



Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales
SISTEMA
NERVIOSO PERIFÉRICO

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Noviembre 2018)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs5.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Sistema nervioso	1
2	Sistema nervioso periférico	3
3	Imagen; Nervio	7
4	Imagen; Ganglio	9

1 Sistema nervioso

El sistema nervioso permite a los animales comunicarse tanto con el exterior como con el interior de su propio cuerpo. Del medio exterior recibe señales a través de los órganos de los sentidos (ojos, oídos, botones gustativos, receptores olfativos y las terminaciones libres de la piel que permiten el sentido del tacto), pero también recibe otros tipos de información como, por ejemplo, térmica (enfriamiento o calentamiento relativo). Curiosamente, la principal respuesta del sistema nervioso hacia el medio exterior se hace a través de los músculos, es decir, mediante el movimiento. Aunque también mediante la liberación de hormonas. En el sistema nervioso se encuentran también los centros de la consciencia, del pensamiento, de las emociones y de todas las cualidades humanas consideradas como superiores. Se podría decir que estas funciones en humanos, y probablemente a un nivel diferente también en otros vertebrados, tienen una actividad interna propia no relacionada necesariamente con el exterior o con el propio cuerpo. El encéfalo, parte del sistema nervioso central, se considera el órgano más complejo del reino animal y algunos autores creen que llegar a conocer completamente cómo funciona es uno de los desafíos más ambiciosos, no sólo de la biología o de la medicina, sino de la ciencia en general.

Tradicionalmente se ha dividido al sistema nervioso en dos partes: sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y por la médula espinal. El sistema nervioso periférico lo componen multitud de neuronas, generalmente agrupadas en ganglios o plexos, y nervios dispersos por el interior del organismo.

Las células que componen el sistema nervioso son las neuronas y las células gliales. Aunque las neuronas reciben la mayor atención, también la glía es imprescindible. Se estima que hay unas 86000 millones de neuronas en el encéfalo humano, mientras que el número de células gliales, dependiendo de la especie, puede ser similar. Las neuronas son células que se comunican entre sí fundamentalmente mediante sinapsis y cada neurona puede recibir información de miles

de otras neuronas, enviando a su vez información a otras tantas neuronas. Pero además, las señales que se envían las neuronas entre sí son muy diversas y su efecto en la neurona diana depende del tipo de receptor que ésta contenga y de la información que está recibiendo simultáneamente de otras neuronas. Con estos números y este grado de interconexión es fácil imaginar la enorme tarea que supondrá para la ciencia entender cómo funciona el sistema nervioso.

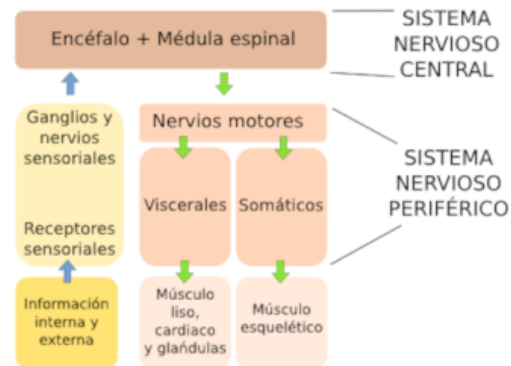


Figura 1: Esquema de las divisiones del sistema nervioso de vertebrados. (modificado de Purves et al., 2007).

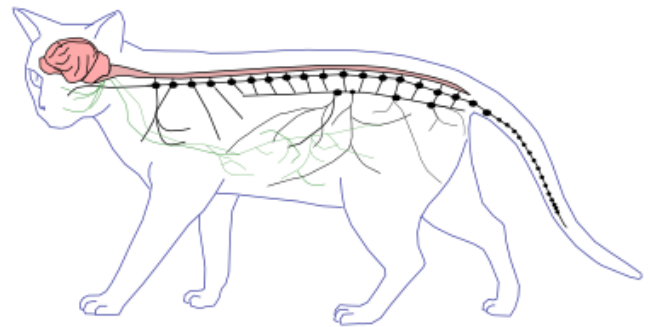


Figura 2: Esquema en el que se muestra la división del sistema nervioso en sus dos principales componentes: sistema nervioso central (en rosado) y periférico (en negro y verde).

Rodeando a la membrana celular de los adipocitos maduros se encuentra una capa de matriz extracelular denominada lámina externa, que es similar a la lámina basal de los epitelios. Esta lámina puede actuar como una barrera selectiva o como una estructura de sostén de la célula. Contiene colágeno tipo VI, laminina y heparán sulfato, pero no fibronectina. La fibronectina sí está presente en la lámina externa de los adipocitos

inmaduros, pero es sustituida por la laminina en los maduros.

