



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**MONOGRAFIA DEL TEJIDO
NERVIOSO EN ANIMALES
DOMESTICOS**

T E S I S

que para obtener el titulo de
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

p r e s e n t a

MARIO RODRIGUEZ ROMAN

**ASESORES: MVZ. CARLOS MANUEL APPENDINI TAZZER
MVZ. MARCO ANTONIO FAJARDO ROMAN**

Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

T E J I D O N E R V I O S O

I	RESUMEN	2
II	GENERALIDADES	4
III	NEURONA	9
	Cuerpo o Soma neuronal	9
	Núcleo	13
	Aparato reticular de Golgi	13
	Mitocondrias	14
	Substancia de Nissl o Grupos tigroides	14
	Ribosomas	15
	Reticulo endoplasmico	15
	Lisosomas	17
	Granulos de pigmento	17
	Vesiculas de secreción	18
	Neurofilamentos y Neurotúbulos	19
IV	TIPOS DE NEURONAS	21
V	NEUROGLIA	23
	Astrocitos fibrosos	24
	Astrocitos protoplasmáticos	25
	Astrocitos mixtos	25
	Oligodendrocitos	26
	Microgliocitos	26
	Células ependimarias	28
	Pituicitos	31
	Células de Schwann	31

VI	FIBRAS NERVIOSAS	32
	Dendritas	33
	Axones	33
	Fibras mielínicas	36
	Fibras amielínicas	38
	Degeneración y Regeneración	40
VII	SINAPSIS	45
	Sinapsis eléctrica	45
	Sinapsis química	47
	Neurotransmisores	50
	Tipos de sinapsis	53
	Arco reflejo	58

S I S T E M A N E R V I O S O

VIII	SISTEMA NERVIOSO CENTRAL	60
IX	ENCEFALO	60
	Sustancia blanca	63
	Sustancia gris	63
	Cerebro	63
	Corteza cerebral	65
	Cerebelo	72
	Corteza cerebelosa	72
	Núcleos grises	76
	Asta de Ammon	77
	Nervios craneales	79
X	MEDULA ESPINAL	84
	Sustancia gris	86
	Sustancia blanca	88

XI	MENINGES	91
XII	LIQUIDO CEFALORRAQUIDEO	94
XIII	BARRERA HEMATOENCEFALICA	98
XIV	SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO	99
	Nervios	100
	Ganglios nerviosos	101
	Terminaciones nerviosas	104
XV	SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO	121
	Sistema Nervioso Simpático	125
	Sistema Nervioso Parasimpático	128
XVI	BIBLIOGRAFIA	131

RESUMEN

La enseñanza de la histofisiología del Tejido Nervioso como parte de la formación de un Medico Veterinario Zootecnista, reviste importancia, ya que su contenido es fundamental en el estudio de otras materias básicas pertenecientes al plan de estudios del area Médica y Zootecnica.

Las metas que persigue el texto es que el alumno se de cuenta de cuál es la importancia de estudiar adecuadamente el Tejido Nervioso y como puede aplicar este conocimiento en la practica veterinaria.

En el presente texto se encontraran los conocimientos basicos de la histofisiología del Tejido Nervioso en los animales domesticos.

Este trabajo está destinado a aquellos alumnos interesados en adquirir conocimientos básicos de la histofisiología del Tejido Nervioso, ya sea que estén inscritos en el curso de Citología, Embriología e Histología o que sean alumnos de alguna otra asignatura para la cual sea requisito tener los conocimientos del Tejido Nervioso.

Otro fin perseguido para la realización de este trabajo, es que la gran mayoría de tratados de Histofisiología ya existentes son de Medicina Humana.

Por lo cual la idea de este texto es tratar de resolver la problemática de estudio del Medico Veterinario Zootecnista.

Por otra parte la localización de la Facultad y el numero insuficientes de libros en la biblioteca, contribuyeron a aumentar este problema.

Con el objeto de contar con una fuente de información completa y actualizada se pretenden reunir tres características importantes :

- 1.- Que la información que se maneje sea concisa y facil de entender.
- 2.- Que este actualizado.
- 3.- Se incluyeron cuadros y esquemas que ilustren los aspectos ultraestructurales de las células y tejidos en las principales especies domésticas.

Como se notara las referencias bibliográficas, fueron omitidas en la redacción del texto, con el objeto de no distraer la atención de los lectores que fundamentalmente son estudiantes y así lograr fluides en su lectura y en caso de ser necesario podran consultar la bibliografía que aparece al final del texto

Como parte del programa emergente de libros de texto implementados en la Reforma Universitaria, que tiene como objetivo editar los libros de texto básicos, para las asignaturas elementales de la enseñanza media superior y de las licenciaturas con ediciones sencillas y con formatos económicos, para ofrecerlos a estudiantes de la U.N.A.M. y otras Universidades. Con este texto el alumno de licenciatura de Medicina Veterinaria tendrá a su alcance un escrito sencillo, facil de entender, esquemático y económico.

GENERALIDADES:

Todo el conjunto de elementos que constituyen al tejido nervioso se encuentran organizados de tal manera que forman un complejo grupo de estructuras que en conjunto integran lo que se conoce como sistema nervioso.

Si comparamos los órganos de la circulación y la sangre con la red de carreteras de un país por la que diariamente ruedan los medios de transporte, el sistema nervioso corresponde a la línea telefónica que permite el contacto rápido e inmediato entre diversas partes y, con ello, un gobierno a distancia. De esta forma, el sistema nervioso está brillantemente condicionado para ejercer funciones de regulación y coordinación.

Las funciones del sistema nervioso dependen de su capacidad de percepción de estímulos y de la transmisión e interpretación de las excitaciones. Estas facultades forman parte de las propiedades fundamentales de todo tejido vivo, al igual que el metabolismo, la respiración y la contractibilidad (capacidad de retraerse sobre sí mismo). El más sencillo ser unicelular es capaz de reaccionar a los estímulos del mundo exterior. En los animales multicelulares superiores se desarrolla, sin embargo, un sistema orgánico para este fin. Para la apreciación de los estímulos se forman los receptores sensoriales; para la transmisión, los nervios, y para la elaboración de las respuestas, el encéfalo y la médula espinal. La conservación y continuidad

de la vida dependen del trabajo ordenado del sistema nervioso.

Para que el organismo animal sea más útil al hombre, es preciso que comprenda todo aquello que se exige de él y que conscientemente lo haga; de aquí que sea necesario que el estudio del sistema nervioso en los animales domésticos, no se haga únicamente desde un punto de vista fisiológico y fisiopatológico, sino también desde el punto de vista productivo, tomando en cuenta que el sistema nervioso puede realizar en los animales funciones tales como el aprendizaje, como ejemplo se citan a los animales de tiro, salto, etc. Por otro lado, si se toma en cuenta la relación que existe entre las hormonas y el sistema nervioso, será fácil comprender que el sistema nervioso, por sí mismo, no puede ya considerarse como una unidad únicamente ligada con la vida de relación y vegetativa, sino verse también como integrante de los factores de la producción de carne, leche, huevo, lana, etc. Por esto es importante la organización funcional del sistema nervioso para poder aprovechar a los animales en forma integral.

La posibilidad de sobrevivencia de los animales está ligada en gran parte a su capacidad de responder a las condiciones ambientales y microambientales, continuamente en cambio, para lo cual necesita:

- 1) Dispositivos capaces de percibir y conducir las modificaciones externas e internas (receptores)
- 2) Dispositivos capaces de interpretar y evaluar tales modificaciones.

- 3) Dispositivos capaces de preparar una respuesta adecuada y enviarla a los órganos que pueden restablecer las condiciones de equilibrio.
- 4) Dispositivos capaces de unir y distribuir las informaciones y las respuestas.

Estos diferentes dispositivos forman en conjunto el llamado tejido nervioso; integrado por dos tipos de células altamente especializadas: a) células llamadas neuronas que presentan generalmente largas prolongaciones, encargadas de la propagación de impulsos a una gran velocidad, y con un mínimo consumo de energía; b) células de neuroglia que le dan protección, sostén y alimento al tejido nervioso.

El tejido nervioso se relaciona con los demás tejidos con el objeto de recoger los estímulos determinados por las modificaciones externas e internas, y reaccionar con respuestas adecuadas. Estas funciones las realiza gracias a dos propiedades fundamentales del citoplasma de las células nerviosas:

- 1.- Excitabilidad: Capacidad de responder a los estímulos.
- 2.- Conductibilidad: Capacidad de transmitir las excitaciones o impulsos derivados del estímulo.

Estos mecanismos complicados de funcionamiento necesitan de una diferenciación morfológica y estructural de los elementos celulares que participan, por lo que desde un punto de vista funcional, las células (neuronas) que participan en la función nerviosa se dividen en tres categorías:

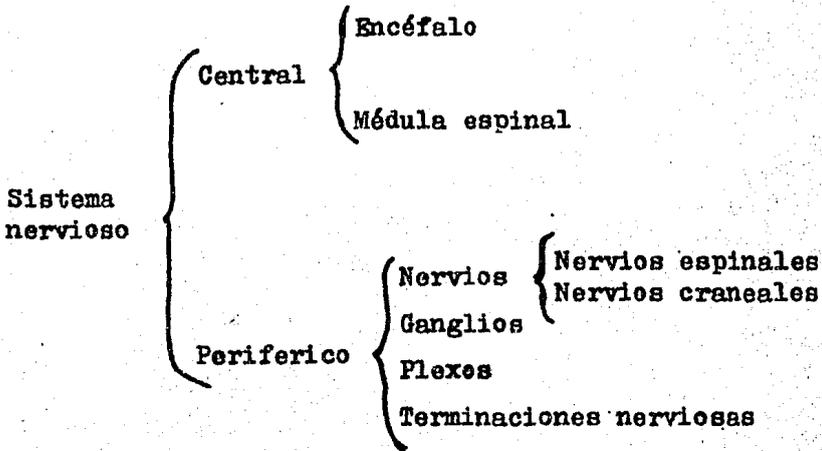
- 1.- Neuronas receptoras: Especializadas en la captación de los diversos estímulos y su transmisión.
- 2.- Neuronas intercalares o de asociación: Transfieren el impulso entre dos células nerviosas.
- 3.- Neuronas efectoras: Llevan el impulso a los órganos efectores (músculos y glándulas).

Tanto desde el punto de vista anatómico como desde el fisiológico, podemos considerar el sistema nervioso como una unidad, aunque por razones prácticas lo dividimos en las siguientes partes :

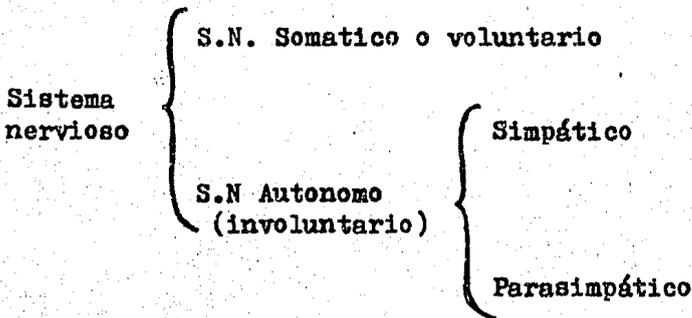
- 1.- Sistema Nervioso Central, que comprende el encéfalo y la médula espinal.
- 2.- Sistema Nervioso Periférico, cuyos nervios transmiten los impulsos motores que activan los músculos y recogen las impresiones sensitivas que nos ponen en contacto con el mundo exterior e informan continuamente al encéfalo, máximo rector del organismo, de todos los acontecimientos que suceden en el interior del cuerpo.
- 3.- Sistema Nervioso Autónomo, encargado de la regulación autónoma de las actividades orgánicas en las que no interviene la voluntad. El Sistema Nervioso Autónomo a su vez se subdivide en dos grandes sistemas:
 - Sistema simpático (ortosimpático o toraco-lumbar).
 - Sistema parasimpático (craneo-sacro).

El Sistema Nervioso comunmente se divide en :

CUADRO I. Clasificación Anatomica



Clasificación Fisiologica



(Tomado y modificado de Lopez-Antunez).

LA CELULA NERVIOSA (NEURONA)

El sistema nervioso se compone de tres elementos básicos: 1) células nerviosas llamadas neuronas; 2) células de neuroglia; 3) elementos del tejido conjuntivo, como células fibroblásticas y sus productos fibrosos, microglia, vasos sanguíneos y líquido extracelular.

La neurona es el elemento fundamental, constituye la unidad morfológica funcional del sistema nervioso; desde el punto de vista morfológico cada neurona se encuentra en contacto (sinapsis) con otras neuronas por medio de sus prolongaciones. De este modo cada neurona constituye un segmento interconector en la red del sistema nervioso. Funcionalmente cada neurona es un elemento integrador, conductor y transmisor de información codificada.

Todas las neuronas se desarrollan a partir de un tipo de célula primordial llamada neuroblasto (figura 1) .

La diversidad de formas y tamaños de las neuronas es probablemente mayor que la de cualquier otro tipo de células de nuestro organismo; sin embargo a pesar de esta gran diversidad todas ellas tienen ciertas cualidades comunes, como son: su especial capacidad para reaccionar a los estímulos, transmitir rápidamente la excitación resultante a otras porciones de la célula, e influir en el funcionamiento de otras neuronas, células musculares y células glandulares.

Una neurona típica consta de un cuerpo celular (soma, pericarión, célula nerviosa propiamente dicha) y de delgadas

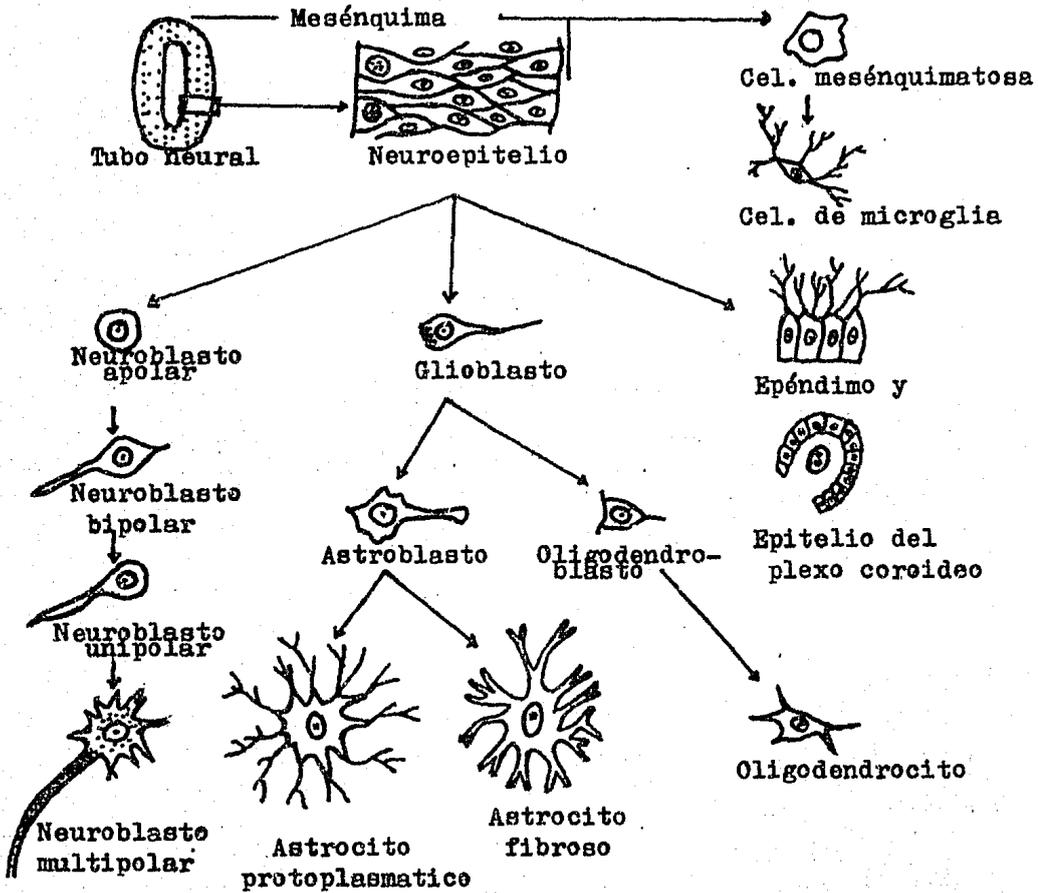


FIGURA 1. Esquema que ilustra la histogénesis de las células del sistema nervioso.

(Modificado de Ham, Lesson, Lopez-Antunez).

prolongaciones fibrosas - un axon y varias dendritas. El término soma a menudo se usa en forma combinada: por ejemplo, una sinapsis axosomática es la que se realiza entre un axón y un cuerpo celular. El término pericarión se refiere a la región que rodea al núcleo (figura 2).

El cuerpo de la neurona varía en forma y tamaño. Puede ser esférico, piramidal, fusiforme, piriforme, estrellado, etc. y mide entre 4 y 135 micras de diámetro. Está constituido por citoplasma y núcleo. El citoplasma es rico en retículo endoplásmico rugoso y liso (figura 3).

ESTRUCTURA Y ULTRAESTRUCTURA DE LAS CELULAS NERVIOSAS

Para la descripción de algunas partes de la célula nerviosa, se utiliza una terminología especial:

Neuroplasma	----	Citoplasma del pericarión
Axoplasma	----	Citoplasma del axón
Axolema	----	Membrana plasmática del axón
Neurosomas	----	Mitocondrias (este se usa poco)
Grumos de Nissl	--	Ergastoplasma
Neurotúbulos	---	Microtúbulos
Neurofilamentos	-	Microfilamentos

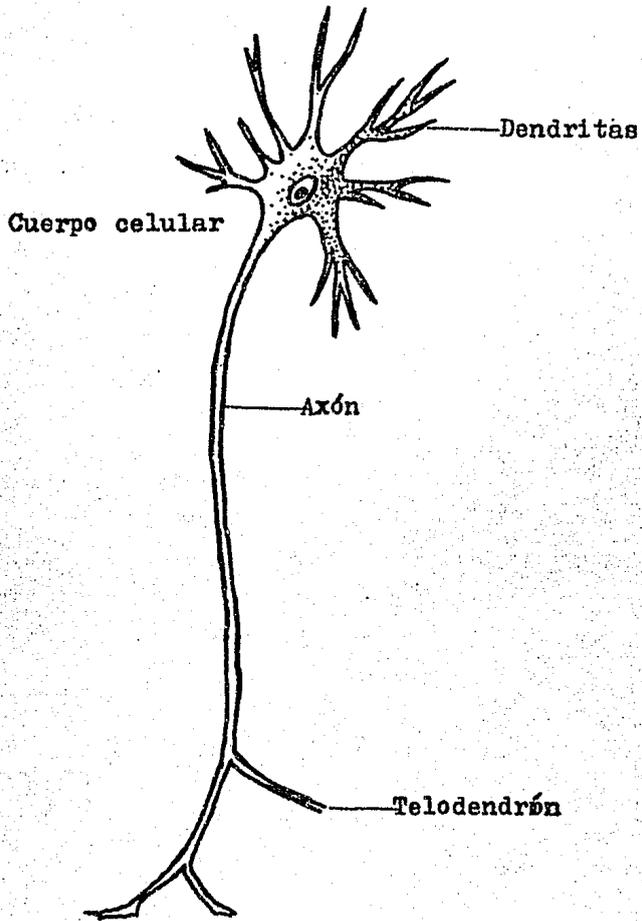


FIGURA 2 Esquema de la estructura general de una neurona.

(Tomado de Lesson, Noback, Trautman).

NUCLEO

El núcleo de las células nerviosas es generalmente esférico, con un volumen relativamente grande en relación al pericarion, en algunas neuronas es en realidad pequeño si se toma en cuenta la longitud de las dendritas y del axón.

La cromatina es escasa (núcleo de cara abierta) generalmente más abundante en la periferia cerca de la membrana nuclear.

El nucleolo se observa claramente. Su posición puede ser central o excéntrica, pero parece ser que esta posición está en relación con el tipo de neurona, es decir, en algunas células siempre es central (si se encuentra excéntrica en éstas, tal vez sea el primer signo de degeneración celular) y en otras siempre es excéntrica. En algunas neuronas de los ganglios simpáticos (especialmente en los roedores), se observan dos núcleos.

En gran parte de las neuronas de las hembras, y en un 3.5% de los machos, se observa la cromatina sexual o corpúsculo de Barr. En los procesos de regeneración de la célula nerviosa, el núcleo aumenta su volumen.

APARATO RETICULAR DE GOLGI.

Se encuentra bien desarrollado, generalmente formado por pequeñas cisternas tubulares dispuestas alrededor del núcleo, su volumen es reducido (sobre todo en relación con el retículo endoplásmico y el del ergastoplasma). En algunos nervios el aparato de Golgi puede presentar pequeñas vesículas que se separan de ella, esto es cierto en las células neurosecretoras, pero no excluye a ellas, ya que estas vesículas en otras células, pueden emigrar hasta la terminación nerviosa sináptica del axón. Durante los procesos de regeneración neuronal el aparato de Golgi aumenta su tamaño.

MITOCONDRIAS.

Son numerosas, se encuentran presentes en el pericarión y en los procesos dendríticos y axón. Cuando se encuentran en las dendritas o axón son delgadas y con las crestas orientadas según el eje mayor. Su matriz es electrodensa, las mitocondrias tienen la capacidad de desplazarse fácilmente en el citoplasma, por lo que se ve facilitada su función primaria del metabolismo oxidativo, del cual las neuronas son dependientes, mucho más que otras células del cuerpo. Además las mitocondrias proporcionan iones de calcio y tal vez de magnesio, necesarios para la función nerviosa.

SUBSTANCIA DE NISSL O GRUMOS TIGROIDES

AL microscopio óptico se se presenta como masas basofílicas de dimensiones y densidad variable, esparcidas en el citoplasma del pericarión y en el inicio de las dendritas.

Al microscopio electrónico se ha observado Ergastoplasma aún en las porciones más distales de las dendritas, pero en pequeña cantidad, que no se observa al microscopio óptico. En las neuronas piramidales de la corteza cerebral y en las neuronas motoras del asta anterior de la médula espinal, se observa en forma de bloques muy gruesos, que miden algunas micras; en otras células como las neuronas sensitivas de los ganglios cerebrospinales, la sustancia de Nissl se observa finamente dispersa, o sea que el desarrollo del retículo endoplásmico es variable dependiendo del tipo celular (algunos autores clasifican a las neuronas dependiendo del desarrollo de la sustancia de Nissl en oscuros, intermedios y claros).

