bulbo raquídeo.



PROTUBERANCIA

Aparece como una prominencia redondeada en la cara inferior del encéfalo, entre el mesencéfalo y el bulbo raquídeo. Sus fibras superficiales están conectadas con el cerebelo y las fibras profundas forman parte de los haces motores y sensitivos que proceden del bulbo raquídeo y atraviesan la protuberancia en dirección al mesencéfalo.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

En la protuberancia existen varios núcleos asociados a nervios craneales específicos tales como:

- ✚ Trigémino (V p.c.): De hecho, al ser este un nervio de gran grosor, el territorio nuclear del mismo es también muy extenso, desde la parte superior de la médula cervical hasta el mesencéfalo. Este nervio recoge la sensibilidad epicrítica y protopática, sobre todo dolor y temperatura, de la cara, a través de sus tres ramas (oftálmica, maxilar superior y maxilar inferior). También recoge la sensibilidad propioceptiva de los husos neuromusculares de la musculatura de los masticadores; y lleva fibras motoras a estos músculos y a los del suelo de la boca.
- ✚ Motor ocular externo (VI p.c.): Lleva solamente fibras motoras para el músculo recto externo del ojo.
- ✚ Facial (VII p.c.): Conduce fibras motoras, secretoras y sensoriales. La parte motora inerva la musculatura de la cara, la parte sensorial recoge la sensibilidad de los 2/3 anteriores de la lengua.
- ✚ Vestibulococlear (VIII p.c.): Presenta un extenso territorio nuclear con dos partes:
 - Coclear: Recoge la sensibilidad acústica.
 - Vestibular: Recoge la sensibilidad propioceptiva, referente al equilibrio.

Otros núcleos de la protuberancia cooperan con los del bulbo raquídeo en la regulación de la respiración. Los centros del control respiratorio de la protuberancia se conocen como centros apnéustico y neumotáxico.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

BULBO RAQUÍDEO

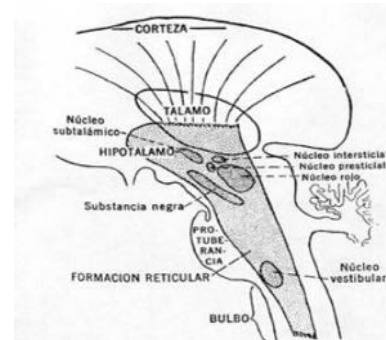
En el bulbo se encuentran muchos núcleos importantes. Varios de ellos participan en el control motor a través de los axones que forman parte de nervios craneales:

- ✚ Glossofaríngeo (IX p.c.): Su parte sensitiva recoge la sensibilidad del paladar blando, faringe y 1/3 posterior de la lengua, así como el gusto de esta parte. Su parte motora inerva musculatura faríngea y laríngea.
- ✚ Vago (X p.c.): Sus núcleos contienen fibras sensoriales, motoras para los músculos estriados laríngeos y faríngeos, así como parasimpáticos de las vísceras torácicas y abdominales.
- ✚ Espinal (XI p. c.): Es un nervio motor que inerva la musculatura de esternocleidomastoideo y trapecio.
- ✚ Hipogloso (XII p.c.): También es un nervio exclusivamente motor llevando fibras para la lengua.

En el bulbo están los grupos de neuronas necesarios para la regulación de la respiración y las respuestas cardiovasculares, por lo que son conocidos como centros vitales:

- ✚ **Centro vasomotor:** Controla la innervación autónoma de los vasos sanguíneos.
- ✚ **Centro control del corazón:** Íntimamente relacionado con el centro vasomotor, regula el centro nervioso autónomo del corazón.
- ✚ **Centro respiratorio del bulbo:** Actúa junto con los centros de la protuberancia para controlar la respiración. En este centro respiratorio del bulbo se puede distinguir entre una zona que controla la espiración y otra la inspiración.