La matriz extracelular es muy importante para el propio adipocito puesto que influye en su tamaño y diferenciación. Por ejemplo, se ha propuesto que la abundancia de colágeno tipo VI en la matriz extracelular del tejido adiposo es importante para controlar la expansión de las células. Por otro lado, los preadipocitos no se desarrollan en adipocitos maduros si no pueden liberar la metaloproteasa MT1-MMP.

Las metaloproteasas degradan matriz extracelular. Es decir, la matriz extracelular regula físicamente el crecimiento hipertrófico de los adipocitos. Las células adiposas se adhieren mediante integrinas a fibronectinas, lamininas y colágeno. Hay toda una serie de cambios en las cadenas de integrinas que guían preadipocitos a diferenciarse en adipocitos maduros. También las integrinas podrían ser responsables de sentir el tamaño celular.

2 Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico está formado por las neuronas y prolongaciones neuronales que se encuentran fuera del encéfalo y de la médula espinal, más las células gliales, tanto las de Schwann, que envuelven a los axones, como la glía periférica, que forman parte de los ganglios nerviosos. La principal función principal del sistema nervioso periférico es conectar los estímulos que recibe el cuerpo: externos, internos y propioceptivos (sentir la disposición de los diferentes órganos), con el sistema nervioso central, y a éste a su vez con los órganos, aparatos o sistemas del organismo, a los cuales tiene que controlar.

Desde el punto de vista funcional el sistema nervioso periférico puede dividirse en una parte somática y otra vegetativa. La parte somática está relacionada con el movimiento voluntario del músculo esquelético, mientras que la vegetativa o visceral está relacionada con el movimiento involuntario de órganos y vísceras.

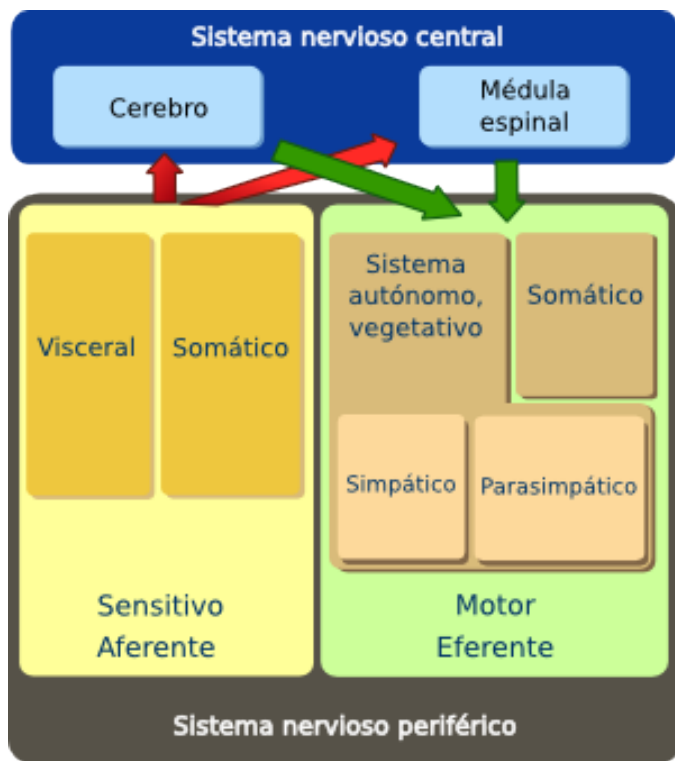


Figura 3: Esquema de los componentes del sistema nervioso.

Nervios

Los nervios son haces de axones, cada uno de los cuales está envuelto por células de Schwann y por tejido conectivo. Los axones se denominan fibras nerviosas que pueden ser amielínicas o mielínicas. Cuando una célula de Schwann rodea a varios axones a la vez, la fibra nerviosa se denomina amielínica (esto ocurre en general con axones de pequeño calibre). Sin embargo, en la mayor parte de los casos, cada célula de Schwann rodea con múltiples envolturas de su membrana plasmática a un único axón, formando entonces fibras nerviosas mielínicas. Cada una de las fibras nerviosas, mielínica o amielínica, está rodeada de una pequeña capa de tejido conjuntivo llamado endoneuro. Grupos de fibras se agrupan en pequeños fascículos y se rodean de un tejido conectivo denominado perineuro. Finalmente, una tercera capa de tejido conectivo denso, el epineuro, une y rodea los fascículos para formar el nervio. En los nervios también hay vasos sanguíneos que en conjunto se denominan vasa vasorum. Los nervios periféricos reciben arterias de los plexos sanguíneos circundantes. En los cortes histológicos paralelos al eje longitudinal de los nervios de las zonas periféricas aparecen como ondulados, de modo que pueden estirarse y relajarse sin verse afectados con los movimientos del cuerpo sin afectar a su integridad. Las raíces nerviosas que salen o entran a la médula espinal tienen menos tejido conectivo y los axones aparecen rectos.