Los gránulos de Nissl se forman porque el ergastoplasma se organiza en zonas, cada zona contiene varias cisternas paralelas, planas y cercanas entre si, rodeadas por una gran cantidad de ribosomas, la comunicación entre las cisternas es abundante, o sea, son ramificadas.

La substancia de Nissl está sujeta a notables modificaciones en condiciones variadas, por ejemplo, disminuye durante la fatiga y también si se corta el axón (crematelisis); es abundante durante la fase de crecimiento de las dendritas y axón y durante la regeneración del axón. Por lo anterior, parece ser que la substancia de Nissl interviene activamente en la síntesis del material proteico necesario, para el crecimiento de la célula, y cuando la célula ha terminado de crecer, continúa produciendo el material proteico necesario para la renovación de las estructuras celulares, y en particular del axón.

RIBOSOMAS.

Además de los asociados a la substancia de Nissl, se observan en menor cantidad, repartidos por todo el neureplasma, con excepción del axón.

RETICULO ENDOPLASMICO.

Se observa por todo el citoplasma incluyendo el axón, pero escasamente desarrollada, su forma es la de tubos o cisternas aplanadas, sobre todo cuando están cerca de la membrana plasmática. Se han observado uniones entre el retículo endoplásmico y el ergastoplasma. Se ha asociado con la producción de lípidos como en otras células, pero además, tiene una función importante

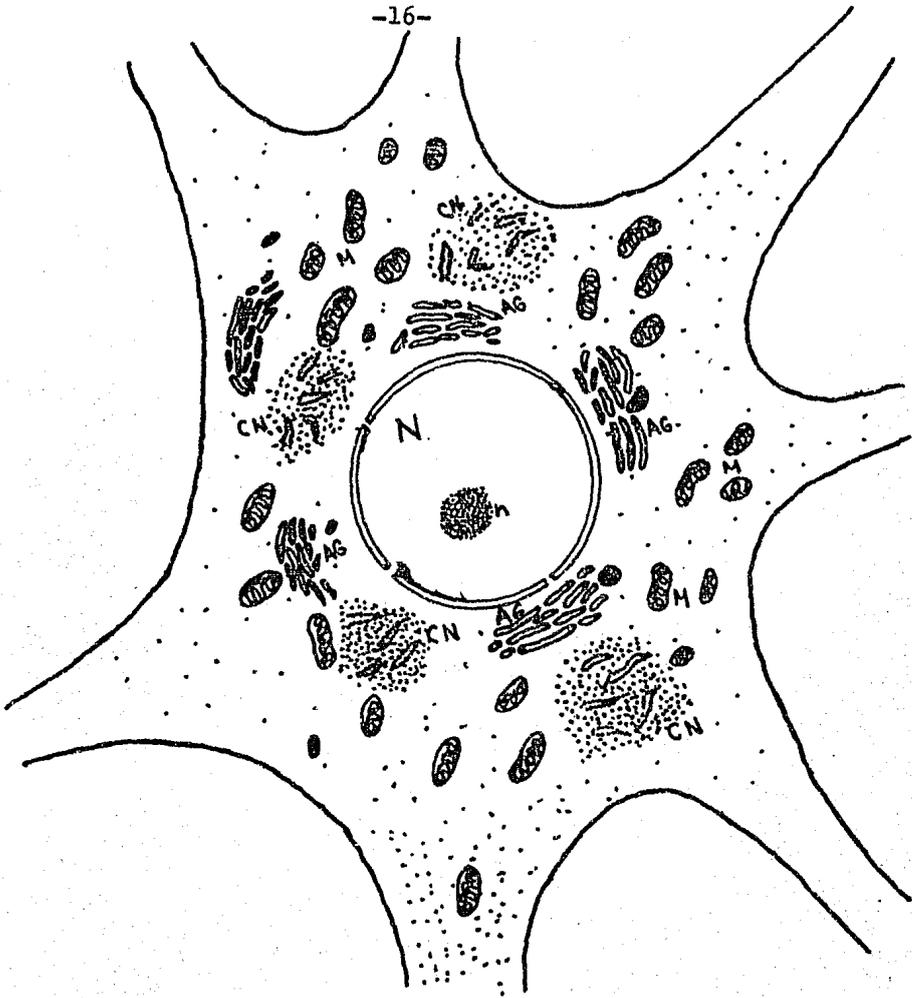


FIGURA 3 Esquema de un soma neuronal donde se observan el núcleo (N) nucléolo (n) cuerpos de Nissl (CN), mitocondrias (M), aparato de Golgi (AG).

(Tomado de Junqueira).

en el transporte de substancias de una parte de la célula a otra.

LISOSOMAS.

Son similares a las de otras células, más numerosas en el pericarión, llegando a medir 0.2 a 0.5 micras. La mayor parte de ellos, contienen un material finamente granular, otros presentan un material heterógeno formado por membranas, vesículas y gránulos densos. Se han observado estados intermedios entre lisosomas y gránulos de pigmento.

GRANULOS DE PIGMENTO.

En algunas células nerviosas se puede observar gránulos de pigmento negro y gránulos de pigmento amarillo.

1.- GRANULOS DE PIGMENTO NEGRO.- Es una característica específica y constante de algunas regiones del SNC como el locus niger, locus caeruleus, núcleo rojo y el núcleo dentado del cerebelo. Se trata de acumulos de Melanina, entre las manchas de la sustancia tigrada y a veces en el tracto inicial de las dendritas. El pigmento se observa desde la vida fetal y aumenta durante todo el crecimiento. Cuando es muy abundante el pigmento, el núcleo se desplaza. No se conoce con certeza el significado funcional, sin embargo es posible que refleje un tipo de metabolismo especial. La melanina está relacionada metabólicamente con la adrenalina y noradrenalina, de las cuales se sabe están relacionadas con la transmisión de los estímulos de las sinápsis; o tal vez la presencia de melanina en las neuronas puede tener un carácter accidental sin significado funcional. Algunos autores mencionan que con la edad, el pigmento melanina disminuye.

2.- GRANULOS DE PIGMENTO AMARILLO O DE LIPOFUCHINA.- Se encuentra principalmente en las neuronas de gran tamaño y en los animales más viejos. Se presenta en forma de gránulos de tamaño variable, distribuidos uniformemente por todas las células o en una zona particular. En las células piramidales de la corteza cerebral, generalmente se sitúan cerca del "cono-axónico". Morfológicamente se presentan lobuladas, conteniendo vacuolas y láminas membranosas en una matriz finamente granular. Químicamente es un lipocromo que pertenece al grupo de las lipofuchinas; tal vez se forme a partir de los lisosomas, de las cuales representaría un corpúsculo residual, que la célula es incapaz de eliminar, aumentando progresivamente con la edad; como estas células son incapaces de dividirse, se ha considerado a este pigmento como la consecuencia de fenómenos de envejecimiento.

VESICULAS DE SECRECIÓN.

Se observan en todas las células en el área de asociación con otras neuronas o con las estructuras efectoras, en este caso se habla de vesículas sinápticas, que contienen la sustancia química llamada en forma genérica neurotransmisor. En algunas células, particularmente las neuronas secretoras del hipotálamo presentan vesículas, que se relacionan con las hormonas secretadas por estas células.

NEUROFILAMENTOS Y NEUROTUBULOS.

En la microscopia óptica se pone de manifiesto con técnicas especiales como las impregnaciones argentícas, una gran cantidad de estructuras fibrilares, localizadas tanto en el pericarión como en sus prolongaciones dendríticas y axón. Con el microscopio electrónico se manifiestan como estructuras de longitud indefinida en forma de microfilamentos (neurofilamentos), y microtubulos (neurotúbules). La distribución de las neurofibrillas y neurotúbules varía en las diferentes partes de la neurona.

Los dos se observan entre la substancia cromófila del pericarión aparentemente con una prevalencia de neurofilamentos, en el axón son más numerosos los neurofilamentos y en las dendritas los neurotúbules. Los neurofilamentos presentan un diametro de 80-100 Å y es posible observar una pequeña cavidad de 30 Å. Están formados por unidades proteicas globulares enrolladas en espiral.

Los neurotúbules presentan un diámetro de 200 a 250 Å con un lumen de 100 a 150 Å. Su pared esta formada por proteínas globulares reunidas en 11 a 14 filas en espiral, en la luz del tube, en ocasiones se encuentra un material denso de aproximadamente 50 Å. El peso molecular de las proteínas globulares es menor que el de las neurofibrillas, contiene una estructura de aminoácidos similar al de la actina del músculo (actina G), pero difieren por el nucleótido adenosindifosfato (ADP) para la actina y Guanidin Trifosfato (GTP) en los neurotúbules.

Los neurotúbules de las células nerviosas son similares a los encontrados en otras células (microtúbules de los cilios y del huso acromático, etc.) y como éstos resisten la acción del frio

y de algunos alcaloides.

La función de los neurofilamentos y neurotúbulos no se conoce, se sabe que no intervienen en la transmisión del impulso nervioso (éste se efectuará a nivel de membrana), se conoce también que se encuentran en células de la neuroglia, lo cual ayuda a excluir su intervención en la transmisión de estímulos.

Tal vez su función la desarrollan condicionando la forma de las células nerviosas y darles a las prolongaciones un soporte mecánico, o bien, recientemente se mencionan que intervengan en el transporte de sustancias del pericarión a las prolongaciones citoplasmáticas.

OTRAS ESTRUCTURAS DEL CITOPLASMA.

En el cuerpo celular y las prolongaciones de algunas neuronas como en los ganglios simpáticos se han observado estructuras filamentosas y cristalinas de aproximadamente 5 micras, PAS positivas, cuyo significado funcional se desconoce, son más numerosas durante la gestación.

TIPOS DE NEURONAS

Existen dos grandes tipos de neuronas, las que participan en la conducción y transmisión del impulso nervioso (neuronas transmisoras) y las que secretan neurehormonas (neuronas neurosecreteras). Las neuronas transmisoras son las más abundantes y las neurosecreteras sólo se localizan en sitios específicos como los núcleos grises hipotalámicos.

Las neuronas presentan una gran variedad de formas, tamaño y número de prolongaciones.

- Los cuerpos celulares tienen una gran variedad de formas: hay neuronas ovoidales, piramidales, fusiformes, estrelladas, piriformes, de contorno irregular etc (figura 4) .

- Atendiendo al tamaño del soma hay : Neuronas de gran tamaño neuronas intermedias y microneuronas

- Tomando en cuenta el número de prolongaciones existen:
 - a) La neurona unipolar: es una célula nerviosa con una corta prolongación que se divide en dos largas ramas secundarias, sólo se localiza en el sistema nervioso en desarrollo.
 - b) La neurona bipolar: es una célula nerviosa con un axón y una dendrita
 - c) La neurona multipolar: tienen muchas dendritas cortas y un axón largo.
 - d) Célula amácrina: esta célula carece de axón y la conducción del impulso es en cualquier sentido a lo largo de su única prolongación que posee características de dendrita.

- De acuerdo a la longitud del axón: Células de Golgi tipo I (axón largo) y células de Golgi tipo II (axón corto).

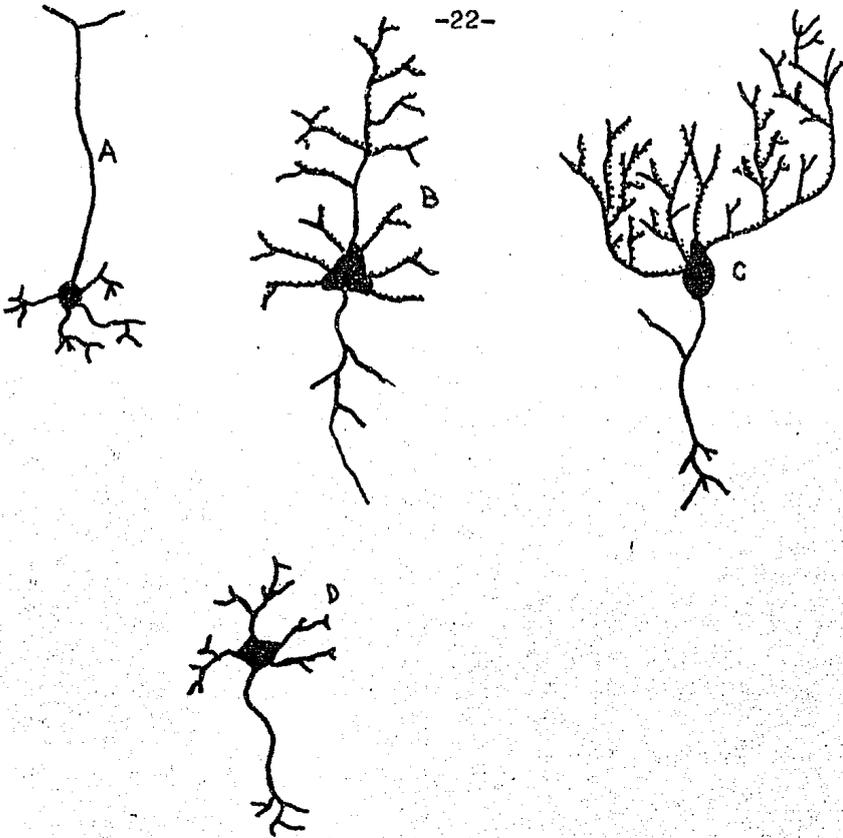


FIGURA 4 Esquema de neuronas con diferentes formas del soma: A) Neurona sensorial de tercer orden que conduce del tálamo a la corteza parietal. B) Neurona piramidal de la corteza cerebral. C) Célula de Purkinje del cerebelo. D) Neurona autónoma preganglionar.

(Modificado de Banks, Ham).

NEUROGLIA

En las diferentes partes del Sistema Nervioso Central, no se encuentra el Estroma de conjuntivo presente en los otros sistemas o aparatos, de hecho, en el SNC, sólo se encuentra tejido conjuntivo en las membranas que lo revisten (meninges) y alrededor de los vasos sanguíneos presente solo como delgadas membranas reticulares.

Por otro lado, en el SNP si se encuentra tejido conjuntivo en los nervios y en los ganglios nerviosos.

En el SNC, el material de relleno está formado por las células de la neuroglia o gliocitos, por la sustancia fundamental amorfa (diferente de la del tejido conjuntivo) y faltan los elementos de la sustancia fundamental fibrilar. Las células de la neuroglia o simplemente Glia, presentan a grose modo las mismas funciones propias del tejido conjuntivo de otros órganos, como son la función de sostén, función trófica en tanto que intervienen en la difusión de los materiales nutritivos para la neurona y por último la función de defensa, incluyendo los procesos de reparación. Estas funciones se desarrollan con la intervención de elementos morfológicos diferentes a los del tejido conjuntivo, pero los resultados que se obtienen son prácticamente las mismas.

Los elementos de la Glia tienen su origen en el ectoderme, con excepción de las células de la microglia que se originan en el mesénquima.

En el SNC, el número de células gliales son 10 veces mayor al de las neuronas, sin embargo, el volumen es más o menos igual al de las neuronas, tomando en cuenta el pericarión y las fibras.

Clasificación de las células de la neuroglia:

- 1.- Macroglia: A.- Astrocitos fibrosos
B.- Astrocitos protoplasmáticos
C.- Astrocitos mixtos
D.- Oligodendrocitos
- 2.- Microglia
- 3.- Células ependimarias
- 4.- Pituicitos
- 5.- Células de Schwann (algunos autores no las consideran como células de la neuroglia)

Astrocitos fibrosos (o de Prolongaciones largas).

Presentan un cuerpo celular en forma estrellada, del cual parten filamentos delgados y largos, estas prolongaciones recuerdan a las dendritas, diferenciándose por no presentar las espinas características de estas (figura 5).

Estas células son muy numerosas en la sustancia blanca del encéfalo y médula espinal, en donde forma una red entre la cual corren las fibras nerviosas.

En el cuerpo celular y en las prolongaciones del protoplasma se observan numerosos microfilamentos de aproximadamente 100 Å de diámetro que se unen en haces para formar los gliofilamentos. Las prolongaciones protoplasmáticas pueden terminar libres, o bien pueden relacionarse con los capilares mediante un ensanchamiento o bien enrollándose en espiral alrededor de ellos, formando los "pies chupadores" o los "pies vasculares de Cajal". Estas células presentan pocas estructuras citoplasmáticas y aparentemente tienen un metabolismo lento, sólo son abundantes los gliofilamentos. Un tipo característico de astrocitos fibrosos son las llamadas "Fibras de Bergman", que se encuentran intercaladas entre las células de Purkinje del cerebelo, de su cuerpo celular parten las proyecciones del citoplasma, y con un trayecto ondulante llegan a la parte más externa de la corteza-

cerebelosa. Su función es mantener separadas las neuronas, sostenerlas y formar parte de la barrera hematoencefálica, interviniendo en el transporte de sustancias, de la sangre a las células nerviosas.

Astrocitos Protoplasmáticas (o de Prolongaciones cortas)

Se encuentran principalmente en la sustancia gris, su cuerpo celular presenta forma estrellada, por la gran cantidad de proyecciones protoplasmáticas, cortas, gruesas, y de contenidos espinosos que presenta. Estas prolongaciones pueden terminar libres y algunas de ellas se relacionan con los capilares mediante una estructura en forma ventosa, iguales a los observados en los astrocitos fibrosos (pies chupadores). Algunos astrocitos protoplasmáticos se relacionan con el pericarión de las neuronas, rodeándola como si fuera una capa. En el citoplasma fundamentalmente en el de las prolongaciones se observan gránulos esféricos llamados Gliosomas. Presentan un número menor de Gliofilamentos, el retículo endoplásmico es abundante (figura 5).

Las prolongaciones de los astrocitos protoplasmáticos se relacionan bastante con las fibras nerviosas. Sus funciones son similares al de los astrocitos fibrosos.

Astrocitos mixtos

Son mucho menos numerosos que los dos tipos ya mencionados y existen solamente en las zonas de transición entre las sustancias blanca y gris. Estos astrocitos presentan en la misma célula prolongaciones fibrosas y protoplasmáticas. Las primeras se dirigen a la sustancia blanca y las segundas a la gris.

Oligodendrocitos

Son células pequeñas de núcleo esférico y cromatina concentrada, particularmente evidente en relación con la membrana nuclear. Del cuerpo celular parten 4 a 6 prolongaciones cortas y de cuerpo sinuoso. Contienen muchas mitocondrias, ergastoplasma y microtúbulos (figura 5) .

Son las células gliales más numerosas. Pertenecen a este tipo las células que revisten el cuerpo celular de las neuronas del eje cerebro espinal, y células del simpático llamadas "anfiocitos". Cuando se encuentran en la sustancia gris, cerca del pericarión, se llaman "satelites", y en la sustancia blanca se denomina "interfascicular".

Las funciones de los oligodendrocitos están relacionadas en el mantenimiento y nutrición de las neuronas y la formación de la mielina en el SNC. La capa de mielina se forma a partir de una de las proyecciones del protoplasma del oligodendrocito, la cual se relaciona con la fibra nerviosa y se enrolla varias veces. En el SNC, el cuerpo de la célula de oligodendroglia rara vez se encuentra en contacto con la fibra nerviosa, es sólo las proyecciones de la membrana.

En ocasiones, el oligodendrocito presenta excavaciones en su superficie, como "nichos", entre las cuales pasan fibras nerviosas.

Microglia (Mesoglia o Células pequeñas de Hortega)

Son células pequeñas de núcleo también pequeño, ligeramente alargado. Las células son ramificadas, de contornos espinosos.

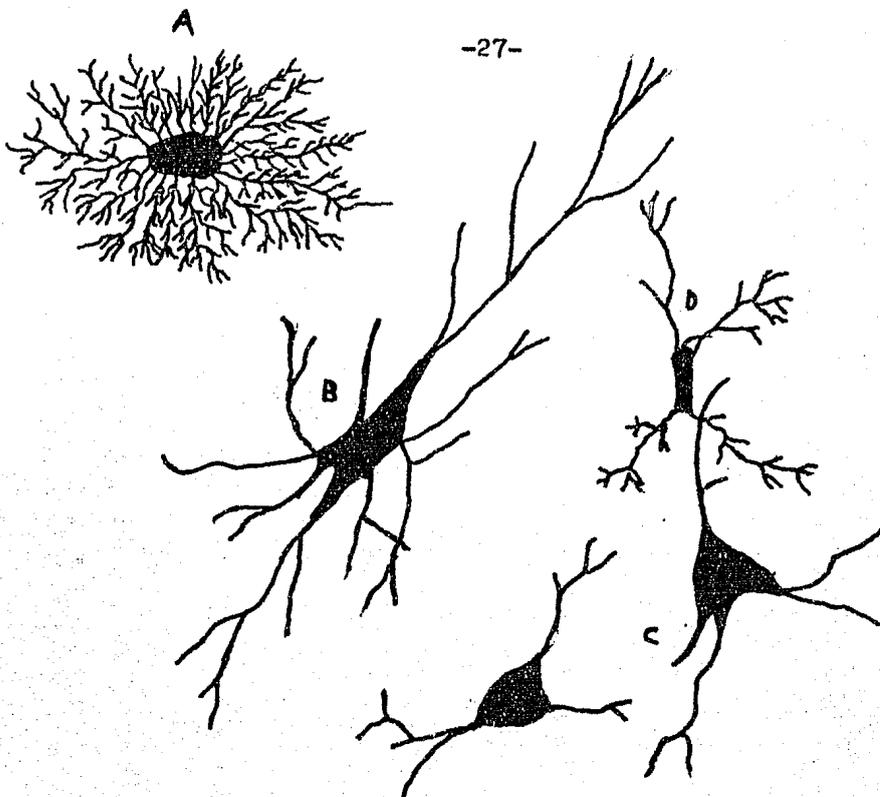


FIGURA 5 Esquema de los diversos tipos de células de la neuroglia:

- A) Astrocito protoplasmático
- B) Astrocito fibroso
- C) Oligodendrocito
- D) Microglia

(Tomado de Dellman)

Son abundantes en las sustancia gris, cerca del cuerpo celular, y en la sustancia blanca se observan en menor número cerca de los capilares (figura 5).