La **formación reticular** es una trama compleja de núcleos y fibras nerviosas distribuidas por el bulbo, la protuberancia, el mesencéfalo, el tálamo y el hipotálamo que funcionan como sistema activador reticular o SAR. Gracias a sus muchas interconexiones, cualquier modalidad de información sensitiva puede activar el SAR de forma inespecífica. Las fibras del SAR se proyectan, a su vez, de forma difusa en la corteza cerebral, dando lugar a una excitación inespecífica de ésta ante la información sensitiva aferente.



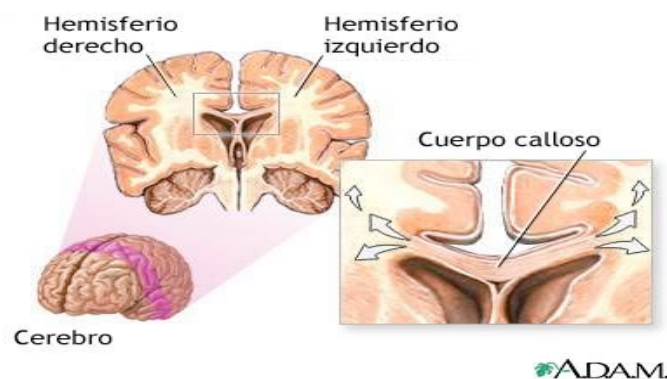
CEREBRO

Introducción

El cerebro es la única estructura del telencéfalo y, además, constituye la porción más grande del encéfalo (constituye aproximadamente el 80% de su masa). Es el principal responsable de las denominadas **funciones mentales superiores**, como son la memoria, la imaginación, la planificación y el lenguaje y el pensamiento.

El cerebro está formado por un hemisferio derecho y otro izquierdo, conectados internamente por un gran haz de fibras nerviosas denominado **cuerpo calloso**. Por tanto, cada hemisferio cerebral recibe información de ambos lados del cuerpo gracias a la comunicación que se establece entre ambos a través de este cuerpo calloso formado por unos 200 millones de fibras.

La parte externa del cerebro es la denominada corteza o córtex cerebral, formada por 2-4 mm de sustancia gris, situada sobre la sustancia blanca.



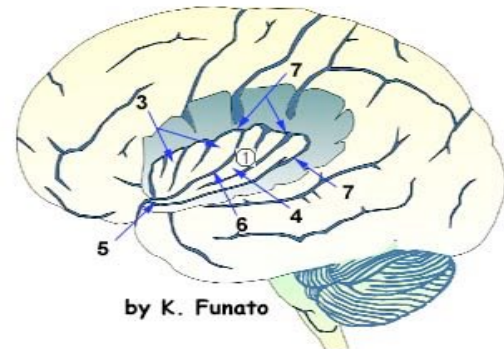
La corteza cerebral se caracteriza por presentar numerosos pliegues elevados y otros deprimidos. Los primeros son las circunvoluciones y los segundos los surcos.

Cada hemisferio cerebral está subdividido por surcos profundos o fisuras en cinco lóbulos, de los que cuatro son visibles desde la superficie.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Lóbulos superficiales:

- ✚ Frontal.
- ✚ Parietal.
- ✚ Temporal.
- ✚ Occipital.



Lóbulo profundo:

- ✚ Ínsula.

El **lóbulo frontal** es la porción anterior de cada hemisferio cerebral. La profunda cisura que lo separa del lóbulo parietal es el surco central. Inmediatamente por delante del surco central, se encuentra la circunvolución precentral que participa en el control motor.

Inmediatamente por detrás del surco central y, por tanto, ya en el **lóbulo parietal**, se encuentra el área de la corteza más importante para la percepción de la sensación somatostésica, es decir, de las sensaciones procedentes de los receptores cutáneos, musculares, tendinosos y articulares.

El **lóbulo temporal** contiene los centros de la audición que reciben fibras sensitivas procedentes del caracol de cada oído. Este lóbulo participa también en la interpretación y asociación de la información auditiva y visual.

El **lóbulo occipital** es la zona principal responsable de la visión y de la coordinación de los movimientos oculares.