Los nervios pueden ser craneales o raquídeos. Los craneales son aquellos que parten o llegan al encéfalo, mientras que los raquídeos, también denominados espinales, salen o llegan a la médula espinal. A su vez, aquellos que llevan información desde el sistema nervioso central hacia el resto del organismo se denominan eferentes (motores) y aquellos que traen información desde la periferia hasta el sistema nervioso central se denominan aferentes (sensitivos).

Los nervios periféricos craneales asociados con el encéfalo pueden ser eferentes puros, aferentes puros, o mixtos. Se han descrito 12 pares de nervios craneales, que se numeran utilizando números romanos: I-XII. El nervio olfativo (I) y óptico (II) hoy no se consideran nervios en sentido estricto, por lo que nos quedan del III al XII (ver figura).

En el ser humano hay 31 pares de nervios raquídeos que según la región de la columna donde se localicen son: 8 pares en la región cervical, 12 en la torácica, 5 en la lumbar, 5 en la región sacra y un par en la región coxal (ver figura). Cada nervio, excepto el primero cervical que es solamente motor, está formado por una raíz dorsal o posterior (sensitiva) y una raíz ventral o anterior (motora), cada una de las cuales se compone de 6 a 8 raicillas situadas a lo largo de la superficie dorsal o ventral de la médula espinal.

Las raíces dorsales de los nervios raquídeos están formadas por fibras nerviosas aferentes sensitivas que entran en la médula espinal procedentes de un ganglio cercano denominado ganglio espinal o de la raíz dorsal (ver más abajo). Estas fibras aferentes pueden establecer sinapsis con interneuronas en la médula espinal o bien pasar a la sustancia blanca para formar tractos ascendentes o descendentes. La información sensitiva que las raíces dorsales llevan hacia la médula espinal puede ser tanto somática (procedente de receptores localizados en la piel o en las estructuras articulares y musculo-esqueléticas) como visceral (procedente de receptores situados en las vísceras o en los vasos sanguíneos).

Las raíces ventrales de los nervios raquídeos inervan directamente la musculatura estriada esquelética de contracción voluntaria y a los diferentes ganglios periféricos (simpáticos y parasimpáticos) pertenecientes al sistema nervioso autónomo o vegetativo, los cuales, a su vez, inervan la musculatura de contracción involuntaria (lisa y cardíaca). Como ya hemos comentado los somas de las fibras aferentes se encuentran en los ganglios espinales o raquídeos; sin embargo, los somas de las fibras eferentes se localizan en la médula espinal.

Ganglios

Los ganglios son estructuras que contienen los somas de las neuronas localizadas fuera del sistema nervioso central, las cuales dan lugar a parte de las axones que forman los nervios periféricos. Los somas de las células ganglionares suelen ser muy grandes y están rodeados por las denominadas células satélite, que son un tipo de glía periférica. Los somas de las células ganglionares más grandes poseen prolongaciones nerviosas que transmiten información táctil

y propioceptiva y son de conducción rápida (80

Hay ganglios periféricos sensitivos y ganglios vegetativos:

En los ganglios sensitivos o aferentes no se establece ninguna sinapsis. Están formados por neuronas ganglionares sensitivas pseudomonopolares con una prolongación bifurcada. Una de las ramas se dirige hacia la periferia, terminando libremente o contactando con receptores de la piel, la musculatura, las articulaciones o las vísceras del territorio del que recogen información sensorial. A pesar de que esta prolongación morfológicamente parece un axón (incluso presenta vaina de mielina), funcionalmente tiene carácter dendrítico. La otra rama se corresponde con el verdadero axón y penetra en la médula espinal o en el encéfalo. A nivel espinal los ganglios sensitivos están ubicados, como ya se ha comentado, en las raíces dorsales o posteriores de los nervios raquídeos, mientras que a nivel craneal se encuentran asociados con los pares craneales V, VII, VIII, IX y X.

Las neuronas de los ganglios sensitivos envían sus fibras (las que actúan como dendritas) hacia las distintas zonas del cuerpo. Las que son enviadas a la piel pueden terminar de forma desnuda (no encapsuladas) o rodeadas por tejido conectivo u otras células. Estas terminaciones suelen captar información térmica o de dolor, cuando abrazan a los folículos pilosos detectan tacto, o pueden contactar con las células de Merkel de la epidermis. Las encapsuladas suelen detectar estímulos mecánicos con diferentes características y acomodación: presión, vibración, etc. Hay otras dendritas o terminaciones sensoriales que se dirigen a los músculos. En los músculos están los denominados husos musculares que detectan la extensión muscular, y los órganos tendinosos de Golgi que detectan la tensión muscular. Las fibras musculares que componen los husos musculares (intrafusales) están inervadas por terminaciones nerviosas que detectan su grado de estiramiento. En los órganos tendinosos de Golgi las fibras sensitivas nerviosas se encuentran entre el tejido conectivo. Estos receptores se encuentran entre la unión del músculo con el tendón. Las fibras se activan por la tensión del músculo. Toda esta información, desde la piel o desde el interior del cuerpo, llega al soma correspondiente localizado en los gan-

glios sensoriales.