Son células que se originan en el "mesenquima", y llegan al tejido nervioso en las fases finales de su formación en el embrión; llegan acompañando a la formación de los vasos sanguíneos.

Son realmente células en "estado histocitario", las cuales pueden modificarse bajo diferentes estímulos y toman la apariencia y función de los macrófagos. En su citoplasma se observan cuerpos de inclusión y material fagocitado (cuerpos de Gluge).

Su morfología y contenido citoplasmático recuerda a las células histocitarias y macrófagos, de las cuales son una variante.

Células endimarias

Se denominan también neuroglia epitelial, por un aspecto morfológico y por sus relaciones entre si, que recuerdan al observar en las células epiteliales de revestimiento. Es la Glia filogenéticamente más antigua, sólo esta se encuentra en los vertebrados inferiores, y la primera en aparecer durante la ontogénesis. Las células endimarias tapizan internamente las paredes del canal endimario, de los ventrículos cerebrales y revisten los plexos coroideos (figura 6).

Durante las primeras fases de desarrollo del tubo neural las células endimarias son muy largas, y presentan cilios hacia las cavidades, posteriormente los cilios desaparecen o solo se encuentran en algunas sedes (en los peces y en los anfibios permanecen los cilios en toda la vida animal).

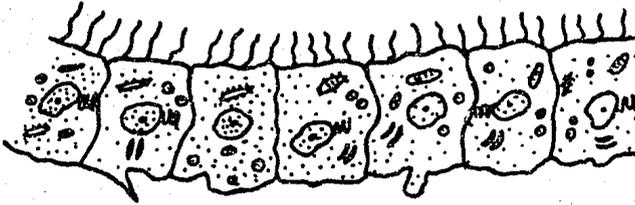


FIGURA 6 Esquema de ependimocitos donde se observan los cilios.

(Tomado de Tolosa)

En la médula espinal, en relación con los surcos ventral y dorsal son muy largas, forman el llamado cono endimario ventral y dorsal llegan a relacionarse con la pia-madre.

En los otros sectores, las células presentan forma cilíndrica, con núcleo basal, en su base presentan ramificaciones de longitud variable; hacia el polo apical se presentan microvellosidades y en algunas células cilios, como ya se mencionó. En el citoplasma se encuentran numerosos microfilamentos.

Las células endimales que revisten los plexos coroideos forman en conjunto la llamada lámina epitelial de la tela coroidea. Presentan forma cúbica, en un solo estrato, fijas todas en la membrana basal. El núcleo es grande, esférico sobre las caras laterales, las células presentan uniones fuertes. En el polo apical se presentan numerosas microvellosidades, ligeramente globosas hacia la superficie libre.

Tienen la capacidad de tomar los colorantes vitales.

Estas células intervienen, en forma importante en la elaboración del líquido Cerebro Espinal.

Un tipo particular de células endimarias (para algunos autores) son las llamadas "fibras de Muller" de la retina, que ocupan todo el espesor de ésta. Su núcleo se encuentra en una porción más gruesa de la célula, correspondiente a la capa de gránulos internos de la retina; hacia arriba y hacia abajo del núcleo la célula es delgada y presenta invaginaciones de la membrana, las cuales se relacionan con las células nerviosas de la retina (fotorreceptores células bipolares y células multipolares). Hacia la parte interna de la retina, las células presentan ramificaciones en forma de cono las cuales se unen entre si y forman la membrana limitante interna de la retina.

Pituicitos

Se denominan pituicitos las células gliales presentes en la neurohipófisis. Fueron descritas en principio como las células que formaban esta porción de la hipófisis. Actualmente se reconocen como células semejantes a los astrocitos.

Células de Schwann

Reciben también el nombre de schwannocitos y neurilemocitos. Son las células gliales más abundantes en el sistema nervioso periférico y se localizan asociadas a las fibras nerviosas. Están separadas del conjuntivo adyacente por una membrana basal. Presentan un núcleo oval con cromatina concentrada. El citoplasma contiene mitocondrias, lisosomas, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplásmico rugoso bien desarrollado y diversas inclusiones. Estas células tienen capacidad de multiplicarse por mitosis durante el proceso de reparación de fibras nerviosas lesionadas, asimismo tienen capacidad para fagocitar fragmentos de fibras nerviosas producto de nervios lesionados. Estas células, cuando proporcionan mielina a las fibras nerviosas, lo hacen sólo a una fibra, a diferencia de los oligodendrocitos, en el sistema nervioso central, que suelen proporcionar mielina a varias fibras nerviosas a la vez. En cambio cuando las fibras no presentan mielina, varias de éstas suelen asociarse a una célula de Schwann.

FIBRAS NERVIOSAS (AXON Y DENDRITAS)

Las neuronas tienen dos tipos de prolongaciones: dendritas (dendrones) y axones. La neurona típica tiene dos o más dendritas que se ramifican y se extienden hacia la periferia o lejos del cuerpo celular, y un solo axón (axis o eje, cilindro, neuroaxón). En estas neuronas el cuerpo celular y sus dendritas forman la porción receptora o dendrítica, en tanto que el axón constituye la conductora. La zona receptora recibe y procesa impulsos que producen una respuesta graduada decreciente. La zona conductora transmite impulsos, potenciales de acción que proceden de la zona receptora y que son de carácter decreciente. Algunas neuronas especializadas pierden su axón (anaxónicas), conservando solamente el cuerpo celular y las dendritas, como las células amacrinas bipolares y horizontales de la retina y las células granulosas del bulbo olfatorio. Funcionalmente estas neuronas conforman, en conjunto, zonas dendríticas.

Las dendritas son verdaderas extensiones protoplasmáticas del cuerpo celular; tienen el mismo patrón constitutivo y funcional de éste, y en cierto sentido son la expresión estructural que permite a la neurona obtener una gran superficie de recepción.

El axón, por el contrario, es una verdadera prolongación de la neurona.

Dendritas:

Las dendritas son extensiones relativamente cortas, que se originan en porciones basales y después de un trayecto se dividen. El tronco y las ramas se subdividen a su vez varias veces; dos ramificaciones lisas divergen formando un ángulo agudo cuyo vértice está orientado hacia la neurona. Se observan también pequeñas excrescencias de varios tamaños que forman las llamadas espinas dendríticas o gémulas (se trata de estructuras sinápticas). Las espinas no existen en la base de los largos troncos ni en los cuerpos celulares, y algunas constan de un segmento con terminaciones bulbosas en forma de nota musical; este tipo de espinas es la más común; otras son gruesas como conos y con terminaciones bulbosas de varios tamaños. Muchas neuronas piramidales de la corteza cerebral tienen alrededor de 4000 espinas por célula; en estas neuronas la superficie de las espinas llega a constituir el 40% del área total de las dendritas y del cuerpo celular. Las espinas y las dendritas incrementan el área de recepción de la neurona, habitualmente mayor que la del axón. La mayoría de las neuronas son multipolares debido a que muchas dendritas emergen y se extienden a partir de los cuerpos celulares. Las dendritas poseen los mismos organelos que el cuerpo celular y nunca están mielinizadas.

Axones:

El axón de una neurona multipolar típica se desprende de una región cónica del cuerpo celular llamada cono axónico. A partir del cono de forma el segmento inicial, después del cual se produce un aumento ligero del diámetro, que en general se mantiene constante a lo largo de casi todo el axón.

El diámetro puede reducirse en las ramas terminales del axón. Generalmente éste se encuentra envuelto por una capa segmentada discontinua llamada envoltura mielínica, que se interrumpe a intervalos regulares en los llamados nodos de Ranvier. A lo largo de su trayecto y a nivel de los nodos de Ranvier, pueden emerger ramas colaterales del axón. Distalmente cada axón se ramifica de manera profusa y en forma irregular para formar una arborización terminal conocida como telodendria. La porción inicial o proximal de la telodendria es el segmento preterminal (no sináptico), y las ramas distales constituyen el segmento terminal (sináptico). La punta de cada ramificación recibe el nombre de terminal.

En las neuronas grandes el cono axónico presenta poca sustancia de Nissl, pero en las pequeñas el contenido ribosómico es esencialmente el mismo que en el citoplasma del cuerpo celular. Un patrón o carácter diagnóstico del cono axónico es la disposición en forma de embudo de fascículos de microtúbulos que se extienden en su interior y se orientan paralelamente al eje del segmento inicial. En algunas células el axón puede surgir de una dendrita; la porción inicial no mielinizada (cuello axónico) es el sitio nodal o zona de disparo asociada con la iniciación del impulso nervioso (potencial de acción).

En general no existen ribosomas en el cuello axónico ni en el resto del axón; en las fibras nerviosas mielínicas esta envoltura se inicia justamente en la porción distal del segmento inicial. El axoplasma de un axón contiene neurofilamentos longitudinalmente orientados y también microtúbulos y retículo endoplásmico agranular.

A través del axoplasma ha sido posible determinar dos clases de flujo: uno lento conocido como flujo axoplásmico que va en dirección centrífuga, es decir del soma a la porción terminal del axón; y otro rápido conocido como transporte axónico que puede correr en ambas direcciones.

La envoltura mielínica puede extenderse hasta cubrir los segmentos preterminales, aunque no necesariamente llega a los segmentos terminales. Las distancias internodales son más cortas en la telodendria que en el axón. Los segmentos terminales presentan dilataciones (varicosidades) o bulbos durante su trayecto antes de terminar con un engrosamiento mayor. Estas pequeñas dilataciones reciben el nombre de botones de paso, pies terminales o botones sinápticos, y el engrosamiento terminal se llama botón terminal o bulbo terminal. Cada botón constituye el elemento presináptico de una sinápsis; los botones de paso pueden localizarse a nivel de un nodo de Ranvier en el segmento presináptico mielinizado.

Los grupos de fibras nerviosas forman lo que se conoce como haces o tractos en el sistema nervioso central o como nervios en el sistema nervioso periférico. Con base en el hecho de que estas fibras se encuentren o no envueltas por mielina, se reconocen dos tipos de fibras:

- Mielínicas
- Amielínicas

FIBRAS MIELINICAS

En nervios periféricos la mielina se forma a partir de las membranas superficiales de las células de Schwann situadas contra los axones. Las células de Schwann se enrollan alrededor del axón para formar capas dobles sucesivas de membrana unitaria, constituyendo la mielina. No hay células de Schwann en el cerebro ni en la médula espinal, pero hay células neuróglícas asociadas con los axones; un tipo de célula neuróglíca (oligodendrocitos) produce la vaina de mielina y lleva a cabo funciones similares a las de las células de Schwann en los nervios periféricos.

La fibra mielínica es segmentada, discontinua, interrumpida a intervalos regulares por los nodos de Ranvier; la distancia de un nodo al siguiente recibe el nombre de segmento internodal, y su longitud es aproximadamente proporcional al diámetro del axón. El diámetro y la longitud de los internodos de varias fibras están en relación directa con la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos (figura 7) .

Las hendiduras de Schmidt-Lantermann se presentan en los nervios vivos formando pequeños sacos de citoplasma limitados por separaciones locales de la lámina de mielina. El axón está casi desnudo en cada nodo de Ranvier debido a que la capa de mielina casi no existe.

Los nodos presentan cuatro características importantes:

- 1) las fibras nerviosas pueden dar ramas en el nodo; 2) existen concentraciones de mitocondrias en el axón a este nivel, lo que sugiere una elevada actividad metabólica.

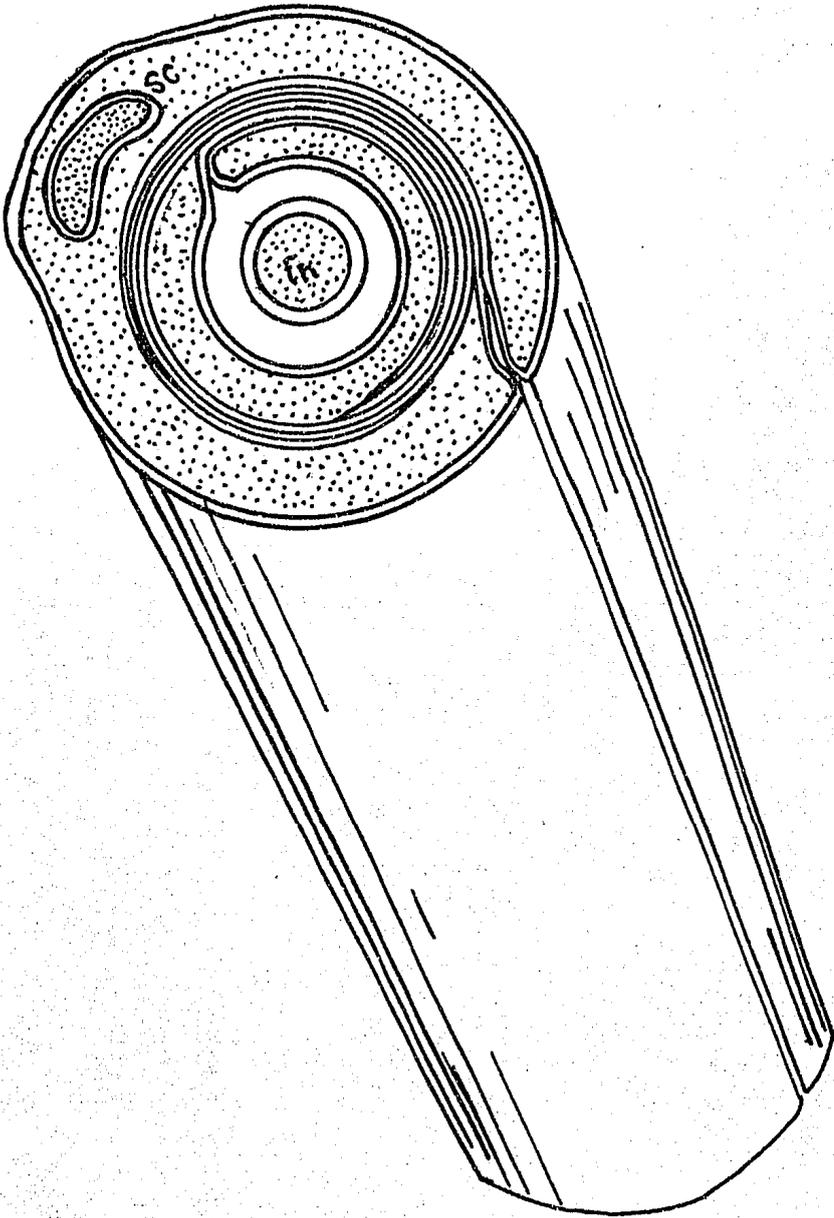


FIGURA 7 Esquema de una fibra nerviosa del sistema nervioso periférico donde se observa la célula de Schwann (CS), proporcionando la mielina a la fibra nerviosa (fn) .

(Modificado de Ham, Lesson, Junqueira)

- 3) la estrecha aproximación de los fluidos extracelulares al axón en cada nodo, es decisiva para la conducción saltatoria;
- 4) el posible aislamiento del espacio periaxonal del internodo por íntima aposición de espiras terminales de la capa de mielina al axolema, puede ser decisivo también para la conducción saltatoria.

FIBRAS AMIELINICAS

Este tipo de fibras son las que no se encuentran envueltas por mielina, y se caracterizan por conducir el impulso nervioso muy lentamente. Algunos axones pequeños del sistema nervioso central, las fibras postganglionares del sistema nervioso autónomo así como varios tipos de fibras sensoriales finas (como las receptoras del dolor y los axones de las neuronas del nervio olfatorio) pertenecen a este tipo de fibras.

Los axones están rodeados por pliegues de células de Schwann, algunas células de Schwann rodean una sola fibra amielínica, pero la mayor parte rodea varias. En un nervio cutáneo típico hasta 15 axones pueden estar rodeados por una sola célula de Schwann, y en el nervio olfatorio el número puede ser de varios centenares. La célula de Schwann, junto con los axones que rodea, se conoce con el nombre de haz de Remak. (figura 8) .

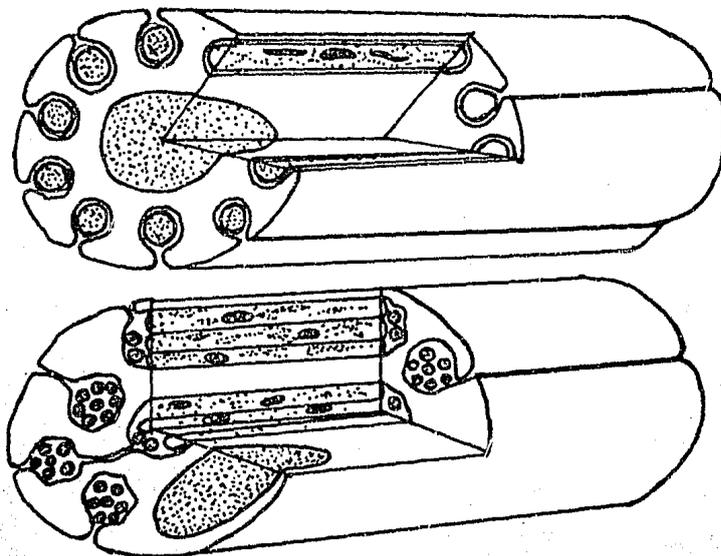


FIGURA 8 Esquema de fibras amielínicas, el dibujo superior muestra el tipo más frecuente de fibra amielínica, en la cual cada axón tiene su propio mesaxón. Cuando los axones son muy finos (dibujo inferior) se pueden reunir en un mismo compartimiento de la célula de Schwann. En este caso hay varios axones para un solo mesaxon.

(Tomado de Ham, Lesson, Junqueira)

DEGENERACION Y REGENERACION

Una neurona es capaz de reaccionar a una lesión provocada por una sección, aplastamiento, presencia de una sustancia tóxica o privación de la inervación. Toda la célula neuronal responde debido a que el trauma actúa como un estímulo potente, y esta respuesta se lleva a cabo a través de una serie de mecanismos que conducen a la reparación de la célula.

DEGENERACION

Algunos de los cambios que ocurren después de una simple sección de axón pueden ser descritos con exactitud. El fenómeno conocido como reacción axónica puede dividirse en las siguientes etapas: 1) el cuerpo celular entra en cromatolisis; 2) la porción de la fibra proximal a la lesión sufre degeneración primaria, y 3) la porción de la fibra distal a la lesión sufre degeneración secundaria o de Waller.

El cuerpo celular se embebe en agua y puede triplicar su volumen, a la vez que se hace turgente; los cuerpos de Nissl aparentemente se disuelven, lo que origina la cromatolisis. El núcleo puede desplazarse y dejar de ser central; el aparato de Golgi se fragmenta y se dispersa; la cromatolisis se acompaña de un incremento de ribonucleoproteínas que se tiñen menos intensamente que en estado normal.

La fibra nerviosa proximal al corte generalmente muestra sólo algunos cambios degenerativos, entre los que se incluyen la ruptura de la vaina de mielina y la fragmentación del axón a lo largo de varios segmentos internodales en la región cercana a la lesión.

El extremo distal en cambio sufre cambios muy importantes. El axón aumenta en grosor y después de la primera semana se fragmenta; la envoltura miélica también se fragmenta después de algunos días, dando segmentos alargados que durante las siguientes semanas se hacen esféricos u ovalados. Numerosos macrófagos fagocitan estos productos de desintegración y los remueven de la región lesionada. Algunos fragmentos de mielina pueden persistir durante varios meses después del trauma (figura 9).

REGENERACION (regeneración terminal)

No es posible separar los cambios degenerativos de los regenerativos, porque en última instancia todas las actividades que involucran estos procesos se dirigen principalmente a la reconstitución del nervio. La regeneración es esencialmente un proceso de organización y crecimiento (figura 9).

Las células del neurolema localizadas en los segmentos cercanos al trauma, y todas las que aparecen en el segmento distal, experimentan una intensa actividad mitótica; proliferan y forman especies de tubos continuos que mantienen el ordenado patrón longitudinal del nervio. Estas células también emigran al espacio que existe entre los segmentos distal y proximal del axón lesionado para formar un verdadero puente entre ellos.

El cuerpo celular sintetiza proteínas y otros metabolitos que fluyen en sentido distal a través de las prolongaciones lesionadas. La porción axónica distal a la lesión forma una nueva membrana celular y en pocos días se observan numerosas ramas o yemas axónicas que se extienden a partir de cada prolongación nerviosa. Debido a que el proceso de regeneración axónica se inicia a partir de la porción dañada, recibe el nombre de regeneración terminal. Cuando las condiciones son favorables muchas de las ramificaciones que crecen a partir del punto de regeneración pueden hacer contacto con el segmento distal; algunas tocan un cordón del neurolema que puede actuar como guía para la regeneración del axón, el cual

crece a lo largo de este cordón a una velocidad máxima de 4 mm por día. Muchas prolongaciones de los axones del nervio lesionado deben seguir a lo largo de los tubos o cordones del neurolema para continuar lo que fué el trayecto normal de la fibra, pero si la distancia entre los segmentos proximal y distal es muy grande dichas prolongaciones pueden no llegar a realizar este proceso. Por lo tanto resulta conveniente buscar siempre la aproximación de los dos extremos del nervio. Más tarde las células del neurolema rodearán a las fibras nerviosas regeneradas; en un plazo de 10 días pueden mielinizarse algunas de las fibras, al tiempo que el diámetro del axón y el de las vainas de mielina alcanza su dimensión normal. Cada fibra nerviosa regenerada tiende a recuperar su longitud y su velocidad de conducción hasta en un 80 por ciento de su valor original.

Regeneración nerviosa colateral.

Los axones de un nervio no lesionado pueden dar origen a yemas que penetren dentro de los tubos del neurolema de un nervio lesionado; esto se conoce como regeneración nerviosa colateral o gemación axonal preterminal. Esta gemación puede realizarse a nivel de cualquier nodo de Ranvier, a lo largo del axón o en la vecindad de fibras regeneradas (figura 9).

Las fibras nerviosas cercanas que se encuentran en regeneración ejercen una acción estimulante que obliga a las fibras normales vecinas a responder mediante la formación de ramas colaterales, que son a su vez atraídas hacia los tubos neurolémicos vacíos; se presume que este estímulo se debe a la producción o a la difusión de sustancias químicas que elaboran las fibras nerviosas degeneradas, las células intersticiales o las estructuras inervadas.