El **lóbulo de la ínsula** interviene en la codificación de la memoria y en la integración de la información sensitiva (principalmente del dolor) con las respuestas viscerales. En concreto, parece que la ínsula participa en la coordinación de las respuestas cardiovasculares a la agresión.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Por medio de las fibras motoras que se originan en la circunvolución precentral, cada corteza controla los movimientos del lado opuesto del cuerpo. Al mismo tiempo, la sensación somatostésica procedente de cada lado del cuerpo se proyecta a la circunvolución poscentral contralateral gracias a la decusación o cruce de las fibras. Por supuesto, de igual forma las imágenes que caen en la mitad izquierda de cada retina se proyectan en el lóbulo occipital derecho y viceversa.

Varios experimentos han mostrado que la mayor parte de habilidades analíticas y del lenguaje residen en el hemisferio izquierdo, lo cual ha dado lugar al concepto de dominancia cerebral, análogo al de lateralidad manual, que define el hecho de que las personas suelen tener una mayor capacidad motora en una mano que en la otra. Sin embargo, experimentos posteriores demostraron que el hemisferio derecho está especializado en líneas distintas y menos evidentes, por lo que no habría un hemisferio dominante y otro subordinado, sino que los dos desempeñarían funciones complementarias. Por tanto, en la actualidad se prefiere el término de **lateralización cerebral** en lugar de dominancia cerebral.

Se ha demostrado que el hemisferio derecho posee una capacidad verbal limitada. Este hemisferio está más adaptado a las tareas visuoespaciales. Por ejemplo:

- El hemisferio derecho puede reconocer las caras mejor que el izquierdo, pero no puede describir el aspecto facial tan bien como puede hacerlo el izquierdo.
- A través de su control de la mano izquierda, el hemisferio derecho es mejor que el izquierdo para disponer bloques o dibujar cubos.
- Los pacientes que sufren lesiones del hemisferio derecho tienen dificultad para encontrar su camino en una casa o para leer mapas.
- La capacidad para componer música, pero no para comprenderla críticamente depende del hemisferio derecho.

Por tanto, el **hemisferio derecho está especializado en la capacidad visuoespacial y el izquierdo en el lenguaje y la capacidad analítica**. Esta especialización se encuentra en el 97% de las personas. Es decir, es la que existe en todas las personas diestras (90% de la población) y en el 70% de los zurdos. El resto de zurdos se dividen casi por igual entre los que tienen

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

capacidad analítica y del lenguaje en el hemisferio derecho y los que tienen estas capacidades en ambos hemisferios.

Lenguaje

En la mayoría de las personas, las áreas del lenguaje se encuentran sobre todo en el hemisferio izquierdo de la corteza cerebral. Se describen dos áreas del lenguaje:

✚ **Área de Broca:** Se encuentra en la circunvolución frontal inferior izquierda y zonas adyacentes. La lesión de esta zona produce la denominada *afasia de Broca*. Los pacientes que presentan esta afasia se resisten a hablar y cuando lo intentan, su lenguaje es lento y mal articulado; sin embargo, su comprensión del lenguaje permanece intacta. Las personas con esta afasia pueden comprender una oración, pero tienen muchas dificultades para repetirla; y no se trata de un problema motor, ya que el control nervioso de la musculatura de la lengua, los labios o la laringe, permanece intacto.

✚ **Área de Wernicke:** Se encuentra en la circunvolución temporal superior. La lesión de esta zona implica la *afasia de Wernicke* que consiste en un habla rápida y fluida pero sin significado ("*ensalada de palabras*"). Las palabras utilizadas pueden ser palabras reales mezcladas de forma caótica o pueden ser palabras nuevas. El paciente pierde la capacidad para comprender el lenguaje y no puede comprender ni el lenguaje hablado ni escrito.

Estas dos áreas se comunican entre sí mediante un haz de fibras nerviosas que constituyen el **fascículo arciforme**, así el concepto de las palabras que van a ser dichas se origina en el área de Wernicke y se transmite al área de Broca donde se produce la expresión, debido a que esta área envía fibras a la corteza motora (circunvolución precentral) que controla directamente la musculatura del habla; por eso a la afasia de Broca se la denomina también afasia de expresión y a la afasia de Wernicke se la denomina también afasia de comprensión.