Los ganglios vegetativos o eferentes son aquellos que pertenecen al sistema nervioso autónomo. Contienen somas de las neuronas motoras que inervan los músculos lisos de las vísceras. Son estaciones sinápticas puesto que estas neuronas motoras están inervadas sinápticamente por neuronas localizadas en la médula espinal (preganglionares). Los ganglios vegetativos se clasifican en ganglios simpáticos y parasimpáticos. Los ganglios del sistema nervioso simpático suelen estar localizados en su mayoría formando un cordón paralelo a la columna vertebral, denominado cordón paravertebral, mientras que los parasimpáticos se sitúan mayoritariamente en las proximidades de los órganos que inervan, exceptuando los ganglios parasimpáticos de la cabeza y cuello. Las motoneuronas se comunican con los músculos mediante el neurotransmisor acetilcolina.

Como hemos mencionado, una gran parte de los ganglios simpáticos forman la cadena ganglionar simpática, o paravertebral, los cuales están conectados por puentes de unión. Esta cadena es paralela a la de los ganglios raquídeos y los axones de sus células ganglionares pueden entrar en el nervio raquídeo por medio del ramo comunicante gris (fibras no mielinizadas) y terminar inervando la musculatura lisa de los vasos, las glándulas sudoríparas y seboreicas o los pelos. Otras fibras de estos ganglios paravertebrales siguen su trayecto directo hacia las vísceras formando los nervios viscerales. Existen otros ganglios denominados ganglios simpáticos perivasculares, por localizarse en las proximidades de los grandes vasos.

La vía simpática a la médula adrenal, sin embargo, carece de ganglio y la inervación es directa. Es como si la médula adrenal actuara como el propio ganglio. El sistema simpático está relacionado con multitud de funciones como el aumento de el ritmo cardíaco y presión sanguínea, vasoconstricción y vasodilatación. Las fibras postgangliónicas del sistema simpático (las que salen del ganglio) liberan en su mayoría el neurotransmisor norepinefrina. Excepto en la inervación de las glándulas sudoríparas, en los músculos que erizan el pelo y en algunos vasos sanguíneos, que es la acetilcolina.

Los ganglios parasimpáticos están formados por 4 ganglios parasimpáticos cefálicos y por numerosos ganglios que se encuentran próximos a las vísceras denominados ganglios parasimpáticos yuxtaviscerales o dentro de ellas denominados ganglios parasimpáticos intramurales o entéricos. Las células ganglionares intramurales no forman un único ganglio sino un plexo formado por células que se encuentran dispersas en grupos a lo largo de la víscera. El sistema parasimpático se relaciona, entre otras cosas, con la conservación de la energía, movilidad gastrointestinal, secreción, contracción de la vejiga, etcétera. Las fibras parasimpáticas liberan acetilcolina.

Hay áreas donde se establece una competición entre el sistema simpático y parasimpático como el balance del ritmo cardíaco, o en la dilatación y contracción de la pupila. En otras ocasiones, sin embargo, ambos sistemas cooperan como por ejemplo, el parasimpático es necesario para la erección del pene y el simpático para la eyaculación.