Pruebas experimentales indican que dichas sustancias químicas son

transportadas desde el cuerpo celular a través de microtúbulos por medio de una corriente axoplásmica rápida, al extremo proximal de la fibra degenerada. Este concepto proporciona la base teórica para entender por qué los axones utilizan su potencial para formar nuevas ramas colaterales y reinervar extremos distales de las fibras degeneradas; ofrece también una explicación para el hecho de que muchas fibras musculares denervadas por lesión, por ejemplo, pueden ser reinervadas por ramas de fibras nerviosas normales adyacentes, con lo que se pretende aminorar los síntomas iniciales de la parálisis. El restablecimiento de la función después de la regeneración de nervios dañados puede ser excelente; las actividades funcionales sensorial, motora y vegetativa pueden alcanzar el nivel normal original. De cualquier manera esta recuperación funcional puede ser pobre, especialmente si la lesión fue muy severa y las extremidades del nervio lesionado no han sido adecuadamente aproximadas.

Cromatolisis
en el cuerpo
celular

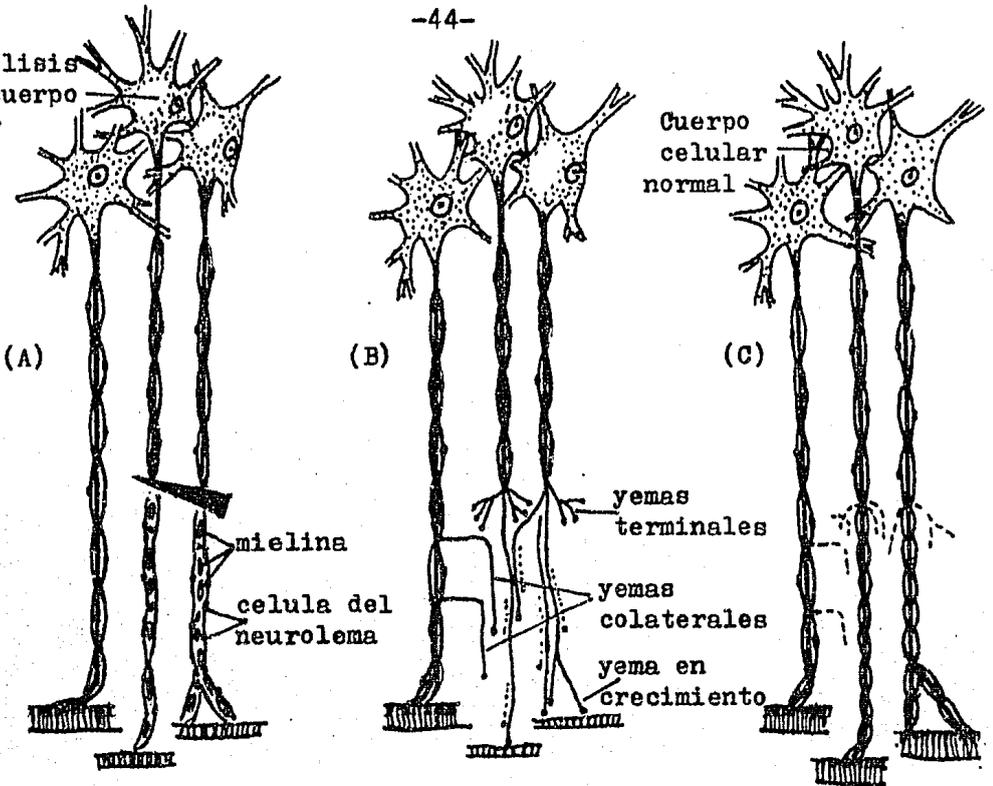


FIGURA 9

Degeneración y regeneración de fibras motoras somáticas periféricas.

A Varios días después de la sección (donde se dibujó la cuña). Nótese la cromatolisis y la excentricidad del núcleo, el aumento de células del neurolema y la fragmentación de las capas de mielina.

B Algunas semanas más tarde el cordón o tubo de neurilema recibe cilindroejes regenerados a partir de la fibra seccionada y de fibras adyacentes normales (regeneración colateral).

C Meses después las colaterales que no alcanzaron a la fibra muscular degeneran. Las porciones regeneradas con éxito presentan más internodos que antes, lo que indica que conducen impulsos nerviosos a menor velocidad.

(Tomado de Noback)

SINAPSIS

Las sinapsis son los sitios donde ocurre la transmisión de la información entre dos o más neuronas, y entre las neuronas y los órganos efectores, o bien entre las neuronas y los órganos sensitivos. La transmisión del estímulo a través del contacto sináptico, se presenta en algunos casos por una simple conducción eléctrica (sinapsis electrónica) en el menor de los casos. Generalmente se efectúa a través de fenómenos químicos, ligados a la liberación de sustancias específicas denominadas mediadores químicos, representados principalmente por la acetilcolina y adrenalina; además de estas se consideran también mediadores a la dopamina, serotonina, histamina, ac. gama aminobutírico, ac. - aspártico, etc.

Las sinapsis eléctricas son uniones interneurales tipo nexo. Este tipo de unión es la base estructural de una forma de comunicación entre las células que permite el paso libre de iones, metabolitos y otras sustancias de bajo peso molecular. Una sinapsis eléctrica consta de tres partes: un elemento pre-sináptico, uno postsináptico y una estrecha hendidura o espacio sináptico entre ambos elementos de sólo 20 Å. Debido a la proximidad de las membranas que toman parte en la sinapsis este tipo de unión recibe el nombre de unión de hendidura. Antiguamente se le llamaba "unión sellada", debido a que se creía que las membranas plasmáticas pre y postsinápticas formaban una sola pieza, sin mediar ninguna hendidura entre ellas (figura 10).

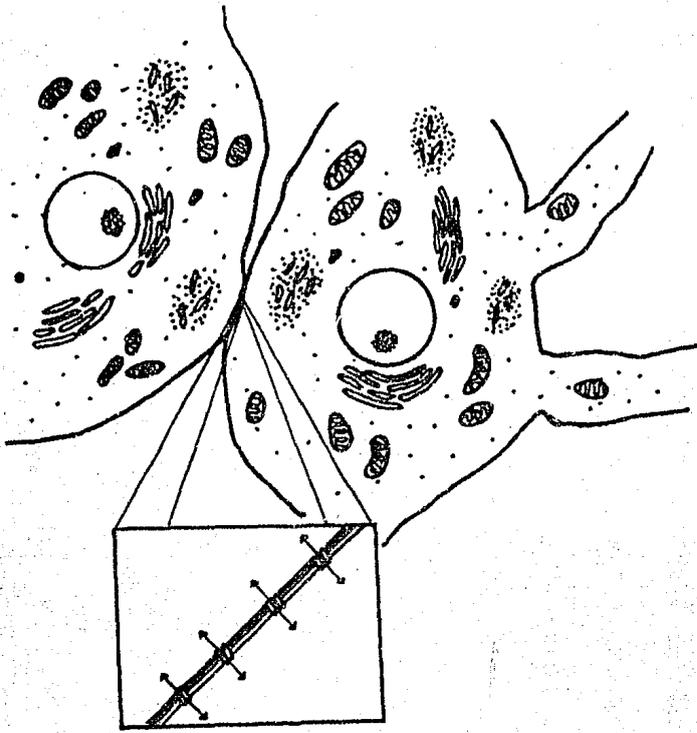


FIGURA 10 Esquema de dos neuronas en las que se observa una sinapsis eléctrica; en el recuadro está representada la sinapsis eléctrica (union nexa) donde se observan las "hendiduras" o poros que permiten la comunicación directa entre el citosol de ambas neuronas.

(Tomado de Tolosa)

Estas sinapsis reciben tambien el nombre de sinapsis simétricas por el hecho de que ninguno de los elementos, presinápticos o postsinápticos, contienen vesículas sinápticas, y ademas porque las dos membranas son similares. Las dos células están electro-nicamente acopladas mediante puentes iónicos; el flujo iónico de la célula presináptica se difunde fácilmente a la postsináptica, por lo que no se registra retardo sináptico en la transmisión - eléctrica. Se sabe de la existencia en los mamíferos de sinapsis eléctricas en lugares como el núcleo vestibular lateral, el núcleo mesencefálico del trigémino y en la unión de células bipolares y ganglionares en la retina de los primates.

Las sinapsis químicas son las más comunes, y comprenden tres componentes: un elemento presináptico, uno postsináptico y un espacio sináptico entre los dos elementos celulares que mide alrededor de 200 Å. En el SNC el elemento presináptico más frecuente es el llamado boton sináptico, formado por la terminación engrosada y piriforme del axón. Los botones sinápticos presentan una superficie plana en el punto en que se relacionan con el elemento postsináptico. En el boton los filamentos y neurotúbulos pierden su disposición regular y axial, se separan y llevan un curso irregular; las mitocondrias son particularmente abundantes. El elemento característico es la presencia de un gran número de vesículas con diámetro entre 300 a 500 Å, llamadas vesículas sinápticas, las cuales son más numerosas cerca de la membrana de contacto de la membrana presináptica. Generalmente las vesículas son esféricas (tal vez perteneciendo al tipo de sinapsis excitadoras) o elipsoidales (si pertenecen al tipo de inhibidoras), las vesículas estan rodeadas por la unidad de membrana.

No existe concentración de vesículas sinápticas en el citoplasma postsináptico cerca de la membrana de esta región. Las membranas presinápticas y postsinápticas pueden tener cantidades variables de material denso junto a la superficie interna de una de ellas o de ambas; así mismo ese material puede presentarse en forma de manchas irregulares en la membrana presináptica. En los espacios sinápticos también puede existir cierta cantidad de material denso.

La membrana presináptica esta engrosada en forma irregular en diversos puntos, en ocasiones formando un relieve de formas hexagonales dando la apariencia de un panal; la parte más delgada mide 75 Å y la más gruesa hasta 200 Å.

La fisura sináptica es un espacio que separa la membrana presináptica de la postsináptica, mide aproximadamente de 200 a 300 Å.

En ocasiones, en la porción más cercana a la membrana postsináptica se observa un material denso a los electrones.

La membrana postsináptica se observa muy engrosada, más que la presináptica, y siempre con un grosor uniforme, por debajo de la membrana, el citoplasma es particularmente denso, o bien presenta granulaciones alineadas en fila, a una distancia de 600 Å de la membrana. Otra forma de presentación es el "aparato de la espina" formado por algunas cisternas, intercaladas con líneas densas y por último se observan también con la membrana no engrosada y una cisterna. (figura 11)

La sinapsis química se llama también asimétrica debido a que las vesículas sinápticas sólo se encuentran en el elemento presináptico, lo que se relaciona con el hecho de que la transmisión de mensajes neurales sea unidireccional, de la célula presináptica a la postsináptica. Mediante la microscopía electrónica han sido reconocidos varios tipos de vesículas sinápticas de acuerdo con su forma y tamaño:

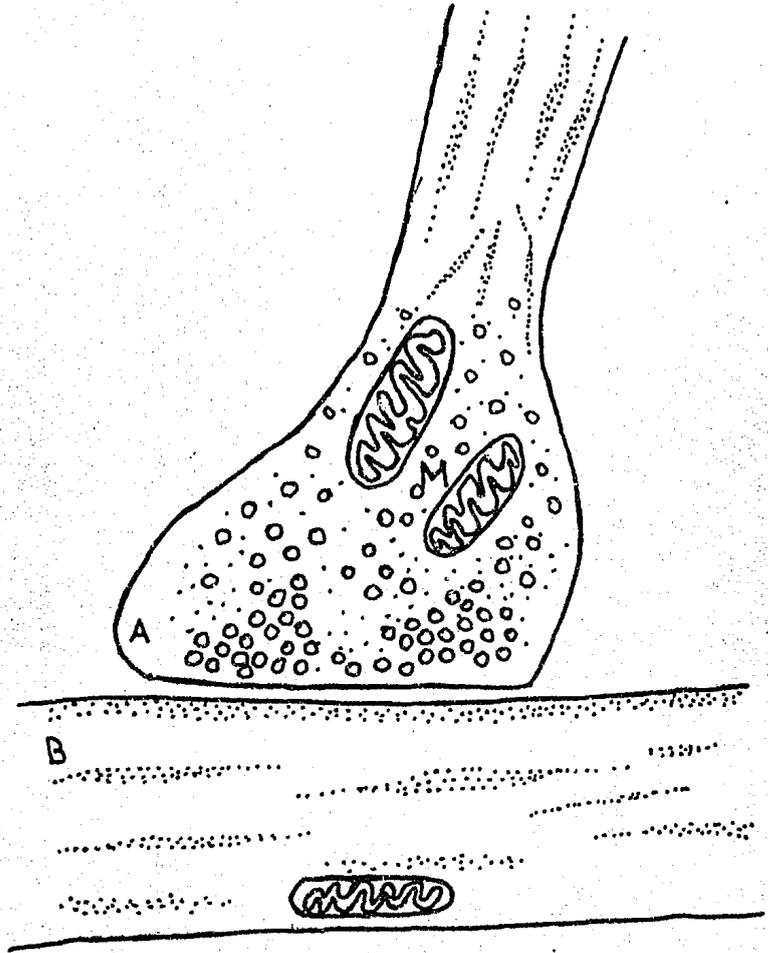


FIGURA 11 Esquema de una Sinapsis química donde se observa el compartimiento presináptico (A), el espacio sináptico, el compartimiento postsináptico (B), las vesículas con mediador químico y mitocondrias (M) .

(Tomado de Ham, Lesson, Junqueira, Weiss)

1) esféricas o agranulares, que miden de 400 a 600 Å de diámetro y presentan centros claros; 2) de centro denso a granulares cuyo tamaño va de 500 a 800 Å y que presentan un gránulo denso de alrededor de 280 Å de diámetro, y 3) aplanadas, de 200 a 400 Å.

Algunas vesículas esféricas y aplanadas están asociadas con el neurotransmisor acetilcolina y por ello las sinapsis en que se les encuentra reciben el nombre de sinapsis colinérgicas.

Las vesículas de núcleo denso están asociadas con neurotransmisores que poseen aminas biogénicas (noradrenalina) como elemento fundamental. A las sinapsis que contienen este tipo de transmisor se les conoce como sinapsis adrenérgicas. Las pequeñas vesículas de centro denso se encuentran en las neuronas periféricas simpáticas postganglionares, en tanto que las grandes también de centro denso pueden estar asociadas con terminaciones adrenérgicas del sistema nervioso central.

Neurotransmisores

Fundamentalmente existen dos tipos de neurotransmisores: la acetilcolina y las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina). En menor cantidad y solo presente en algunas porciones del Sistema Nervioso encontramos otros neurotransmisores de los cuales se sabe son sintetizados y metabolizados localmente. Entre estos encontramos a la serotonina y varios aminoácidos: glicina, ácido glutámico, ácido aspártico y ácido gamma-aminobutírico (GABA). Algunos de éstos son considerados precursores de neurotransmisores o bien productos de degradación.

La diferenciación de los neurotransmisores se conocía desde hace tiempo por estudios de fisiología, pero solo en los últimos años

se le menciona una localización específica a los dos tipos de mediadores (figura 12).

Las fibras colinérgicas son:

- a) Las motoras somáticas destinadas a la musculatura estriada y la mayor parte de las fibras nerviosas del encéfalo y médula espinal.
- b) Fibras preganglionares del Simpático y Parasimpático.
- c) Fibras postganglionares del Parasimpático.
- d) Fibras postganglionares de las glándulas adrenales, de las sudoríparas y de las paredes de algunos vasos.

Las fibras adrenergicas son :

- a) La mayor parte de las fibras postganglionares del simpático.
- b) Pocas fibras del encéfalo y la médula espinal.

En la musculatura intestinal, se presentan sinapsis colinérgicas excitadoras y sinapsis adrenergicas inhibidoras. En la musculatura cardíaca (sobre todo a nivel de células del Sistema Autónomo de conducción sucede lo contrario, colinérgicas inhibidoras y adrenergicas excitadoras.

Para comprender el mecanismo de funcionamiento de las sinapsis es necesario mencionar los siguientes conceptos:

- La transmisión de un impulso a través de la sinapsis, se presenta solo en una sola dirección.
- Al llegar un impulso a la porción presináptica, se presenta la liberación del mediador químico a la fisura sináptica.
- El mediador químico permanece sólo un tiempo en la fisura, hasta que se hidroliza por enzimas específicas

NEUROTRANSMISORES DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO

SISTEMA NERVIOSO PARA SIMPÁTICO

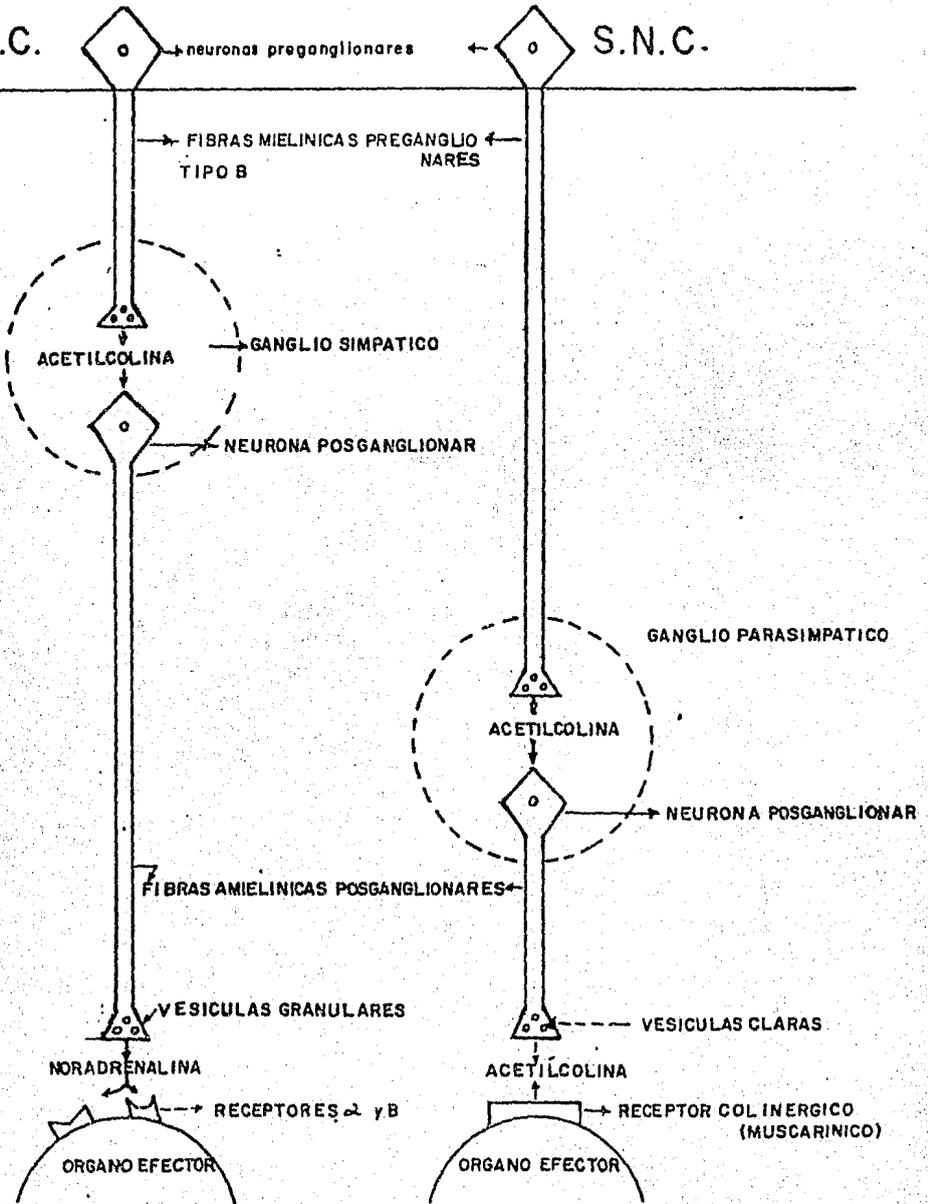
S.N.C.

neuronas preganglionares

S.N.C.

S.N.C.

FIGURA 12



(Tomado de Fajardo)

S.N.C.—SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

- Por un breve periodo para que el impulso llevado por el axón pase a la siguiente neurona, probablemente por el hecho que se necesita un tiempo para acumular en la fisura sináptica la cantidad necesaria de mediador químico que sobrepase el umbral de excitación.
- La frecuencia de estímulos que llegan a la primera neurona no es siempre igual a los observados en la segunda neurona.
- Un solo impulso en la neurona presináptica puede dar origen a varios impulsos en la neurona postsináptica, por el hecho de que el axón se ramifica en su porción terminal y esta hacia el contacto sináptico en diferentes partes de la neurona postsináptica.

Tipos de Sinapsis :

Se considera que existen tres principales tipos o grupos de sinapsis.

- 1) Sinapsis interneuronales: Son las que efectúan contactos entre dos neuronas.
- 2) Sinapsis receptora: Localizadas a nivel de la extremidad de las dendritas uniéndose con una neurona receptora o terminación nerviosa.
- 3) Sinapsis efectora: Efectúan la unión de un axón con el órgano efector (glándulas, músculo liso, músculo estriado).

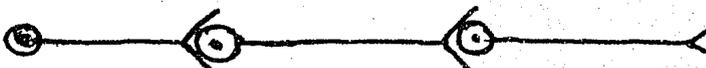
1) Sinapsis interneurales:

Desde un punto de vista morfológico dependiendo de las porciones de las neuronas que se ponen en contacto se distinguen(figura 13 - 14).

- a) Sinapsis Axodendrítica (de las más frecuentes) el contacto se efectúa de un axón a una dendrita.
- b) Sinapsis Axosomática (frecuentes) el contacto se efectúa entre un axon y el pericarión de otra neurona.
- c) Sinapsis Axoaxónica (poco frecuente) cuando el axón de una neurona se relaciona con el axón de otra (estas son principalmente de tipo inhibitorio).

Otra clasificación es en relación al número de neuronas que se relacionan entre si:

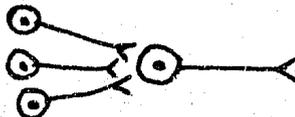
- a) Sinapsis lineal: cuando una neurona se une a otra y posteriormente a otra sin emitir colaterales.



- b) Sinapsis divergente: cuando una neurona se une a varias neuronas obteniéndose una multiplicación de las líneas de propagación.