La lesión del fascículo arciforme produce afasia de conducción, con un habla fluida pero sin sentido como la afasia de Wernicke, aunque tanto el área de Broca como la de Wernicke están intactas.

La circunvolución angular, localizada en la unión de los lóbulos parietal, temporal y occipital, parece ser un centro de integración de la información auditiva, visual y somatostésica. La lesión de esta circunvolución también produce afasias, lo que indica que esta área se proyecta sobre la de Wernicke. Algunos pacientes con lesión de esta circunvolución pueden hablar y comprender el lenguaje hablado pero no pueden leer ni escribir. Otros pueden escribir una frase pero no pueden leerla, probablemente por lesión de las proyecciones que van desde el lóbulo occipital (que participa en la visión) a la circunvolución angular.

Sistema Nervioso Autónomo

Introducción

El sistema nervioso autónomo lleva a cabo la inervación de los órganos cuyas funciones no suelen estar bajo control voluntario. Los efectores que responden a la inervación autónoma forman parte de los **órganos viscerales** y de los **vasos sanguíneos**.

Regula pues la actividad de:

- ✚ El músculo cardíaco (corazón).
- ✚ Los músculos lisos.
- ✚ Las glándulas.

El control motor por parte del sistema nervioso autónomo implica la participación de dos neuronas en la vía eferente. La primera de estas neuronas tiene su cuerpo celular en la sustancia gris del tronco encefálico o la médula espinal. El axón de esta neurona no da lugar a la inervación directa del órgano efector sino que establece sinapsis con una segunda neurona localizada en un **ganglio autónomo**. Por tanto, esta neurona se denominará **neurona**

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

preganglionar; mientras que la segunda neurona, denominada **neurona postganglionar**, tiene un axón que se extiende desde el ganglio autónomo hasta el órgano efector.

- Las fibras autónomas preganglionares se originan en el mesencéfalo y el romboencéfalo, así como en los niveles de la médula espinal que van desde los torácicos altos hasta el cuarto nivel sacro.
- Los ganglios autónomos se sitúan en cabeza, cuello y el abdomen; las cadenas de ganglios autónomos también se disponen paralelamente a la médula espinal en sus lados derecho e izquierdo.

El origen de las fibras preganglionares y la localización de los ganglios autónomos permiten diferenciar dos divisiones del SNA:

- 1. División simpática: Toracolumbar.**
- 2. División parasimpática: Craneosacra.**

Sistema nervioso simpático

También denominado división toracolumbar del sistema nervioso autónomo debido a que sus fibras preganglionares abandonan la médula espinal entre los niveles primero torácico (T1) y segundo lumbar (S2).

La mayor parte de las fibras nerviosas simpáticas se separan de las fibras motoras somáticas y establecen sinapsis con las neuronas postganglionares en el interior de una doble fila de ganglios simpáticos denominados **ganglios paravertebrales** que se localizan a cada lado de la médula espinal.

Los axones simpáticos preganglionares mielínicos abandonan la médula espinal a través de las raíces anteriores de los nervios espinales, pero pronto se separan de éstos formando vías cortas denominadas ramas comunicantes blancas. Los axones de cada una de estas ramas se introducen en la cadena ganglionar simpática a través de la cual se dirigen hasta los ganglios