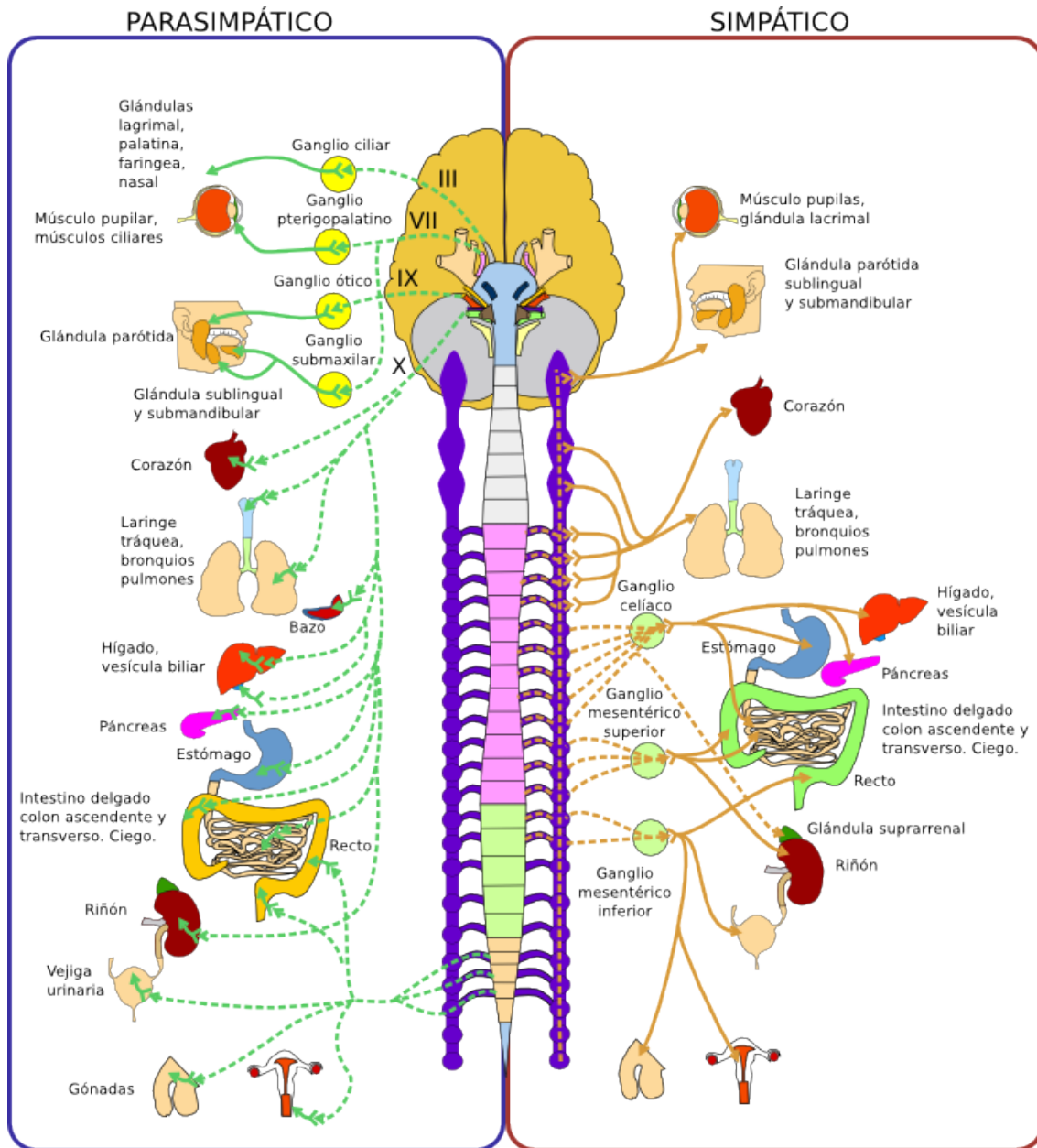


Figura 4: Esquema de los componentes del sistema nervioso periférico autónomo. No todos los órganos o estructuras corporales inervadas aparecen en el esquema. Las líneas discontinuas indican el elemento presináptico y las continuas el postsináptico. No se distingue entre ganglios yuxtaviscerales e intramurales.