- c) Sinapsis convergente: si se presenta la union de varias neuronas con una sola.



En lo que se refiere a la forma del punto de contacto o sinapsis se presentan varias modalidades como son:

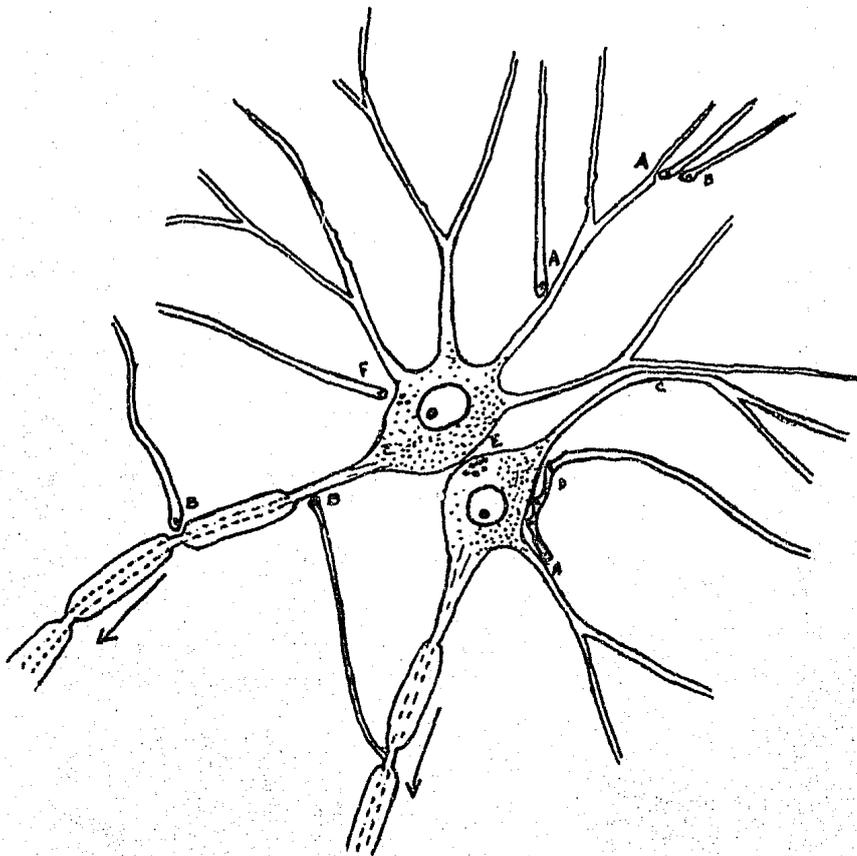
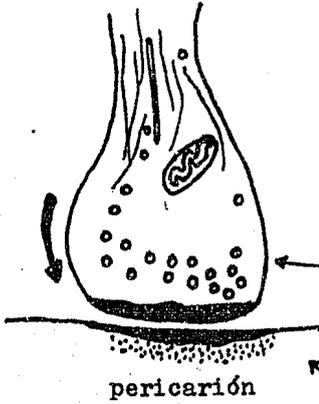


FIGURA 13 Esquema donde se representa diferentes tipos de sinápsis: (A) Axodendrítica, (B) Axoaxónica, (C) Dendrodendrítica, (D) Axosomática, (E) Somatosomática, (F) Somatoaxónica.

(Tomado de Noback)

Sinapsis axosomática

Sinapsis axodendrítica

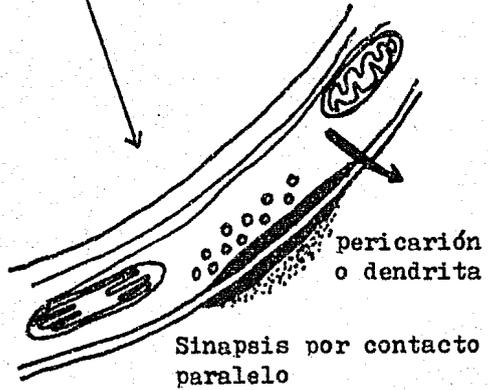
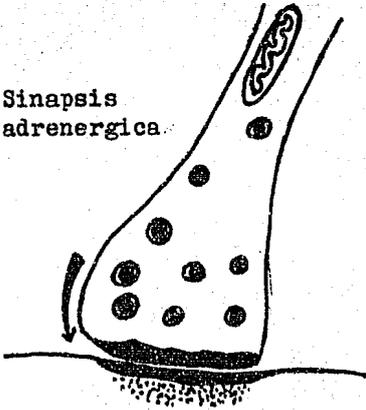


esquina dendrítica

boton terminal

Sinapsis colinérgicas

Sinapsis adrenergica



dendrita del fotoreceptor

entre un fotoreceptor y las dendritas bipolares.

Sinapsis axodendrítica

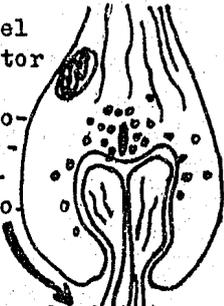


FIGURA 14 Esquema que representa diferentes tipos de contacto sináptico. Las flechas oscuras indican la propagación del impulso nervioso. (Tomado de Barasa).

- a) De la sinapsis axodendrítica, se observan: Sinapsis iniciales termino laterales, en cruz y en término terminales.
- b) De la sinapsis axesemática se describen: Sinapsis mediante "canastas", terminales, con botones terminales de Held-Auerbach.
- c) De la sinapsis axoaxónica, las observadas inmediatamente después del cono axónico y las que se presentan cerca de la terminación del axón.

ARCO REFLEJO :

Los reflejos son mecanismos innatos estímulo-respuesta. La conducta instintiva de los animales inferiores está gobernada en gran parte por reflejos; en el hombre la conducta es más un asunto de condicionamiento y los reflejos están subordinados como mecanismos básicos de defensa.

La base morfológica de la actividad refleja es el arco reflejo, constituido por los siguientes elementos: (1) un receptor tal como un órgano sensorio especial, un órgano cutáneo o un huso muscular, la estimulación de los cuales inicia un impulso. (2) La neurona aferente (o sensitiva) que transmite el impulso, a través de un nervio periférico al SNC donde establece sinápsis con una neurona intercalar. (3) Una neurona intercalar que pasa el impulso al nervio eferente. (4) La neurona eferente (o motora), la cual, al salir con el tronco nervioso, entrega el impulso a un efector. (5) Un efector, como un músculo o una glándula que produce la respuesta. La interrupción del arco reflejo en cualquier punto anula la respuesta (figura 15).

Dada la complejidad de la estructura del circuito conocido como arco reflejo, lo anterior representa un esquema sencillo de la naturaleza global del tipo simple de acción nerviosa que se conoce como reflejo. Para conocer con detalle las características morfofuncionales, el lector debiera consultar los textos de fisiología.

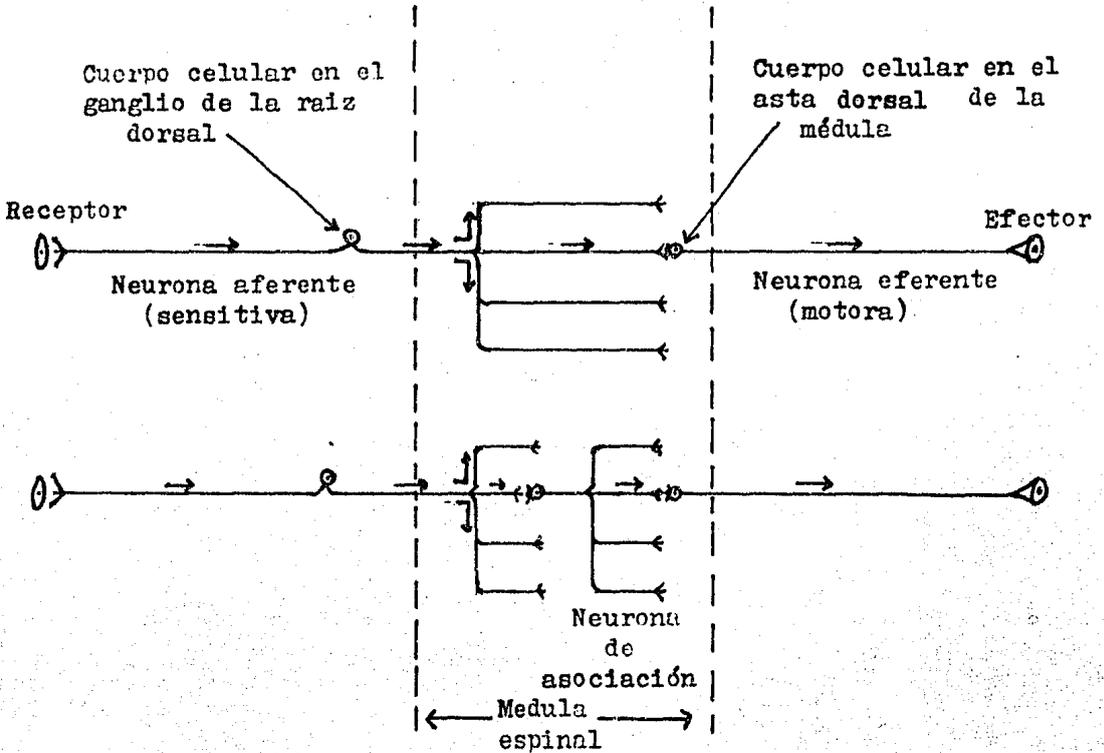


FIGURA 15 Esquemas de arcos reflejos simples. La zona entre las líneas de puntos es la parte del arco que se encuentra en la medula espinal. A, reflejo binueuronal; B, interpolación de una neurona de asociación, que aumenta el número de posibles vías.

(Tomado de Romer)

SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso esta invaluable en los mecanismos de comunicación del organismo con su medio interno y externo, de tal manera que controla la actividad de los diferentes órganos y sistemas del organismo, permitiéndole vivir y reproducirse bajo diversas condiciones ambientales. Con el fin de sistematizar su estudio al sistema nervioso se le suele dividir en :

- . Sistema Nervioso Central
- . Sistema Nervioso Periférico

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Se denomina sistema nervioso central a todas las estructuras constituidas por tejido nervioso que se localizan en la cavidad craneana y en el canal raquídeo. En la primera se encuentra el encéfalo y en el segundo la médula espinal.

ENCEFALO (cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo)

Se ha convenido en dividir al encéfalo en cinco porciones mayores: telencéfalo o cerebro terminal; diencéfalo o cerebro intermedio; mesencéfalo o cerebro medio; metencéfalo o cerebro posterior, y mielencéfalo o médula oblongada. El telencéfalo y el diencéfalo forman el prosencéfalo o cerebro anterior. El metencéfalo y el mielencéfalo forman el rombencéfalo o cerebro posterior o caudal. El metencéfalo comprende al puente de Varolio o protuberancia anular y al cerebelo, en tanto que el cerebro incluye al telencéfalo, al diencéfalo y la parte más rostral del mesencéfalo (cuadro II) (figura 16).

CUADRO II DERIVADOS DE LAS PARTES PRINCIPALES DEL CEREBRO

Segmentos iniciales	Segmentos primarios	Segmentos secundarios	Derivados principales	Cavidades
Prosencéfalo	Prosencéfalo (vesícula rostral)	Telencéfalo	Pallium Rinencéfalo núcleos basales	Ventrículos laterales
		Diencéfalo		
Rombencéfalo	Mesencéfalo (vesícula media)	Mesencéfalo	Epitálamo Tálamo Hipotalámo	Tercer ventrículo
			Tectum Tegmentum Substantia nigra Cerebral crura	Acueducto mesence fálico (acueducto cerebral)
			Puente Cerebellum	Cuarto ventrículo
		Metencéfalo Mielencéfalo	Medula oblongada	

(Tomado de Getty)

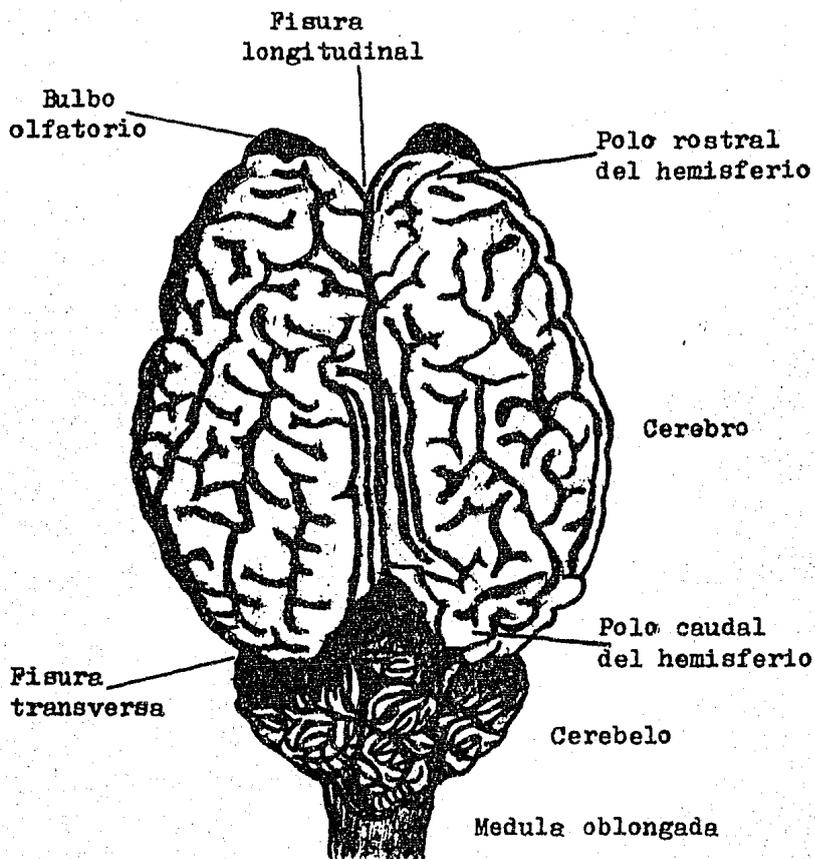


FIGURA 16 Esquema de la masa encefálica del caballo, vista dorsal (Tomado de Getty, Frandson).

Cuando se realizan cortes transversales del encéfalo macroscopicamente podemos distinguir lo que se conoce como sustancia blanca y sustancia gris. Esto se debe a que los diferentes componentes del tejido nervioso se disponen de tal manera que dan lugar a distintas estructuras. (figura 17).

Sustancia blanca :

La sustancia blanca vista al microscopio, corresponde a las zonas del sistema nervioso central donde se distribuyen las prolongaciones neuronales, oligodendrocitos interfasciculares, astrocitos fibrosos, microglíocitos y vasos sanguíneos. El aspecto blanco está dado por la gran cantidad de mielina que recubre a las fibras.

Sustancia gris :

La sustancia gris está constituida principalmente por somas neuronales, oligodendrocitos perineuronales, astrocitos protoplasmáticos, microglíocitos y vasos sanguíneos. Es una masa de tejido sumamente organizado que se dispone de manera continua formando una capa cortical en los hemisferios cerebrales que constituye lo que se conoce como corteza cerebral; esta misma organización se presenta en el cerebelo, donde recibe el nombre de corteza cerebelosa.

Cerebro :

El cerebro representa cerca del 2% del peso total del cuerpo. Este órgano semisólido, de color rosado grisáceo está envuelto por tres membranas llamadas meninges, y se encuentra protegido por una cápsula exterior rígida, el cráneo óseo.

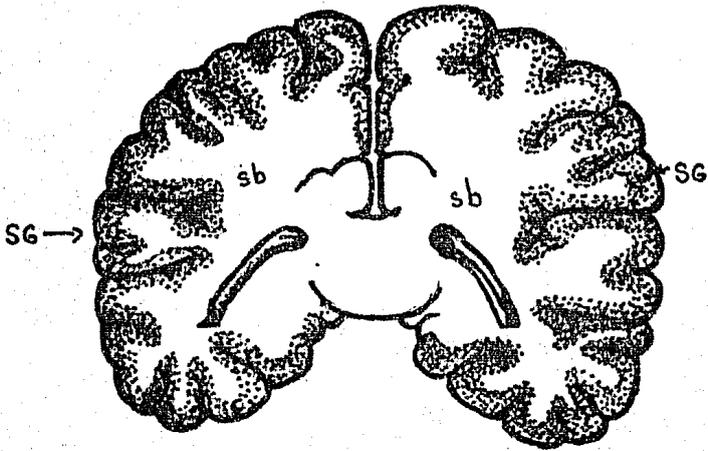


FIGURA 17 Esquema de un corte transversal de encéfalo donde se observa la sustancia gris (SG) y la sustancia blanca (sb). (Tomado de Getty, Noback)

Las meninges son del cerebro hacia la periferia; la piamadre la aracnoides y la duramadre; el cerebro flota por así decirlo, en el líquido cerebro espinal, que soporta al suave y delicado órgano y actúa como una estructura que absorbe los choques o golpes exteriores que recaen sobre la cabeza.

El líquido cerebro espinal está contenido en el espacio subaracnoideo (situado entre la piamadre y la aracnoidea) y en las cavidades ventriculares profundas del cerebro. Las arterias y las venas mayores que irrigan el cerebro se hallan íntimamente asociadas con las meninges.

Corteza Cerebral

En la corteza del cerebro se realizan procesos relacionados con el consciente, o sea, es el lugar de origen de las funciones nerviosas motoras y de la percepción de los sentidos, en lugares diferentes de la corteza, según la función; es por esto que en la corteza cerebral, en los diferentes núcleos, existe una organización celular diferente. Sin embargo, la mayor parte de la corteza, presenta una estructura similar, formada por células nerviosas (neuronas), fibras nerviosas (axones y dendritas de células nerviosas localizadas ahí o en otros puntos del cerebro) por células de la neuroglia y vasos sanguíneos.

En la corteza cerebral es posible distinguir o dividir en capas de somas neuronales, en ocasiones delimitadas pobremente y que de afuera hacia adentro son (figura 18):

- 1).- Capa molecular o flexiforme
- 2).- Capa granulosa externa

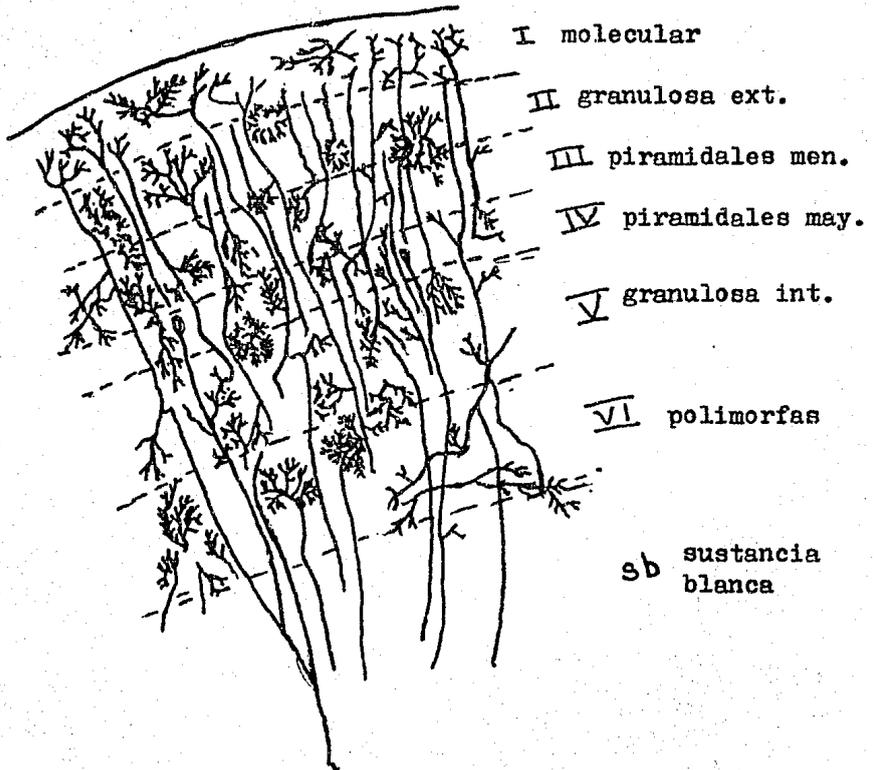


FIGURA 18 Esquema de un corte de la corteza cerebral donde se observan las seis láminas que la integran y el límite con la sustancia blanca (sb). (Modificado de Carpenter).

- 3).- Capa de células piramidales menores
- 4).- Capa de células piramidales mayores
- 5).- Capa granulosa interna
- 6).- Capa de células polimorfas
- 7).- Substancia blanca

1) Capa molecular o flexiforme: Es una porción muy delgada, no siempre muy manifiesta en todas las especies animales; contiene pocas células. En los equinos si se observa claramente. Esta cubierta por una delgada capa de neuroglia, que la separa de la piamadre. Se encuentran dendritas de células nerviosas más profundas; fibras nerviosas meduladas de curso horizontal, denominadas fibras tangenciales, que provienen de las neuronas o corpusculos estrellados de Cajal, fusiformes, con prolongaciones horizontales y también en ramas dendríticas hacia la superficie. Estas estructuras, están sostenidas por células de la neuroglia. En general es una capa pobre de células nerviosas.

2) Capa granulosa externa : Esta formada por cuerpos neuronales pequeños triangulares y fibras meduladas; generalmente se confunde esta zona con las capas subyacentes. Mandan dendritas a la capa molecular, otras que permanecen en la capa misma. Sus axones se dirigen a capas más profundas y hasta la materia blanca proyectándose a otras zonas, como fibras de asociación. También contiene dendritas de las zonas más profundas y neuroglia.

3) Capa de células piramidales menores: Esta formada por neuronas de forma piramidal, con su vertice dirigido hacia la superficie, por donde sale una dendrita, que se prolonga hacia la superficie formando, en la porcion más externa de la capa molecular, un a red tupida de fibras. De los bordes laterales y base de las células, emergen dendritas cortas y un axón que se dirige hacia la substancia blanca, poseyendo este ultimo un revestimiento de mielina y emitiendo en su trayecto, prolongaciones colaterales horizontales, dentro de la substancia gris (fibras de asociación). Algunas de estas fibras y solamente de algunas de las células piramidales menores, cambian su curso hacia la superficie del encefalo y penetran bifurcandose en la capa tangencial de la capa molecular, formando parte de ella. A las células cuyo axón llega a la capa molecular, se les denomina células de Martinotti. En los mamiferos de pequeña talla, se encuentran principalmente en la capa de células polimorfos.