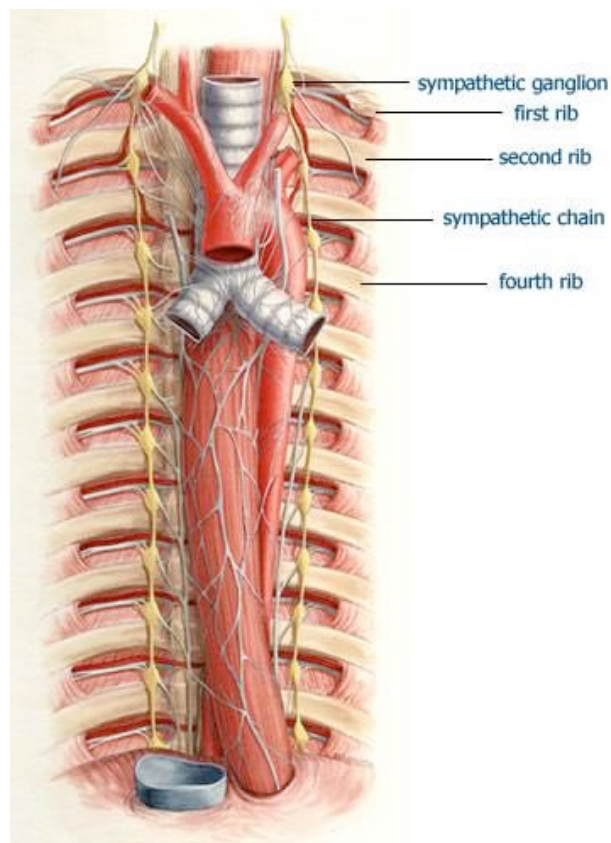
FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

localizados en diferentes niveles y establecen sinapsis con las neuronas simpáticas postganglionares.

Los axones de las neuronas simpáticas postganglionares son amielínicos y constituyen las ramas comunicantes grises que retornan a los nervios espinales y alcanzan sus órganos efectores formando parte de estos nervios espinales.

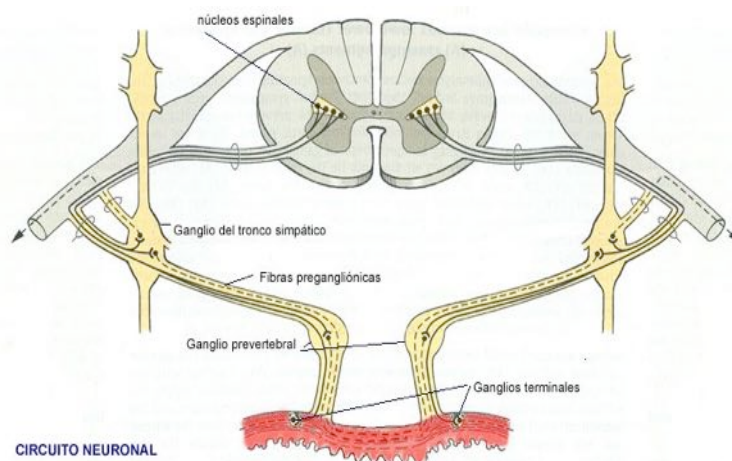
Debido a que los axones simpáticos forman parte de los nervios espinales, muestran una distribución amplia en los músculos esqueléticos y la piel, donde inervan los vasos sanguíneos y otras estructuras efectoras involuntarias.

Las fibras preganglionares se ramifican y establecen sinapsis con numerosas neuronas postganglionares localizadas en ganglios situados en niveles diferentes de la cadena. A este fenómeno se le denomina **divergencia**.



Cuando una neurona postganglionar recibe impulsos sinápticos a partir de un gran número de fibras preganglionares se denomina **convergencia**.

La divergencia de los impulsos que van de la médula espinal a los ganglios y la convergencia de los impulsos en el interior de los ganglios da lugar habitualmente al fenómeno de activación en masa de casi todas las neuronas postganglionares simpáticas. Este hecho explica por qué el sistema simpático se suele activar como una unidad, influyendo en todos sus órganos



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

efectores al mismo tiempo.

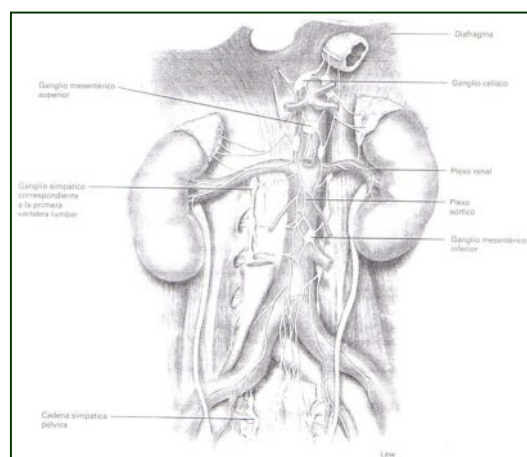
Muchas de las fibras preganglionares que abandonan la médula espinal desde el nivel torácico superior se dirigen hacia el cuello, donde establecen sinapsis con los ganglios simpáticos cervicales. Las fibras postganglionares que salen de los ganglios simpáticos cervicales inervan los músculos lisos y las glándulas de la cabeza y el cuello.