3 Imagen; Nervio

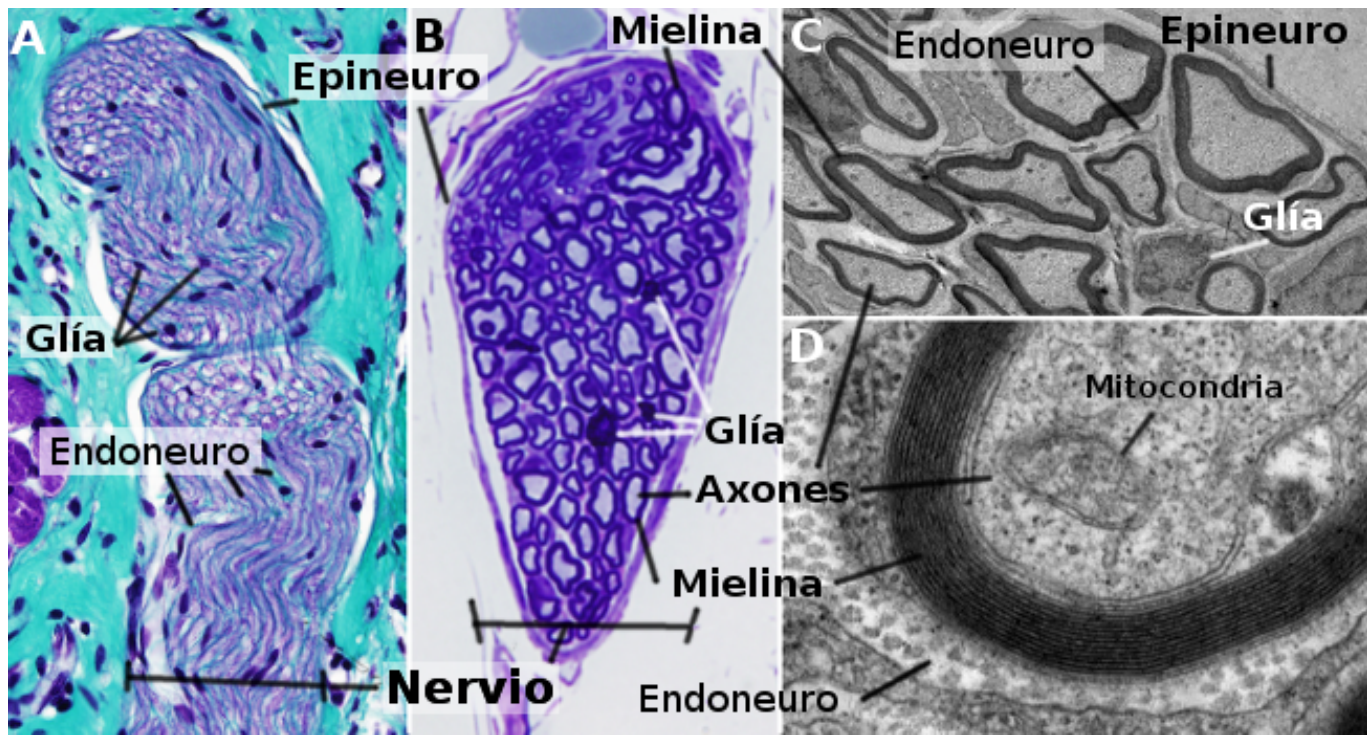


Figura 5: Estructura: nervio. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: A) parafina, tricómico de Masson; B) semifino, azul de toluidina; C y D) microscopía electrónica de transmisión.

Los nervios son haces de axones que se encuentran fuera del sistema nervioso central, encéfalo y médula espinal. Algunos de los nervios son extremadamente largos, como aquellos que van desde la médula espinal hasta la punta de las extremidades.

Los nervios están formados por axones, células de Schwann (glía) y por tejido conectivo. Los axones se denominan fibras y están envueltos por pliegues la membrana plasmática de las células de Schwann. Cuando esta membrana forma muchas capas alrededor del axón, al conjunto de capas se denomina mielina, y a los axones miélinicos. Cuando sólo hay una envuelta, a veces incompleta, los axones se denominan amielínicos.

Las fibras nerviosas, tanto miélinicas como amielínicas, están rodeadas por tejido conectivo que

se denomina endoneuro. Es laxo y rellena el espacio entre axones. Los grupos de axones, denominados fascículos, dentro del nervio se rodean de otra capa de tejido conectivo denominada perineuro. El nervio completo está a su vez envuelto por una capa de conectivo denominada epineuro. Los nervios de mayor calibre suelen tener vasos sanguíneos en su interior, dispuestos entre los fascículos.

Los nervios se clasifican en aferentes, cuando llevan información hacia el sistema nervioso central, eferentes cuando llevan información desde el sistema nervioso central, y mixtos cuando llevan ambos tipos de información. También se pueden dividir en nervios craneales cuando entran o salen del encéfalo y raquídeos o espinales cuando lo hacen de médula espinal.

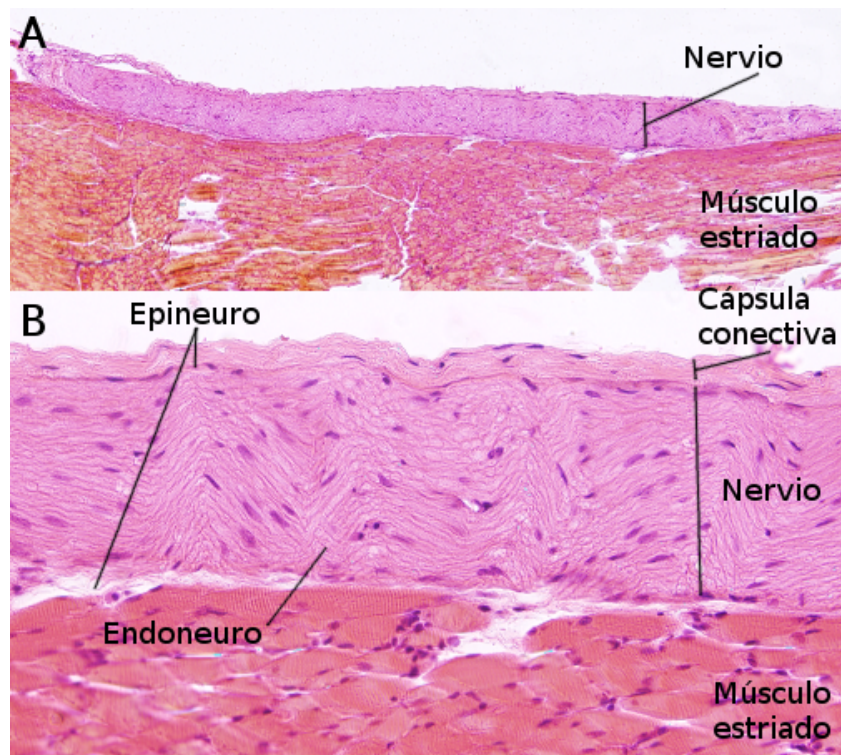


Figura 6: Nervio en la superficie del músculo lingual desde el que saldrán ramas que inervarán los músculos de la lengua. El aspecto en ziz-zag de axones se debe a la contracción durante el proceso histológico. El epineuro es muy delgado y está recubierto por una capa ancha de tejido conectivo que encapsula internamente a una parte de la lengua. El endoneuro no se distingue con facilidad.