4) Capa de células piramidales mayores : Se puede considerar que a medida que las células piramidales se encuentran en un plano más profundo, aumentan progresivamente su tamaño, ya que la estructura y la dirección del soma celular de sus fibras, son similares a las de la células piramidales menores, y junto con estas forman el origen de las vias piramidales motrices. No se encuentran células de Martinotti en esta capa; muchos de los axones van hacia el cuerpo calloso. Tambien se observan neuronas pequeñas, estrelladas (figura 19).

5) Capa granulosa interna: Se encuentra perfectamente delimitada en el hombre y en los mamíferos girencefalos. Existe una gran cantidad de células, similares a las de la capa granulosa externa. También se encuentran células piramidales de mediano y gran tamaño.

6) Capa de células polimorfas: En ella se encuentran células nerviosas de pequeño tamaño y de forma irregular (fusiformes, estrelladas o poliédricas), cuyas dendritas son relativamente cortas, ramificadas en todas las direcciones; su prolongación nerviosa penetra en la sustancia blanca. Llegan también fibras aferentes del talamo, y otras fibras de la porción talamo cortical entre otras, por eso en los cortes tiene la apariencia fibrosa. Entre la capa de células piramidales mayores y la granulosa interna se encuentran células de forma piramidal, de gran tamaño (piramidales gigantes), llamadas células de Betz. Las células y fibras de todas las capas de la corteza cerebral, están sostenidas por las células de la neuroglia.

7) Sustancia blanca: En esta sustancia no se observan células nerviosas, sino una red intrincada de fibras mielínicas y amielínicas, que van en diferentes direcciones. A las fibras se les denomina: de proyección, comisurales o comisurales, de asociación y fibras centripetas o terminales. Todas estas fibras, se confunden en los mamíferos que tienen más desarrollada su masa encefálica. (hombre, perro, vaca, caballo, etc), lo cual hace que sea muy difícil determinar en los cortes rutinarios la dirección y el tipo de fibra que se observa.

En los otros mamíferos, de menor desarrollo, se hace más fácil esta observación. Además de estas fibras, se encuentran las células de neuroglia, que en su mayor parte corresponden al tipo de radiaciones largas. Los vasos sanguíneos, se encuentran en menor cantidad que en la sustancia gris.

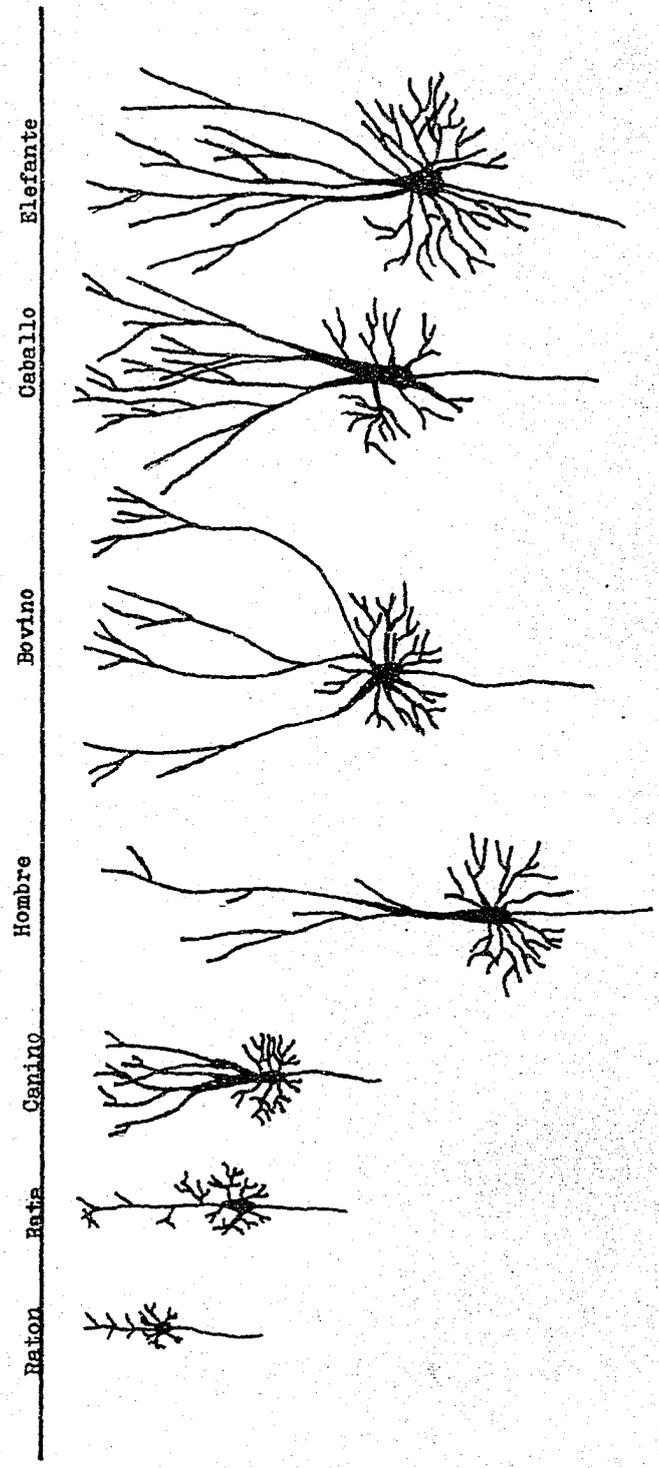
En la sustancia gris del cerebro es posible observar tres diferentes tipos de neuronas :

- . Piramidales
- . Granulares o estrelladas
- . Horizontales

Las neuronas piramidales reciben este nombre porque presentan un soma neuronal de forma piramidal, el cual puede medir desde 10 hasta 70 micras o más. Las neuronas piramidales pequeñas se encuentran principalmente en la capa de células piramidales, mientras que las gigantes constituyen la capa ganglionar o piramidal interna.

Las neuronas granulares reciben este nombre por su tamaño pequeño. También reciben el nombre de neuronas estrelladas y de estas existen varios tipos: las neuronas en cesta, las neuronas fusiformes y las neuronas neurogliaformes. Cada uno de estos tipos se distingue de los demás por la disposición y distribución de sus dendritas y axones en la corteza cerebral. Las neuronas granulares en general pueden encontrarse en cualquiera de las láminas o capas que forman la sustancia gris del cerebro.

FIGURA 19
 Esquema de neuronas piramidales
 -71-
 del area motriz de la corteza cerebral. (Tomado de Barasa).



Las células horizontales (de Cajal) son neuronas confinadas a la capa molecular, y no se les localiza en ninguna otra lámina. Son fusiformes y sus prolongaciones se distribuyen por la misma lámina.

Cerebelo

El cerebelo, interviene en las funciones del equilibrio y coordinación de los movimientos del cuerpo, actuando conjuntamente con el cerebro y médula espinal, a los que se relaciona por medio de fibras nerviosas. Macroscópicamente está formado por dos hemisferios y una porción central, dividido en lobulillos por cisuras transversales. Por regla general, el cerebelo se encuentra más desarrollado en los cuadrúpedos que en el hombre.

La relación del cerebelo masa encefálica es la siguiente:

- 1:7 en los rúptidos y pequeños rúptidos
- 1:7.5 en los suinos
- 1:8 en el hombre y los bovinos
- 1:6.13 en el gato
- 1:7.2 a 1:9.5 en los caninos

En los equinos se ha comprobado que el peso de este órgano está en relación al peso corporal, varía de acuerdo con la edad, raza, sexo y si han sido sometidos a la castración; siendo de menor tamaño en los equinos jóvenes y en los animales castrados. Es probable que este fenómeno se presente en otras especies.

Al microscopio se observa que está constituido por dos sustancias una externa gris y otra interna blanca.

La corteza cerebelosa, consta de tres capas que de afuera a adentro son (figura 20):

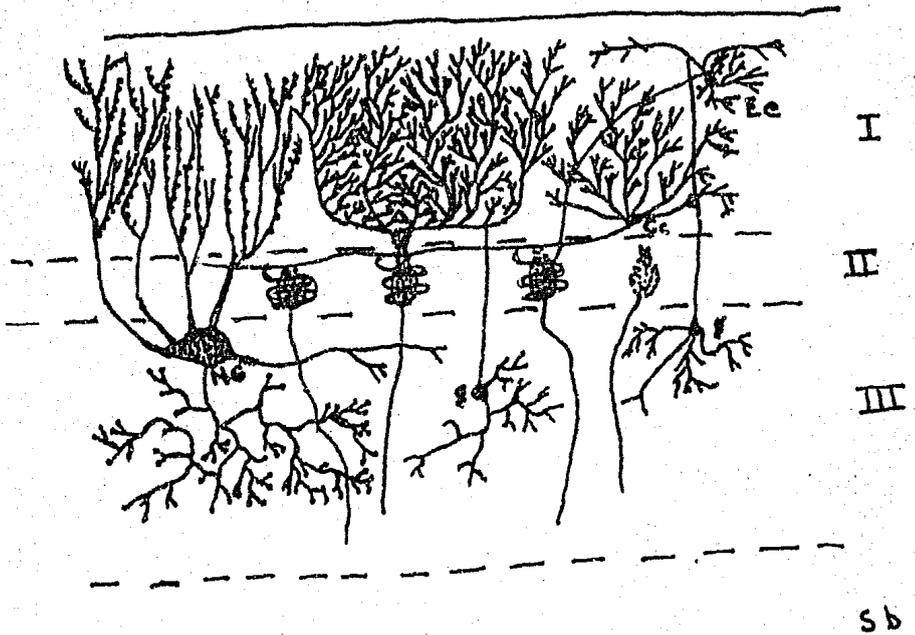


FIGURA 20 Esquema de las distintas células del cerebello, su ubicación en las tres capas que conforman la sustancia gris y las relaciones que guardan entre sí. En la capa molecular (I) se aprecian las neuronas estrelladas externas (Ee), las células en cesta (Cc) y dendritas de neuronas de otras láminas; en la capa de células de Purkinje (II), se observa el soma de cuatro de estas células; en la granulosa (III) se ve una neurona de Golgi (NG) y dos granulosas (g). (Tomado de Tolosa)

- . Capa molecular
- . Capa de células de Purkinje
- . Capa de los gránulos del cerebelo

Relacionada con esta tercera capa, en la porción central del cerebelo, se encuentra la :

- . Sustancia blanca

En la sustancia gris del cerebelo es posible distinguir cinco tipos de neuronas:

- . Estrelladas externas
- . En cesta
- . Ganglionares o de Purkinje
- . De Golgi
- . Granulares

- Capa molecular

La capa molecular esta relacionada con las meninges en forma similar a lo observado en el cerebro. En esta zona, existen dos tipos de células multipolares, denominadas unas células corticales menores o células estrelladas externas, y que se encuentran en la zona más periférica; y las otras denominadas células corticales mayores, localizadas en la zona profunda. Las dendritas de las primeras se extienden en el mismo plano que las de las células de Purkinje, presentando sinapsis con ellas, se ramifican inmediatamente despues de haber dejado a la célula, y terminan cerca del cuerpo celular o bien extendiendose a lugares más lejanos. Las células corticales mayores, mandan sus dendritas perpendicularmente a las circunvoluciones, con -

colaterales en ángulo recto, se arborizan y envuelven a las células de Purkinje, entrando en contacto sináptico con ellas por lo que también se les denomina células en cesto.

- Capa de células de Purkinje

Las células de Purkinje, son muy grandes, piriformes, distribuidas en una sola línea, por fuera de la capa molecular. Son fácilmente observables, sus dendritas, nacen en la porción apical, son gruesas y se distribuyen en una forma muy característica, (como astas de ciervo), hacia la superficie del cerebelo. Estas dendritas primarias y secundarias se unen a las de las células vecinas. Su axón, nace en la porción basal, y se dirige hacia la sustancia blanca, y en su paso por la zona granulosa, se rodea de una capa de mielina, y a esta altura, manda colaterales que terminan cerca de otras células de Purkinje; las dendritas primarias y secundarias de las células de Purkinje, sostienen sinapsis con proyecciones de neuronas de la capa granular.

- Capa de los Granulos del Cerebelo

Se distingue porque sus células aparecen como gránulos que se tiñen fuertemente con los colorantes básicos (basófilos). Estos gránulos son de dos tamaños, siendo los más pequeños los más numerosos, con poca cantidad de citoplasma; la célula tiene un aspecto ungulado, con tres a seis dendritas y un cilindro eje que se dirige a la zona molecular, en donde se divide en forma de "T" y terminan.

Los gránulos mayores poseen un mayor número de dendritas (también se llaman neuronas de Golgi), las cuales son muy ramificadas, cortas y terminan en la capa de los gránulos, o en la zona molecular, o en la de Purkinje. El axón termina cerca del cuerpo celular. Estas células reciben fibras de la corteza cerebral y de los axones de las neuronas de golgi de la misma capa.

- Sustancia blanca

La sustancia blanca, presenta las mismas características histológicas que la sustancia blanca encefálica, con fibras aferentes y eferentes que las une al cerebro y a la médula espinal. Las células de la neuroglia se encuentran en las cuatro capas del cerebelo, con las características morfológicas y de organización típicas.

- Núcleos grises

Se denomina núcleos grises a los grupos de somas neuronales que se encuentran incluidos y rodeados por sustancia blanca. Las neuronas que constituyen estos núcleos son neuronas de relevo que llevan información hacia las porciones superiores del encéfalo o bien hacia los sitios de donde saldrá información al sistema nervioso periférico.

Los núcleos grises están formados principalmente por somas neuronales, astrocitos protoplasmáticos, oligodendrocitos perineurales, microglíocitos y vasos sanguíneos .

Asta de Ammon :

El asta de Ammon, tambien se denomina cuerno de Ammon o circunvolución del Hipocampo; es una estructura cilindroide, especie de circunvolución cerebral (Gyrus dentatus), enrrellada sobre si misma, formada por dos cuernos colocados, en la porción posterior del suelo de los ventriculos laterales, que recuerdan a los cuernos de un carnero, o cuernos uterinos de las vacas; un cuerno para cada hemisferio cerebral.

El conocimiento de su estructura, tuvo particular importancia para determinar los corpúsculos de Negri, que aparecen particularmente en esta region cerebral cuando los animales enferman de rabia; desde el punto de vista fisiologico, parece ser que interviene en forma específica para que los animales por medio del olfato busquen alimento o sea aquellos que se denominan especies macromátinas, que son las que presentan mayor desarrollo de la circunvolución del hipocampo.

El cuerno de Ammon, comprende en su estructura la sustancia blanca y la sustancia gris. La primera en continuidad con el trigono cerebral, en relación con los ventrículos laterales, formando la capa denominada alveus; y la sustancia gris o cuerpo plegado, que no es sino la continuidad de la sustancia gris del cerebro. El hecho, de que la materia gris ocupe un lugar interno más adentro que la sustancia blanca, en forma contraria a lo que se observa en la corteza cerebral explica por que el cuerno de Ammon, es una circunvolución envuelta sobre si misma, y es por esto tambien que su estructura recuerda a la de la corteza cerebral.

Descripción histológica (Trautmann - Fiebiger).

A partir del ventriculo lateral, se distinguen las siguientes capas :

- Epéndimo ventricular.
- Alveus de fibras nerviosas meduladas
- Capa de células nerviosas polimorfas. Células escasas que emiten fibras, las cuales van a dar plexos alrededor de las células piramidales.
- Capa de células piramidales de la circunvolución del hipocampo.
- Capa molecular
- Gyrus dentatus o fascia dentada. Formada por células nerviosas polimerfas, células piramidales.

El Asta de Ammon se relaciona con :

- La materia gris en su transición al pallium
(no se observa)
- La fisura del hipocampo
- El talamo optico
- El plexo coroideo (no se observa)

Nervios craneales :

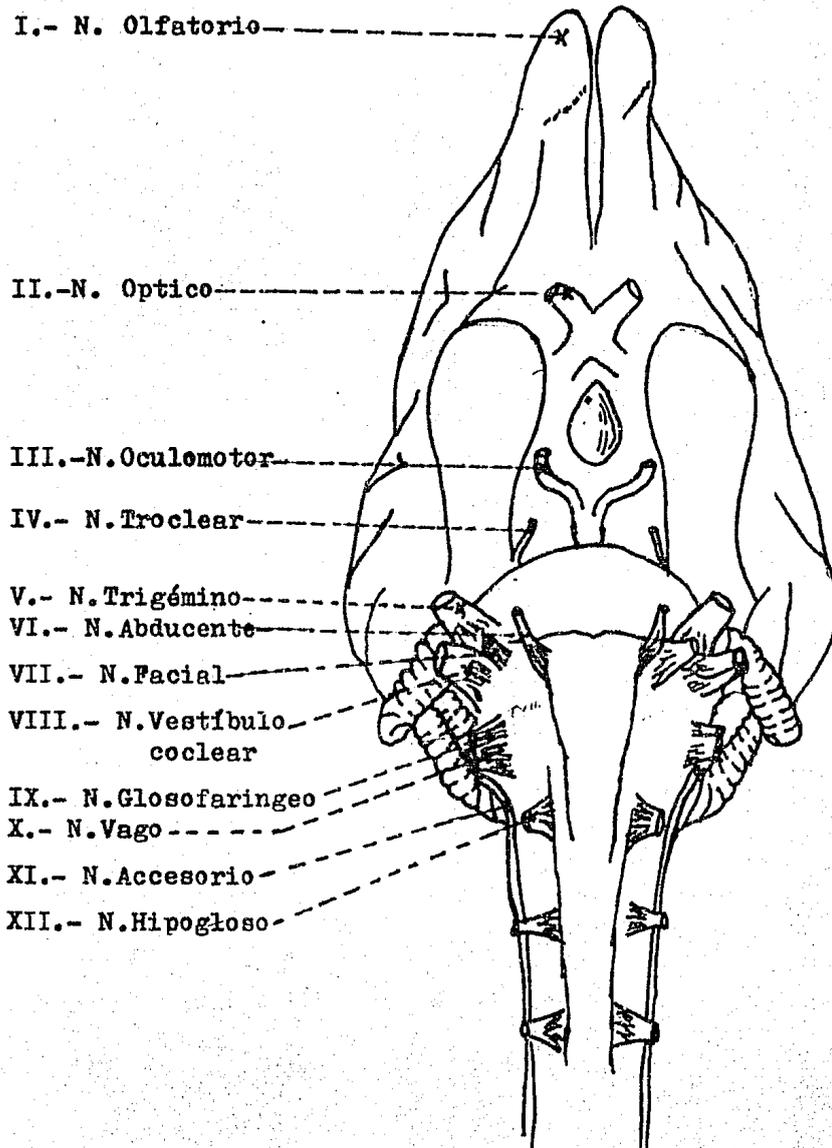
Los nervios o pares craneales son nervios periféricos del encéfalo, que le transmiten información de sensores especiales como los del olfato, la visión, el oído y el gusto, así como de los sensores generales, como lo hacen los nervios espinales; conducen también información a los músculos voluntarios implicados en los movimientos de los ojos, la boca, la cara, la lengua, la faringe y la laringe. Así mismo, estos nervios constituyen la salida principal para el sistema parasimpático.

Los doce pares de nervios craneales o encefálicos, están designados de la pared craneal a la caudal, numéricamente y por su nombre (cuadro III). Los nervios nacen en el encéfalo y emergen de la cavidad craneal a través de varias aberturas o forámenes existentes (figura 21).

Los nervios craneales pueden ser mejor comprendidos a través del conocimiento de sus componentes funcionales que son :

- fibras aferentes somáticas generales (ASG)
- fibras aferentes viscerales generales (AVG)
- fibras eferentes somáticas generales (ESG)
- fibras eferentes viscerales generales (EVG)
- fibras aferentes somáticas especiales (ASE)
- fibras aferentes viscerales especiales (AVE)
- fibras eferentes viscerales especiales (EVE).

FIGURA 21 Esquema que representa la localización de los 12 pares craneales. (Tomado del Howard and Lahunta).



NERVIOS CRANEALES DE LOS ANIMALES DOMESTICOS

Nombre del nervio craneal	Componentes funcionales	Area de distribución	Función
I. Olfatorio	AVE	Mucosa olfatoria	Fibras nerviosas envueltas por las meninges al pasar, por los agujeros de la lamina cribosa hasta su terminación en el b. olfatorio.
II. Optico	ASE	Retina	Rodeado por prolongaciones de las meninges desde el bulbo hasta el c.óptico
III. Oculomotor	ESG	Todos los músculos extrínsecos del bulbo, excepto rectus lateralis obliquus dorsalis y retractor bulbi	Fibras motoras para los músculos extrínsecos del ojo; lleva fibras parasimpáticas
	ASG	Motor de los músculos extrínsecos del bulbo excepto rectus lateralis obliquus dorsalis y retractor bulbi	
	EVC	Fibras preganglionares para el ganglio ciliar y postganglionares para los músculos ciliar y esfínter de la pupila	
IV. Troclear	ESG	Músculo obliquus dorsalis	Fibras motoras para los músculos extrínsecos del ojo
	ASG	Motor para el músculo obliquus dorsalis	
V. Trigémino	ASG	Piel de la cara conjuntiva y membrana mucosa de la nariz, boca, dientes, cuernos, ojos y músculos de la masticación (proyección)	
	EVE	Músculos de la masticación, vientre rostral del gástrico, tensor tympani, tensor veli palatini y m. mylohyoideus	

VI. Abducente	ESG	Rectus lateralis y m. retractor bulbi	Fibras motoras para los msc. extrínsecos del ojo
	ASG	Propiocepción de los músculos rectus lateralis y retractor bulbi	
VII. Facial	ASG	Propiocepción de los músculos de la expresión facial	Lleva fibras parasimpáticas
	EVG	Fibras preganglionares para: el ganglio mandibular y ganglio pterigopalatino; fibras postganglionares para: la glándula mandibular y sublingual (salivares) y las glándulas lagrimal y nasal	
	AVG	Estructuras profundas de la cara	
	EVE	Músculos de la expresión facial y cutáneo facial, vientre caudal del músculo digástrico, músculos estileoideo y estapedio	
	AVE	Yemas gustativas de los dos tercios rostrales de la lengua	
VIII. Vestíbulo coclear (antiguo nervio auditivo)	ASE	Canales semicirculares (propiocepción) y caracol del oído interno (exterocepción)	Fibras dispuestas en fascículos; las porciones vestibular y coclear envueltas en vainas de la duramadre
IX. Glossofaríngeo	ASG	Piel del meato acústico interno	Lleva fibras parasimpáticas
	EVG	Fibras preganglionares para el ganglio óptico y postganglionares para la glándula parótida	
	AVG	Seno carotídeo y muestra faríngea	
	EVE	Músculo estilofaríngeo caudal	
	AVE	Yemas gustativas del tercio caudal de la lengua	

X. Vago ASG EVG Piel del meato acústico externo Lleva fibras parasimpáticas

Fibras preganglionares para los ganglios terminales de los plexos: a) cardíaco b) pulmonar; c) esofágico; d) miéntérico y submucoso; fibras postganglionares para: a) el corazón; b) músculos lisos y glándulas de la tráquea y bronquios; c) glándulas y músculo liso del esófago; d) músculo liso del tubo digestivo hasta el colon medio, y e) glándulas de la pared del tubo digestivo hasta el colon medio

AVG Faringe, tubo digestivo hasta el colon medio, laringe, tráquea y bronquios; corazón, arco aórtico y seno carotídeo

EVE Músculos de la laringe, faringe y paladar (excepto los músculos estilofaríngeo craneal tensor del velo palatino y tirohioideo) Yemas gustativas de la epiglotis

AVE Músculos trapecio y esternocefálico Propiocepción de los dos últimos músculos

XI. Accesorio ASG Músculos de la lengua, geniohioideo Músculos extrínsecos de la lengua

ESG Propiocepción de la musculatura lingual

Componentes funcionales : A - aferentes E - eferentes V - viscerales S - somáticas E - especiales G - generales

MEDULA ESPINAL :

La médula espinal es la parte del sistema nervioso central, que se encuentra en el canal vertebral.