Por su parte, muchas de las fibras preganglionares que salen de la médula espinal por debajo del nivel del diafragma atraviesan la cadena ganglionar simpática sin establecer sinapsis. Más allá de la cadena simpática, estas fibras preganglionares forman los nervios esplácnicos y establecen sinapsis con las fibras postganglionares en los denominados **ganglios colaterales o prevertebrales**:

✚ **Ganglios celíacos:** Inervan los órganos del sistema digestivo.

✚ **Ganglios mesentéricos superiores:** Inervan el aparato urinario.

✚ **Ganglios mesentéricos inferiores:** Inervan el aparato reproductor.



En relación al sistema nervioso simpático, cabe nombrar las **glándulas suprarrenales**, las cuales son dos localizadas una en el polo superior de cada riñón. Cada suprarrenal está constituida por dos partes, la externa denominada corteza, y la interna, denominada médula.

La médula suprarrenal se puede considerar como un ganglio simpático modificado, ya que sus células tienen el mismo origen embrionario (la cresta neural). Al igual que un ganglio simpático, las células de la médula suprarrenal están inervadas por fibras simpáticas preganglionares. La médula suprarrenal segrega la hormona **adrenalina** a la sangre en respuesta a su estimulación nerviosa. Los efectos de ésta son complementarios a los del neurotransmisor noradrenalina, que es liberado por las terminaciones nerviosas simpáticas postganglionares.

Por esta razón a la médula suprarrenal y el sistema simpático se les conoce en conjunto como **sistema simpático-suprarrenal**.

Sistema nervioso parasimpático

También se denomina **división craneosacra** del sistema nervioso autónomo. Esto se debe a que sus fibras preganglionares tienen un origen craneal (específicamente en mesencéfalo, bulbo raquídeo y protuberancia) y en los niveles sacros segundo al cuarto de la columna vertebral.

Estas fibras preganglionares establecen sinapsis en los ganglios que se encuentran en los órganos inervados o en la proximidad de los mismos. Estos ganglios parasimpáticos, que se denominan **ganglios terminales**, aportan las fibras postganglionares que establecen sinapsis con las células efectoras.

La mayor parte de las fibras parasimpáticos no viajan en el interior de los nervios espinales, tal como ocurre con las fibras simpáticas. Debido a ello, las estructuras efectoras cutáneas (vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos erectores del pelo) y los vasos sanguíneos de los músculos esqueléticos reciben inervación simpática, pero no parasimpático.

Cuatro de los doce pares craneales contienen fibras parasimpáticos preganglionares: Oculomotor (III p.c.), facial (VII p.c.), glosofaríngeo (IX p.c.) y vago (X p.c.).

Las fibras parasimpáticos del vago establecen sinapsis en los ganglios terminales localizados en amplias regiones del cuerpo, mientras que los otros tres establecen sinapsis en los ganglios localizados en la cabeza:

- ✚ El oculomotor en el **ganglio ciliar**, inervando el músculo ciliar y fibras constrictoras del iris.
- ✚ El facial en el **ganglio pterigopalatino** y en el **ganglio submandibular**. Las fibras postganglionares que salen del primer ganglio inervan la mucosa nasal, faringe, paladar y glándulas lacrimales; mientras las que salen del segundo ganglio inervan las glándulas salivares submandibulares y sublinguales.
- ✚ El glosofaríngeo en el **ganglio ótico**, inervando la glándula salival parótida.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Por su parte, las fibras preganglionares de los niveles sacros de la médula espinal proporcionan la inervación parasimpático de la mitad inferior del intestino grueso, el recto, el sistema urinario y el sistema reproductor. Al igual que las del vago, estas fibras establecen sinapsis con los ganglios terminales localizados en el interior de los órganos efectores.