4 Imagen; Ganglio

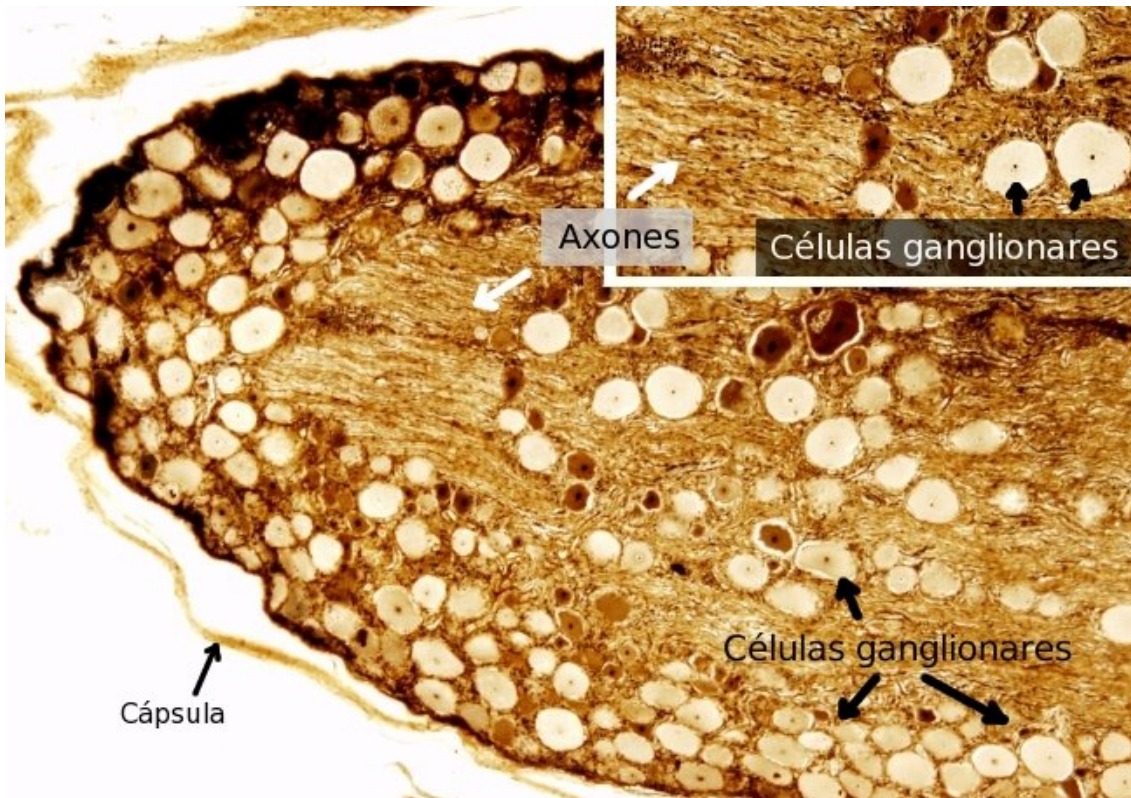


Figura 7: Órgano: ganglio espinal. Especie: ratón (*Mus musculus*; mamíferos). Técnica: tinción argéntica en cortes de 8 micras de parafina.

Los ganglio son estructuras del sistema nervioso periférico formados por neuronas, denominadas ganglionares, que poseen cuerpos celulares muy grandes, puesto que sus prolongaciones son también muy largas. Situadas entre ellas se encuentran las células satélite, un tipo de células

gliales. Rodeando el ganglio se encuentra una capa de tejido conectivo denominada cápsula. Existen diversos tipos de ganglios: sensitivos, motores, presentes en los nervios craneales y en las raíces dorsales de los nervios espinales, y los ganglios del sistema nervioso autónomo.

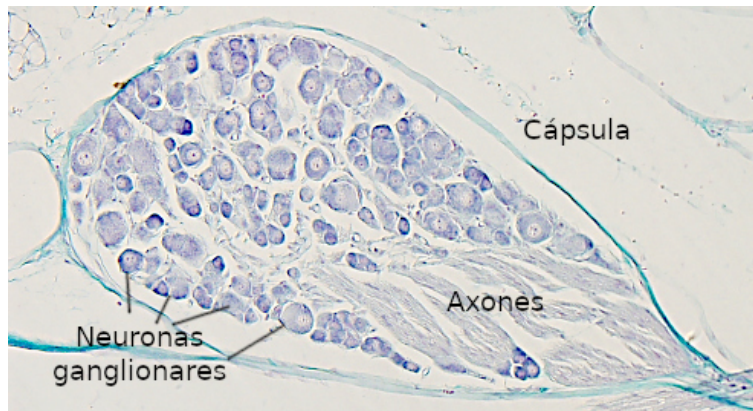


Figura 8: Ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

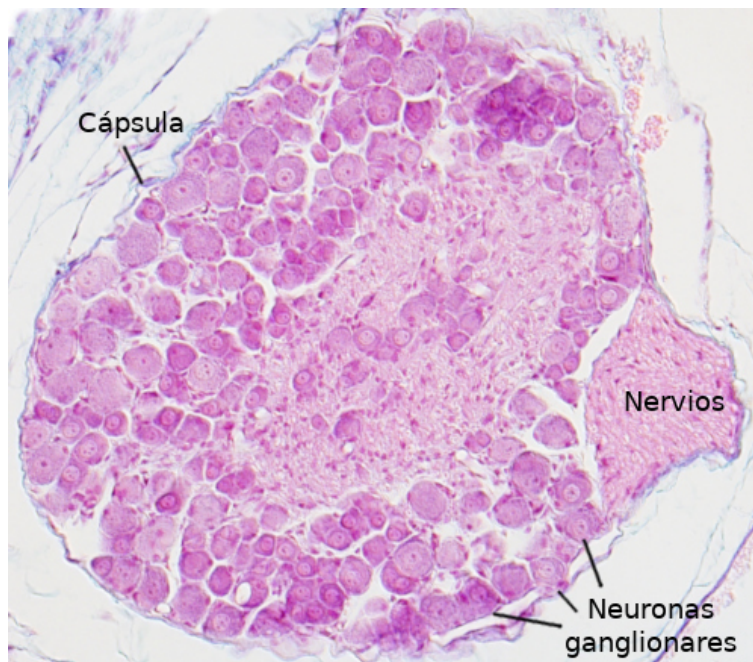


Figura 9: Ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

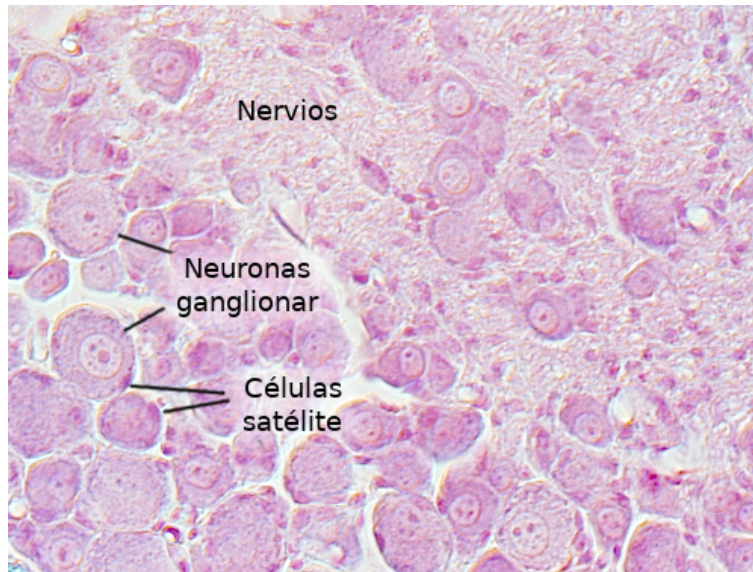


Figura 10: Células ganglionares y satélite de un ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.

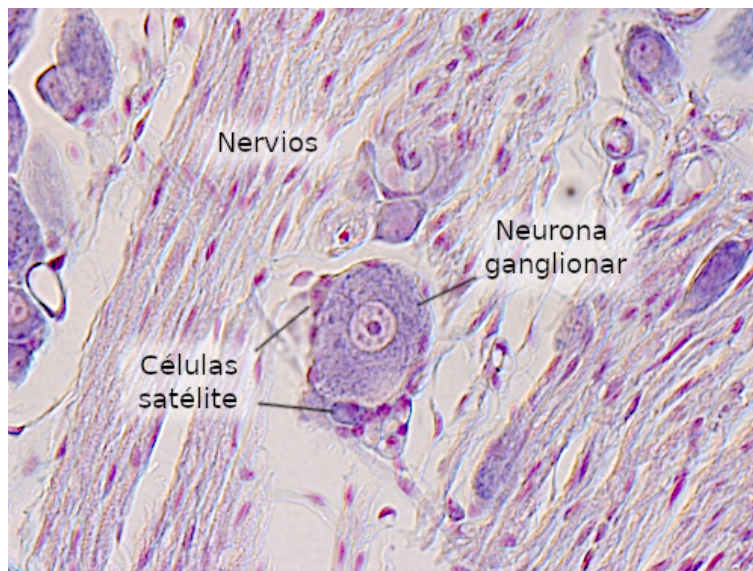


Figura 11: Célula ganglionar y satélite de un ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de Mallory.