De esta manera, los nervios parasimpáticos que alcanzan los órganos viscerales están constituidos por fibras preganglionares, mientras que los nervios simpáticos que llegan a estos órganos contienen fibras postganglionares.

Cuadro 9.4. Comparación de las características estructurales de los sistemas simpático y parasimpático

Característica	Sistema simpático	Sistema parasimpático
Origen de los impulsos preganglionares	Niveles toracolumbares de la médula espinal	Mesencéfalo, rombencéfalo y niveles sacros de la médula espinal
Localización de los ganglios	Cadena de ganglios paravertebrales y ganglios prevertebrales (colaterales)	Ganglios terminales en los órganos efectores o en su proximidad
Distribución de las fibras posganglionares	En todo el cuerpo	Limitadas principalmente a la cabeza y los órganos del tórax, el abdomen y la pelvis
Divergencia de los impulsos desde las fibras preganglionares a las posganglionares	Divergencia importante (una fibra nerviosa preganglionar puede activar hasta 20 fibras posganglionares)	Divergencia escasa (una fibra nerviosa preganglionar activa únicamente unas pocas fibras posganglionares)
Fenómeno de descarga en masa de todo el sistema en conjunto	Si	Normalmente, no

Funciones del sistema nervioso autónomo

La división simpática del sistema nervioso autónomo induce en el cuerpo una reacción de preparación a “la lucha o la huida” que se debe principalmente a la liberación de noradrenalina por las fibras postganglionares y a la secreción de adrenalina por la médula suprarrenal.

La división parasimpática induce a menudo efectos antagonistas a través de la liberación de acetilcolina a partir de sus fibras postganglionares. Con ello regula principalmente las actividades que conservan y restablecen la energía del organismo durante los momentos de descanso o recuperación. Por tanto, es un sistema de conservación y recuperación de energía.

Los efectos inducidos por las dos divisiones del sistema nervioso autónomo deben permanecer equilibrados para que tenga lugar el mantenimiento de la homeostasis.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso autónomo no es un sistema aislado. Axones de muchas regiones del sistema nervioso central conectan con los sistemas simpático y parasimpático del SNA, ejerciendo un importante control sobre éste. El hipotálamo es el principal centro de control e integración del sistema nervioso autónomo.

✚ **Las regiones posterior y lateral del hipotálamo controlan el sistema nervioso simpático.** Cuando estas áreas son estimuladas se produce un aumento de la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción del corazón, una elevación de la presión arterial debida a vasoconstricción, un aumento de la temperatura corporal y de la frecuencia y profundidad de la respiración, dilatación de pupilas e inhibición gastrointestinal.

✚ **Las regiones anterior y medial del hipotálamo controlan el sistema parasimpático.** La estimulación de estas áreas origina una disminución de la frecuencia cardíaca, una reducción de la presión arterial, contracción pupilar y un aumento de la secreción y la motilidad del tracto gastrointestinal.

Los neurotransmisores del SNA son dos: la acetilcolina y la noradrenalina.

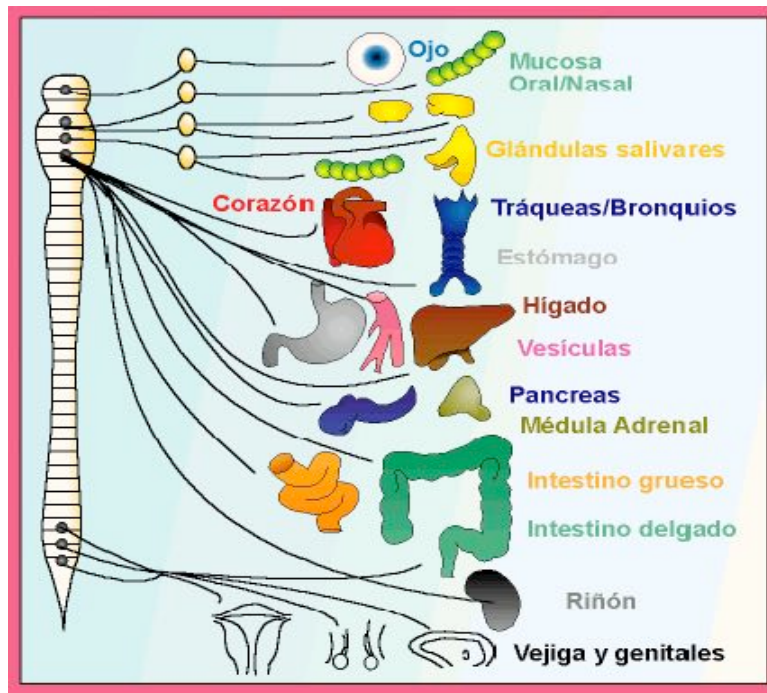
✚ La **acetilcolina** es el neurotransmisor de todas las fibras preganglionares (simpáticas y parasimpáticas), así como de la mayor parte de fibras posganglionares parasimpáticas en la sinapsis que establecen con las células eefectoras. Estas sinapsis son de **transmisión colinérgica**.

✚ La noradrenalina es el neurotransmisor liberado por casi todas las fibras nerviosas simpáticas postganglionares. Éstas son de **transmisión adrenérgica**. Las excepciones son algunas fibras simpáticas que inervan los vasos sanguíneos de los músculos esqueléticos y las que inervan las glándulas sudoríparas, que son de transmisión colinérgica.

FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

La mayoría de estructuras del organismo reciben inervación dual: simpática y parasimpático.

INERVACIÓN SIMPÁTICA



FISIOLOGÍA SISTEMA NERVIOSO

Cuadro 9.5. Efectos de la estimulación del sistema nervioso autónomo sobre diferentes órganos efectores

Órgano efector	Efecto simpático	Efecto parasimpático
<i>Ojo</i>		
Iris (músculo radial)	Dilatación de la pupila	—
Iris (músculo del esfínter)	—	Constricción de la pupila
Músculo ciliar	Relajación (para la visión lejana)	Contracción (para la visión cercana)
<i>Glándulas</i>		
Lagrimales (lágrimas)	—	Estimulación de la secreción
Sudoríparas	Estimulación de la secreción	—
Salivales	Disminución de la secreción; la saliva es escasa	Aumento de la secreción; la saliva es fluida
Estómago	—	Estimulación de la secreción
Intestino	—	Estimulación de la secreción
Médula suprarrenal	Estimulación de la secreción hormonal	—
<i>Corazón</i>		
Frecuencia	Aumentada	Disminuida
Conducción	Aumento de la velocidad	Disminución de la velocidad
Fuerza de contracción	Aumentada	—
<i>Vasos sanguíneos</i>	Principalmente, constricción; afectación de todos los órganos	Dilatación en unos pocos órganos (p. ej., el pene)
<i>Pulmones</i>		
Bronquiolos	Dilatación	Constricción
Glándulas mucosas	Inhibición de la secreción	Estimulación de la secreción
<i>Tubo digestivo</i>		
Motilidad	Inhibición del movimiento	Estimulación del movimiento
Esfínteres	Estimulación de su cierre	Inhibición de su cierre
<i>Hígado</i>	Estimulación de la hidrólisis del glucógeno	—
<i>Tejido adiposo</i>	Estimulación de la hidrólisis de las grasas	—
<i>Páncreas</i>	Inhibición de las secreciones exocrinas	Estimulación de las secreciones exocrinas
<i>Bazo</i>	Contracción	—
<i>Vejiga</i>	Mantenimiento del tono muscular	Contracción
<i>Músculos erectores del pelo</i>	Erección del pelo y «piel de gallina»	—
<i>Útero</i>	Contracción en caso de gestación; relajación en ausencia de gestación	—
<i>Pene</i>	Eyaculación	Erección (debido a vasodilatación)