Es un cordón grueso, irregularmente cilíndrico, que principia en el agujero occipital y termina a la entrada del canal sacro, en forma de punta. En su trayecto, emite colaterales, que son los nervios espinales dorsales y ventrales. En cualquier punto en que se efectuen cortes transversales de médula, el diámetro lateral, es siempre mayor que el diámetro vertical. A la altura de la porción lumbar, es donde se presenta el mayor achatamiento. Entre la quinta vértebra cervical y la segunda dorsal, se encuentra el plexo braquial, del cual parten los nervios que van a los miembros torácicos; y a la altura de las vértebras lumbares, se encuentra el plexo lombosacro, de donde parten los nervios a los miembros pelvianos; es interesante que se recuerde, que en las dos porciones antes mencionadas, la médula presenta mayor grosor, que las partes medulares que la limitan.

De la entrada del canal denominado sacro, a las primeras vértebras caudales, el canal medular esta ocupado por el "filum terminal", no nervioso, pero que se encuentra rodeado por los últimos nervios raquídeos que forman la llamada "cola de caballo".

La médula espinal, forma una gran parte del SNC, importante en la integración de las sensaciones viscerales, somáticas, y en las actividades motoras, indispensable en la supervivencia de los animales (figura 22).

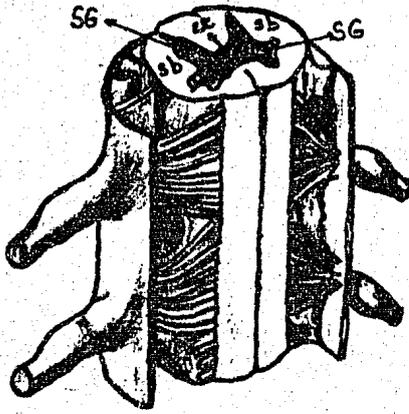


FIGURA22 Esquema de un fragmento de médula espinal donde puede observarse la sustancia gris (SG), la sustancia blanca (sb) y el conducto ependimario (ce) (Modificado de Carpenter, Frandson).

La médula espinal se encuentra cubierta por las meninges, está formada por una porción central, que corresponde a la sustancia gris y una porción externa que es la sustancia blanca.

1.- Sustancia Gris :

La materia gris observada en su conjunto, en un corte transversal, presenta forma de "H"; la rama transversal de esta "H", se denomina comisura gris, y por la cual corre el canal central (también llamado conducto del epéndimo), en toda la longitud de la médula espinal.

Las dos ramas paralelas se encuentran divididas por la rama transversal, en cuatro astas, dos dorsales o sensitivas y dos ventrales o motoras; y en algunas porciones, como es a la altura de las últimas vértebras cervicales y primeras dorsales, se observa, que de la parte media de las astas ventrales, se desprende una prolongación triangular, que penetra en la sustancia blanca y que se denomina asta lateral. Las astas dorsales son más largas y delgadas que las ventrales.

El vértice del asta posterior esta protegido por la sustancia gelatinosa de Rolando, transparente y de aspecto gelatinoso. Esta sustancia se encuentra también rodeando a las células del canal central. La materia gris de la médula espinal, se compone de células nerviosas y fibras nerviosas, unidas por neuroglia.

a) Células nerviosas :

La mayor parte de las células se encuentran reunidas en haces, y un pequeño número de ellas diseminadas.

Todas las células nerviosas de la médula son multipolares, y de muy diferentes formas, variando su tamaño de 8 a 150 μ . Por las dimensiones de su cilindro - eje, se dividen en : Células de cilindro - eje largo, que corresponde a las células radiculares y células cordanales; y células de cilindro - eje corto o células de Golgi: (otros autores las clasifican como neuronas motoras a las 2 primeras y neuronas de asociación a la tercera).

a.1) Células radiculares o motrices :

Generalmente son las más voluminosas, situadas en la asta ventral ; su cilindro-eje sale de la médula por las raíces ventrales, cubiertas de mielina. Al dejar la materia gris, forman tractos más o menos circunscritos (son los axones de varias células motrices), los cuales en el caballo y en los rumiantes no son tan manifiestos como en el hombre.

a.2) Células cordanales (motoras) :

Constituyen la mayor parte de las células de la médula espinal; generalmente son de menor tamaño que las células motrices, y se encuentran diseminadas en la sustancia gris, o bien aisladas o en grupos. La mayor parte de estas células se encuentran en la asta ventral, asta lateral y en la columna de Clarke. Su cilindro-eje se continua con una fibra vertical de la sustancia blanca del lado respectivo, y algunas de estas forman parte de la vía cerebelosa ascendente; otras forman las llamadas fibras del manojo del asta dorsal, otras más se unen a la porción fundamental del cordón dorso-lateral.

a.3) Células de Golgi (de asociación) :

Son las células nerviosas más pequeñas de la médula espinal, localizadas de manera irregular en toda esta materia, pero principalmente en el asta sensitiva. Es necesario no confundirlas con las células de la neuroglia a las que se parecen, sobre todo en las preparaciones histológicas de rutina. También reciben el nombre de células reflejas; intervienen en la transmisión directa de las excitaciones periféricas a las células motrices o a las células nerviosas autónomas.

b) Fibras nerviosas :

Son las dendritas y axones de todas las células ahí existentes, además de las fibras que llegan de los ganglios espinales de las células nerviosas encefálicas; todas estas fibras nerviosas forman la llamada red de Gerlach.

2.- Sustancia Blanca :

La sustancia blanca se encuentra rodeando en su totalidad a la sustancia gris, y se encuentra dividida en dos mitades laterales por : la fisura media o surco medio ventral (inferior), en el que penetra una hoja de la pia-madre; y por el septo medio dorsal (superior), formado de neuroglia. Las dos mitades resultantes, son simétricas, es decir, como si fuera la imagen observada en un espejo. La sustancia blanca se encuentra separada de las meninges, por una capa de células de la neuroglia. En la porción inferior de la médula, entre la comisura gris y el surco medio ventral se encuentra la denominada comisura blanca.

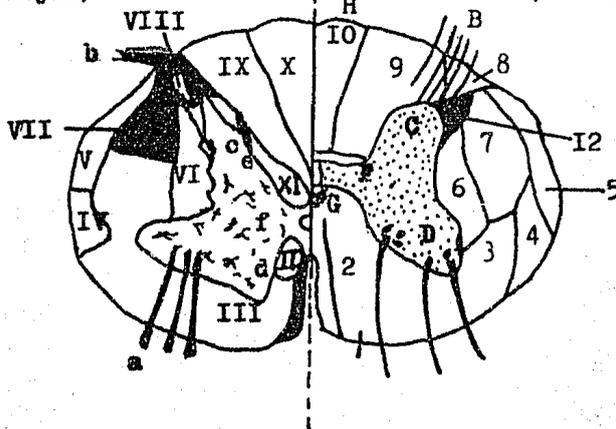
Al microscopio, la sustancia blanca aparece formada por una gran cantidad de tubos nerviosos, paralelos, sostenidos por una malla tupida de células de neuroglia. Los tubos nerviosos están formados principalmente por fibras nerviosas meduladas, de grosor variable, y por limitadas fibras nerviosas no meduladas. Las fibras nerviosas pueden dividirse en tres clases principales: Fibras cordonales, que tienen su origen en las células del mismo nombre, en la sustancia gris; Fibras nerviosas provenientes de las células encefálicas; y las fibras que provienen de las células de los ganglios espinales.

Cada una de las dos mitades de la sustancia blanca, se subdividen en tres porciones o cordones, que son: el superior, medio e inferior; delimitados por las raíces inferiores o motoras y las raíces superiores o sensitivas, al salir de la sustancia gris. Desde un punto de vista fisiológico, estos tres cordones pueden subdividirse en diferentes fascículos cada uno, aunque las observaciones microscópicas dan pocos detalles diferenciales, se ha llegado a esta subdivisión por otros medios; estas subdivisiones corresponden a diferentes funciones.

Para una mejor comprensión por parte del alumno, es necesario esquematizar la médula espinal, como se muestra en el esquema siguiente (figura 23) :

Médula cervical humana.
(Cajal)

Médula cervical equina.
(Lesbre)



I.- Via piramidal directa. II. Manojo de fibras comisurales.
 III. Porción fundamental del cordón anterior lateral. IV. Fascículo de Gowers. V. Fascículo cerebeloso ascendente. VI. Manojo del asta posterior. VII. Vía piramidal cruzada. VIII. Zona marginal de Lissauer. IX. Cordón de Burdach. X. Cordón de Goll. XII. Substancia de Rolando.

a. Raiz anterior o motora. b. Raiz posterior o sensitiva.
 c. Asta posterior. d. Asta anterior. e. Haz reflejo motor.
 f. Comisura gris. g. Comisura blanca. h. canal del epéndimo.

1.- Fascículo de Turck ó piramidal anterior. 2. Fascículo restante del cordón inferior. 3. Fascículo restante ó fundamental del cordón lateral. 4. Fascículo de Gowers. 5. Fascículo cerebeloso directo. 6. Fascículo lateral profundo. 7. Fascículo piramidal cruzado. 8. Zona de Lissauer. 9. Fascículo de Burdach. 10. Fascículo de Goll. 11. Zona ventral del cordón posterior. 12. Substancia gelatinosa de Rolando.

A. Ramas motrices.
 C. Asta superior.
 E. Asta lateral.
 G. Comisura blanca.

B. Ramas sensitivas.
 D. Asta inferior.
 F. Comisura gris
 H. Canal del epéndimo.

(Tomado de Appendini)

MENINGES :

Las meninges, son una capa protectora y de nutrición que se encuentra entre los huesos de la cavidad craneana y del conducto vertebral, y del sistema nervioso central; en parte parecido al tejido conjuntivo que rodea a los nervios.

Esta formada por tres capas, las cuales de afuera hacia adentro son : 1) Dura-madre o paquimeninge (figura 24).

- | | | |
|---------------|---|--|
| 2) Aracnoides | } | Estas dos últimas forman la leptomeninge |
| 3) Pia-madre | | |

1.- Dura-madre:

La dura-madre también se denomina paquimeninge (paqui = grueso), forma dos láminas de tejido conjuntivo denso. La más externa está muy vascularizada y a nivel del encéfalo se encuentra formada por el periostio de los huesos craneales. La lámina interna se encuentra escasamente vascularizada. Entre ambas capas se localizan, a nivel de las fisuras cerebrales, cavidades vasculares limitadas por endotelio denominadas senos duros. Los cuales constituyen una vía de reincorporación del líquido cefalorraquídeo al torrente sanguíneo. A la altura del canal raquídeo, la duramadre se encuentra separada del periostio de las vértebras por una capa de tejido adiposo.

El área ocupada por este tejido recibe el nombre de espacio epidural, el cual en ocasiones es utilizado como vía de administración de algunos anestésicos.

Entre la dura-madre y la aracnoides, existe un espacio capilar, denominado espacio subdural, en el que se encuentra un líquido que tiene las características de linfa. La dura-madre, únicamente se aleja del periostio a la altura de las cisuras mayores del cerebro, como tabique divisorio. A la salida de los nervios, la dura-madre se continua con la cubierta conjuntiva de estos. Esta estructura mantiene unido al cerebro con la cavidad craneana-

na, y a la médula con las vértebras.

2.- Aracnoides :

La aracnoides esta formada por una membrana conjuntiva no vascular, intimamente ligada a la dura-madre, tampoco penetra en las cisuras menores. El tejido que la forma tiene fibras elásticas muy finas y en pequeña cantidad, las cuales emiten prolongaciones hacia la pia-madre, dejando un espacio que se conoce como subaracnoideo. La pared y las prolongaciones, estan rodeadas por una capa de células epiteliales mesenquimales que tienen núcleos ovales, que se tiñen palidamente, las cuales en circunstancias especiales pueden transformarse en macrófagos (son histiocitos); además de rodear a las fibras, recubren tambien al espacio subaracnoideo y a la pia-madre. Este espacio subaracnoideo esta ocupado por líquido cefalorraquideo, el cual, además de proteger al tejido nervioso, constituye una via de salida de las sustancias tóxicas, al unirse con los senos venosos de la dura-madre. En algunas regiones, este espacio se agranda y se separa de la pia-madre, para formar las llamadas cisternas, llenas tambien de líquido cefalorraquideo. La aracnoides en algunas porciones penetra hasta los senos nerviosos, perforando su pared formando las vellosidades aracnoideas, las cuales estan tambien formadas por células mesoteliales; estas son la principal ruta de drenaje del líquido cefalorraquideo a las venas.

3.- Pia-madre :

La pia-madre esta en contacto con el tejido nervioso, al que acompaña en toda su superficie. Esta formada por dos capas: la superficial, de fibras de colágena y fibroblastos

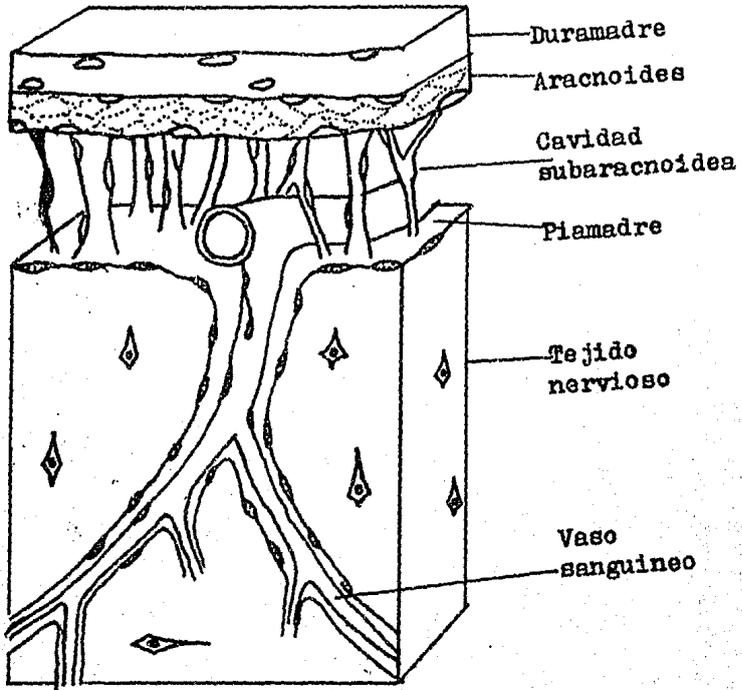


FIGURA 24 Esquema de la estructura de las meninges.
(Tomado de Junqueira, Lesson)

y recubierta por células mesoteliales que forran el espacio subaracnoideo y por una capa interna o pia-intima en la que se encuentran fibras reticulares y elásticas muy finas, que se unen fuertemente al tejido nervioso por una finísima red glial. A la altura de la porción dorsal de la médula, la pia-madre envía un tabique fibroso denominado septo dorsal.

Al pasar los vasos sanguíneos de la pia-madre al tejido nervioso se acompañan de una envoltura de la pia-intima, la cual deja un espacio perivascular, denominado espacio de Virchow-Robin, que está lleno de líquido cefalorraquídeo.

La principal ruta de entrada de sangre, al SNC, se efectúa a través de los vasos sanguíneos de esta capa. A la altura de la médula espinal, la pia-madre se une firmemente a la duramadre, por unos ligamentos llamados "denticulados", los que la sostienen y la mantienen cerca del espacio subaracnoideo.

LIQUIDO CEFALORRAQUIDEO :

El líquido cefalorraquídeo, es cristalino e incoloro, casi no tiene proteínas, su apariencia es similar a la del agua y se encuentra dentro del sistema intraventricular y en los espacios subaracnoideos. Debido a que el cerebro y la médula espinal literalmente flotan en el líquido cefalorraquídeo puede considerarse que poseen un dispositivo anti-choque que los defiende en cierto modo de las lesiones.

El 80% del delicado y blando encéfalo está formado por agua y puede soportar los movimientos de la cabeza debido a la presencia del líquido cefalorraquídeo y a la protección que le brindan las meninges y la rígida caja craneal. Las características físico-químicas del líquido cefalorraquídeo se señalan en el (cuadro IV).

CUADRO IV CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL
LIQUIDO CEFALORRAQUIDEO

Densidad. 1.005

Incoloro. Transparente

Linfocitos 3 por mm³

COMPONENTES INORGANICOS		COMPONENTES ORGANICOS	
Sodio	3.35	Glucosa	
Potasio	0.106	Colesterol	
Calcio	0.053	Urea	0.15 A 0.25
Cloro	4.35	Proteínas	0.10 A 0.25
Bicarbonato (CO ₃ H)	1.05	N Total	0.200
Fosfato (PO ₄)	0.020	Fibrinógeno	no contiene

Gramos por litro

La mayor parte del líquido cefalorraquídeo se origina a partir de las estructuras conocidas como plexos coroideos, las cuales se localizan en los cuatro ventrículos del encéfalo. Un plexo coroideo es una estructura funcionalmente compleja, especializada en secretar, dializar y absorber; algunas de estas funciones se llevan a cabo mediante transporte activo bidireccional. Histológicamente los plexos coroideos están formados por tres diferentes componentes tisulares (figura 25).

- Epitelio ependimario
- Tela coroidea
- Plexo coroideo

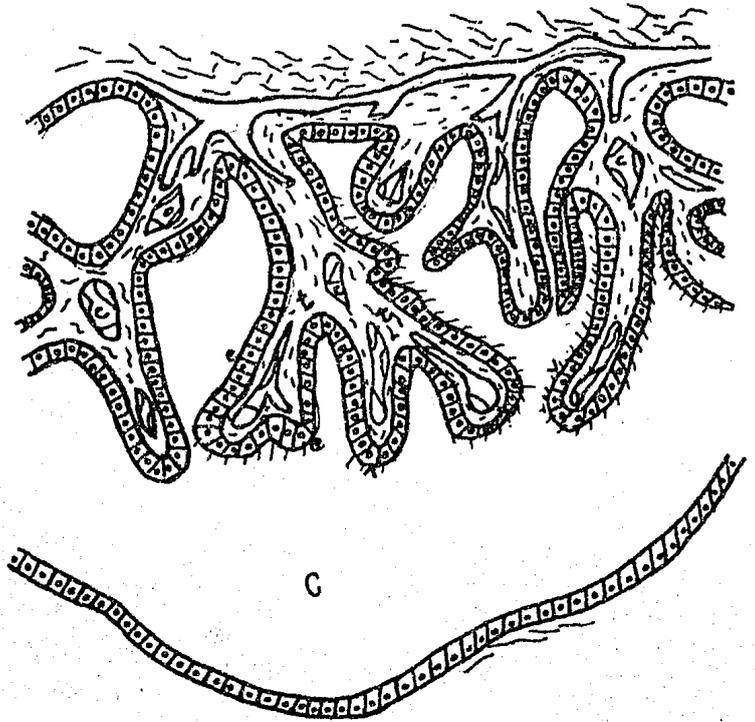


FIGURA 25 Esquema de un plexo coroideo donde se observan vellosidades (v) formadas por tela coroidea (t), plexos capilares (c), y ependimocitos (e), proyectándose hacia la cavidad ventricular (C) .

(Modificado de Lopez-Antunez, Noback)

BARRERA HEMATOENCEFALICA :

El concepto de barrera hematoencefálica se basó originalmente en la observación de que muchas sustancias químicas que pasan fácilmente de la corriente sanguínea hacia el líquido intersticial y al parénquima de muchos órganos, no lo hacen en el cerebro y la médula espinal. Así, se afirmaba la existencia de una barrera entre el sistema vascular y el encéfalo. A esta barrera se denominó Barrera Hematoencefálica, que son una serie de mecanismos que regulan el paso de sustancias del torrente sanguíneo hacia el espacio intercelular del tejido nervioso.

Las principales estructuras relacionadas con el control del paso de sustancias de la sangre hacia el espacio intercelular son:

- El endotelio de los vasos sanguíneos
- La membrana basal del capilar
- Las prolongaciones perivasculares de los astrocitos.

La barrera hematoencefálica se debe a una menor permeabilidad de los capilares sanguíneos existentes en el tejido nervioso. La estructura más importante en la composición de esta barrera es la célula endotelial de los capilares, ya que su citoplasma no presenta los poros observados en los capilares de otros sitios del organismo.

SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO

Los elementos estructurales que integran el Sistema Nervioso Periférico son:

- Nervios
- Ganglios nerviosos
- Terminaciones nerviosas

Los nervios periféricos comprenden los nervios craneales y los espinales y sus ramas; los ganglios nerviosos periféricos son colecciones de cuerpos neuronales asociados a los nervios periféricos. Un nervio periférico consta de tres elementos básicos: 1) axones; 2) neurelema (vaina de Schwann) y cubierta de mielina (elemento intersticial), y 3) endoneurio, perineurio y epineurio, formados por elementos de tejido conjuntivo. Un ganglio nervioso periférico también consta de tres elementos básicos: 1) cuerpos celulares y porciones proximales de axones y dendritas de estas mismas neuronas; 2) células satélites internas que constituyen elementos intersticiales, y 3) células satélites externas formadas por elementos de tejido conjuntivo.

Estos elementos constituyen el medio por el cual el Sistema Nervioso Central se relaciona con el resto del organismo y el medio externo. Estas estructuras reciben los estímulos del medio externo e interno y conducen esta información al SNC, el cual integra, asocia e interpreta la información y transmite una o varias respuestas a través de estos mismos elementos a los diferentes órganos efectores.

Funcionalmente el SNP puede ser dividido en :

- Sistema nervioso somático
- Sistema nervioso autónomo

El primero es responsable de la percepción de información del medio externo, de conducirla al SNC y de llevar la respuesta al órgano efector.

El sistema nervioso autónomo realiza funciones similares, sin embargo, la información que conduce siempre involucra la actividad de algún órgano interno.

NERVIOS PERIFERICOS :

El conjunto de fibras nerviosas que se extiende desde los cuerpos neuronales hasta su terminación en alguna estructura fuera del SNC se denomina nervio periférico.

Los nervios periféricos constan de fibras mielínicas y amielínicas rodeadas por varias capas formadas por elementos del tejido conjuntivo y por una capa de epitelio.

El endoneurio, llamado también vaina de Henle, rodea cada célula de neurolema con una envoltura especial que comprende la lámina basal asociada con la célula de neurolema, algunas células mesenquimatosas dispersas (fibroblastos, histiocitos) y algunas delgadas fibras de tejido conjuntivo. El perineurio rodea a las fibras nerviosas agrupadas en fascículos; comprende una lámina externa de tejido conjuntivo y una interna de epitelio. Esta es delgada continua y consta de varias capas de células epiteliales escamosas que constituyen el llamado epitelio perineural; esta cubierta se extiende centralmente a lo largo de las raíces

dorsales y ventrales de los nervios espinales, en donde se continúan con la capa piaracnoidea; periféricamente contribuye a formar las cápsulas de los receptores sensoriales; por ejemplo; los corpúsculos luminosos de (Pacini), táctiles de (Meissner) y los husos neuromusculares y placas motoras terminales.

Se supone que el epitelio perineural constituye una barrera que impide el paso de muchas sustancias del tejido conjuntivo del epineurio y el perineurio a las fibras nerviosas. El epineurio envuelve simultáneamente gran número de fascículos entre los que se encuentran los nervios periféricos; las láminas de tejido conjuntivo del perineurio de estas capas se continúan centralmente con la duramadre. El tejido conjuntivo desempeña varias funciones; proporciona soporte físico, participa en forma importante en la nutrición suministrando una rica red de vasos sanguíneos, e interviene en la actividad conductora de las fibras nerviosas a través del contenido electrolítico de los líquidos intersticiales (figura 26).

GANGLIOS NERVIOSOS:

Los ganglios del sistema nervioso periférico son estructuras formadas por cuerpos celulares y porciones adyacentes de sus prolongaciones. Existen dos tipos de ganglios: 1) los sensoriales (aférentes) de los nervios craneales y de los nervios espinales y 2) los ganglios motores del sistema nervioso autónomo. Los ganglios sensoriales situados cerca del sistema nervioso central generalmente son agregados de células unipolares y no presentan sinapsis. Una de las prolongaciones de sus células unipolares se extiende distalmente a lo largo de un nervio periférico hasta una terminación sensorial; la otra penetra al sistema nervioso central.

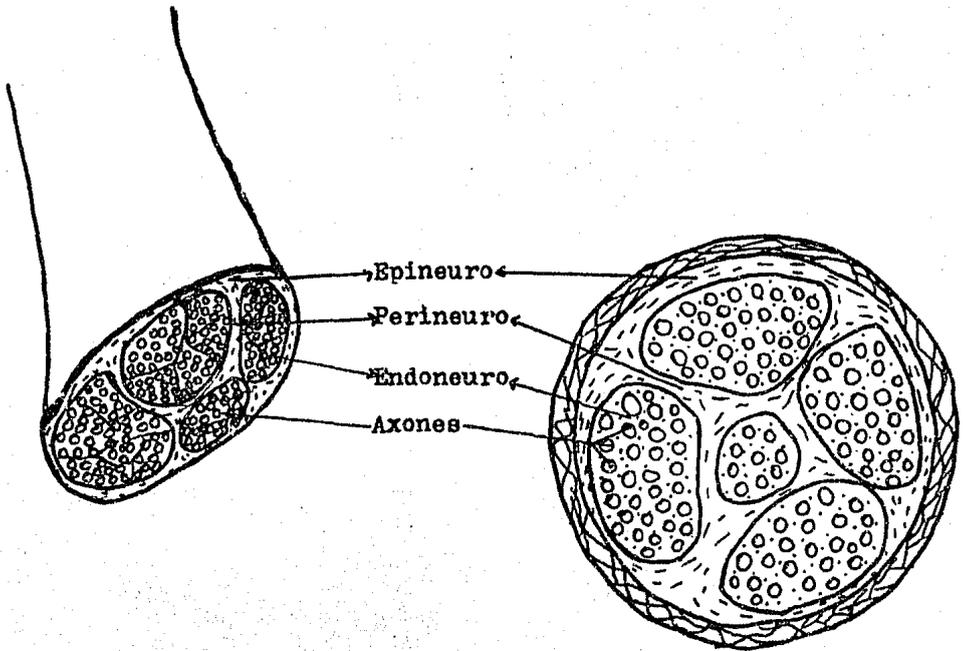


FIGURA 26 Esquema de un nervio periférico visto al microscopio óptico (A), nervio periférico cortado transversalmente (B).

(Modificado de Carpenter, Lopez-Antunez Polak)

Los ganglios motores autónomos, localizados muy próximos o en el interior de órganos viscerales. Son agregados de neuronas multipolares postganglionares, del sistema nervioso autónomo; sus dendritas y cuerpos celulares multipolares, que se encuentran casi completamente dentro del ganglio, hacen conexiones sinápticas con los axones de neuronas preganglionares. Existen dos tipos de ganglios nerviosos autónomos:

- Ganglios simpáticos
- Ganglios parasimpáticos

Cuando los ganglios parasimpáticos se localizan fuera del órgano visceral, son muy similares a los ganglios simpáticos. Sin embargo, en los casos en que se localizan en las paredes de un órgano hueco (ganglios intramurales) su morfología es muy diferente. Están formados sólo por unas cuantas neuronas multipolares cuyos somas se encuentran desprovistos de anficitos y en su lugar, se localiza una lámina continua formada por fibroblastos; no presentan cápsula que los delimite por lo que el tejido conectivo que presentan se continúa con el de los tejidos adyacentes.

TERMINACIONES NERVIOSAS :

En relación a las propiedades funcionales se han descrito tres tipos de neuronas:

- 1) Neuronas eferentes o motoras, que conducen el estímulo del SNC al SNP.
- 2) Neuronas aferentes o sensitivas, que conducen el estímulo del SNP al SNC.
- 3) Neuronas conectoras, están intercaladas entre los elementos sensitivos y efectores, conduciendo el estímulo entre estas.

En base a la clasificación anterior, debemos entender como terminación nerviosa unicamente a los puntos finales de las dendritas, a nivel de las estructuras encargadas de recibir el estímulo (terminaciones nerviosas aferentes o sensitivas), y el punto final del axón en contacto con los órganos efectores (terminaciones nerviosas eferentes o motoras). Los puntos de unión de las neuronas efectoras con los receptoras o con las células intercaladas se denominan sinápsis, independientemente de que sean el punto terminal de la neurona.

Terminaciones nerviosas eferentes o motoras:

Las fibras nerviosas eferentes, se relacionan a nivel de su extremidad terminal por medio de estructuras similares a las sinápsis, con los músculos voluntarios o esqueléticos, con el músculo liso, con las fibrocélulas musculares del miocardio (particularmente las del Sistema Autónomo de Conducción) o con las glándulas ; Resumiendo:

- Terminaciones nerviosas eferentes somáticas :

Son fibras

motoras, destinadas a los músculos voluntarios o esqueléticos.

El pericarión de la neurona se encuentra en la sustancia gris del encéfalo o de la médula espinal. Su acción es la excitación de la contracción de los músculos.

- Terminaciones nerviosas eferentes viscerales:

Pueden ser fibras

motoras, destinadas a inervar al miocardio o a la musculatura lisa, o bien secretoras cuando se relacionan con las glándulas. Son fibras postganglionares que provienen de los ganglios del sistema nervioso autónomo.

Placa Motora:

Las terminaciones de las fibras nerviosas eferentes motoras de tipo somático sobre las fibrocélulas musculares estriadas presentan dos tipos de morfología. En los músculos blancos son aplanadas y alargadas con muchas vesículas sinápticas y un complejo de unión muy desarrollado, mientras que en los músculos rojos son pequeñas, elípticas con pocas vesículas sinápticas y un complejo de unión poco desarrollado. Las demás características son similares entre sí.

La placa nerviosa motora, ya a nivel de la musculatura, sufre ramificaciones, cada una de las cuales se pone en contacto con una fibrocélula muscular esquelética mediante la placa motora. Generalmente, se presenta una sola placa motora por fibrocélula rara vez, y solo en las fibrocélulas más largas pueden presentarse más de una placa. Al grupo de fibrocélulas musculares que son inervadas por las ramificaciones de una sola fibra nerviosa se le llama "unidad motora", y es más pequeña, mientras más delicado y preciso es el movimiento que el músculo provoca generalmente

son de 3 a 6 fibrocélulas musculares en los músculos extrínsecos del ojo, por ejemplo, mientras que en los músculos de los miembros puede llegar la unidad motora hasta 120-150 o más. El hecho de que la unidad motora se presente, permite graduar la respuesta motora de un valor mínimo a uno máximo, con sus grados intermedios, mediante la activación de un número cada vez más grande de unidades motoras. La contracción total de un músculo es el resultado de la contracción de todas sus unidades motoras.

La placa motora es de contorno circular u oval, generalmente en la parte media de la fibrocélula muscular, con un diámetro de algunas decenas de micras, esta formada por la unión de la fibra nerviosa con la fibrocélula muscular.

La fibra nerviosa, cerca de la placa motora pierde su cubierta de mielina, atravieza la membrana basal de la fibrocélula muscular, y se subdivide en numerosas ramas de curso muy sinuoso, la llamada "arborización nerviosa de la placa motora", la vaina de Schwann, continua acompañando a las fibras; las ramas de las fibras parecen penetrar al sarcoplasma, sin embargo, nunca se pierde la membrana de la fibra nerviosa ni la membrana de la fibrocélula muscular, siempre quedan separadas por un espacio de aproximadamente 600Å (fisura sináptica).

A la altura de la unión nervio músculo, se presentan numerosos ensanchamientos de la fibra nerviosa, a manera de aparato presináptico, en las cuales se encuentran numerosas vesículas sinápticas de 500Å, de contenido claro, numerosas mitocondrias y algunos neurofilamentos y neurotúbulos (similares a los botones sinápticos, o elemento presináptico).

La membrana plasmática de la fibrocélula muscular no se encuentra engrosada, pero presenta numerosas y profundas invaginaciones que penetran en el sarcoplasma, el sarcoplasma se presenta libre de miofibrillas, con varios núcleos, mitocondrias abundantes, el sarcoplasma es ligeramente granular, algunas cisternas del retículo endoplásmico liso y ergastoplasma. El mediador químico de la sinápsis mioneural es la acetil colina. En la fisura sináptica se encuentra una gran cantidad de acetilcolinesterasa.

Inervación motora de la musculatura lisa (eferente):

Se presenta por fibras nerviosas postganglionares amielínicas, involuntarias. Su observación no es fácil, en vista de que es difícil distinguir las fibras colinérgicas de las adrenérgicas, así como por su variabilidad morfológica en diferentes partes. Parece ser, que en la musculatura lisa del conducto deferente de la rata, cada fibrocélula muscular lisa se pone en contacto sináptico con una fibra nerviosa, mientras que en la musculatura del intestino, solo algunas células están inervadas, y no se forman sinápsis clásicas. La transmisión del impulso se fomentaría a nivel de las uniones intercelulares estrechas de las células contiguas.

Las terminaciones nerviosas del simpático y parasimpático a este nivel, se presentan como un botón con vesículas sinápticas, en unos botones las vesículas contienen un material granular, son las fibras adrenérgicas del simpático, mientras que las vesículas claras contienen acetilcolina y pertenecen al parasimpático.

Inervación motora del miocardio (eferente):

Las células del miocardio, sobre todo las que pertenecen al Sistema Autónomo de Conducción del corazón, presentan una inervación muy rica, algunas fibras salen del simpático o adrenérgicas, y otras del parasimpático o colinérgicas, del nervio vago. Estas fibras contribuyen a regular el ritmo cardiaco, el simpático lo acelera, y el vago lo disminuye. No se presentan placas motoras, solo, en diferentes puntos pueden apreciarse pequeños botones con vesículas sinápticas por lo que es probable que a este nivel se presente el paso del estímulo.

Terminaciones eferentes en las glándulas :

En algunas glándulas como la adrenal y las glándulas sudoríparas están unidas por fibras postganglionares colinérgicas del simpático. Otras glándulas como la parótida presentan inervación simpática y parasimpática. En todos los casos es difícil observar la terminación nerviosa, se sabe que atraviezan la membrana basal y terminan cerca de las células. Como en las descripciones anteriores, las terminaciones con vesículas granulares corresponden a las adrenérgicas del simpático, y las claras a las colinérgicas del parasimpático.

Terminaciones nerviosas aferentes o sensitivas:

Las descrip-

ciones anteriores han considerado las uniones interneuronales y las uniones entre fibras nerviosas y órganos efectores. Esto representa solo una parte de las funciones del tejido nervioso, este tiene también la función de recibir, captar y conducir mediante las fibras aferentes sensitivas las diferentes condiciones ambientales y microambientales; cuando el impulso es activado por cambios internos y externos llegan al SNC, este lo hace consciente, y prepara una respuesta de tipo voluntario o involuntario que envía a los órganos efectores.

Las neuronas destinadas a la captación de estímulos se denominan neuronas receptoras. En los vertebrados, solamente en casos limitados las neuronas receptoras captan directamente el estímulo del mundo externo, como por ejemplo las células olfatorias, generalmente las neuronas receptoras presentan una prolongación dendrítica que se pone en contacto con células de otros tejidos, a través de las cuales reciben la excitación; el pericarion de estas neuronas se encuentra en los ganglios cerebro espinales, excepto las neuronas sensitivas del nervio trigémino, situadas en el mesencéfalo, o núcleo mesencéfalico sensitivo del trigémino; por esto se habla de receptores y no de terminaciones nerviosas receptoras.

La clasificación de los receptores se han hecho desde diferentes puntos de vista ninguna de las cuales es completa, por lo que se procederá a la descripción de los receptores, independientemente de su clasificación y se mencionaran solo algunas de ellas.

- De acuerdo a sus aspectos estructurales, los receptores se clasifican en: A) Libres

B) En corpúsculos

C) Terminaciones relacionadas con células epiteliales particularmente modificadas.

D) Células nerviosas sensitivas diferenciadas o neuronas sensitivas primarias.

- En relación al tipo de estímulo que responden:

A) Quimiorreceptores

E) Termorreceptores

B) Fonorreceptores

F) Receptores del dolor

C) Fotorreceptores

G) Estatoceptores (del equilibrio)

D) Mecanorreceptores

- Si se toma en cuenta su posición topográfica y sobre el sitio de donde se recibe el estímulo se clasifican en:

A) Esteroceptores

B) Propioceptores

C) Introceptores

Esta última clasificación necesita explicarse.

Los esteroceptores se localizan en la superficie externa del cuerpo, separados uno del otro, o bien organizados en órganos de los sentidos.

Relacionan al organismo con el medio ambiente y su función se relaciona estrechamente con la vida de relación. Son sensibles a los estímulos térmicos, dolorosos, luminosos, acústicos, olfativos, etc.

Los propioceptores reciben estímulos de las partes profundas del cuerpo, a nivel de las articulaciones, de los múscu-

los, tendones, ligamentos, los receptores del equilibrio, etc. La información captada se utiliza mediante la corteza cerebral para la valoración consciente de la actividad muscular, movimiento de las diferentes partes del cuerpo y para mantener el equilibrio. Intervienen también en los reflejos medulares para controlar el tono muscular, entre otros. Individualmente interviene en la vida de relación.

Los introceptores o imeroceptores se encuentran en las vísceras del organismo, y su función se relaciona con la actividad del sistema simpático visceral. Dan origen a sensaciones de dolor visceral, hambre, sed, sensación de bienestar de malestar. Como respuesta a estos estímulos se obtiene el funcionamiento de la vida vegetativa. Como ejemplo de ellos son el arco aórtico el seno carotídeo y los receptores que se encuentran en otras vísceras cavitarias

Receptores intraepiteliales

Receptores Libres:

Las fibras no presentan ninguna relación con células epiteliales modificadas, sino se distribuyen entre las células de los epitelios de revestimiento. Están representadas por las ramificaciones terminales de fibras mielínicas, las cuales llegan al conjunto subepitelial, en donde pueden formar un plexo, pierden la capa de mielina y penetran entre las células epiteliales, llegando hasta las capas más externas, y las ramificaciones que pertenecen a una sola fibra pueden distribuirse en una zona muy amplia.

Las terminaciones libres son consideradas receptores para los estímulos dolorosos, por el hecho de que son los únicos presentes en sedes en donde la principal sensación es el dolor, como la pulpa dentaria y la córnea. No existen estímulos doloríficos específicos, de hecho aparecen por diversos estímulos (picaduras, aplastamientos, estímulos químicos, físicos, etc); y al llegar el impulso al SNC aparece la sensación del dolor. Un caso particular de terminación intraepitelial, esta representado por las que se localizan en la jeta del cerdo, descritas por Merkel; y que también se han observado en el hombre, en la vaina externa de la raíz del pelo, en la epidermis. La porción terminal de las ramificaciones intraepiteliales, se expande en un disco concavo convexo que contiene una trama neurofibrilar, llamado menisco táctil de Merkel; cada menisco contiene en su porción concava una célula epidérmica modificada, considerada como intermedia entre las células epiteliales normales y las células epiteliales ramificadas o secundarias (como los gustativos) su función es la sensación del tacto.

Las otras sensaciones de los epitelios son las relacionadas con las células sensitivas secundarias como las de las yemas gustativas y las del órgano de corti.

Receptores del Conjuntivo :

Se localizan en muy diferentes partes como son la dermis de la piel, en la lámina propia de las mucosas en el tejido conjuntivo de las membranas serosas, en el tejido conjuntivo intersticial de las vísceras, en las paredes de vasos sanguíneos, etc. Se presentan como terminaciones nerviosas corpusculadas o encapsuladas, en cuya formación participa el tejido

conjuntivo, estas últimas también se les llama corpúsculos encapsulados. Las terminaciones sensitivas del conjuntivo, se mencionan con el nombre de la persona que los observo y describo primeramente.

Corpúsculos de Vater Pacini:

Son receptores encapsulados con un tamaño variable, que puede llegar a varios milímetros. Su forma es ovoidal a subsférica. La cápsula está formada por varias capas de células perineurales de naturaleza conjuntival y de células de Schwann, concéntricas, entre las cuales se encuentran fibras de colágena. En la porción axial de la célula se presenta una terminación de la fibra nerviosa, generalmente no ramificada, gruesa, y alrededor de ella se observan filamentos muy delgados, que se mencionan sean fibras nerviosas del sistema simpático para unos autores y para otras fibras de la misma terminación nerviosa. El corpúsculo de Pacini se encuentra bien desarrollado, en ocasiones, la fibra misma abandona al corpúsculo y penetra en otro corpúsculo de Pacini, distribuyéndose en la misma forma.

Son abundantes en la dermis y subcutis, también se encuentran en el perimisio, periosteo, en el mesenterio, en los tendones ligamentos y en el conjuntivo del páncreas y glándulas salivares. Se consideran receptores de presión profunda. Algunos mencionan que son capaces de responder a modificaciones de la presión sanguínea local, a los cambios de tensión aplicada al mesenterio y cápsulas articulares (figura 27).

Corpúsculos de Krause:

Se encuentra en la córnea, en el conjuntivo de la cavidad bucal, en la dermis de la piel de los genitales externos, en el perimio, peritoneo, cavidades nasales, paladar blando, mucosa de la boca, etc.

Su tamaño varia de 20 a 1000 μ , su forma es generalmente oval; la fibra nerviosa despues de perder la capa de mielina se ramifica en una "madeja" de ramas colaterales de aspecto muy sinuoso entre el cual se encuentran algunas células de Schwann.

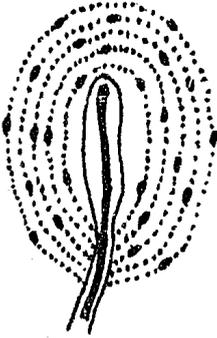
Rodeando a esta madeja se encuentra una capa delgada de fibras del conjuntivo. Se considera que son termorreceptores, para recibir los estímulos de la sensación del frío (figura 27).

Corpúsculos de Meissner:

Se localizan principalmente en las papilas de la dermis. Su forma esta en relación con la papila dermica en que se encuentran, a veces llenandola por completo. Miden de 80 a 120 μ de largo por 30 a 40 μ de diámetro.

En cada corpúsculo penetran una o más fibras nerviosas mielinicas o amielinicas dispuestas en forma helicoidal, terminando libre o relacionada con una célula de Schwann. Alrededor del corpúsculo se observa una cápsula conjuntiva muy delgada.

Estan consideradas como receptores del tacto, o sea mecanorreceptores capaces de captar dos sensaciones muy cercanas entre si. Tal vez respondan a otros estímulos si se presentan de elevada intensidad (figura 27).



Presión: Vater-Pacini



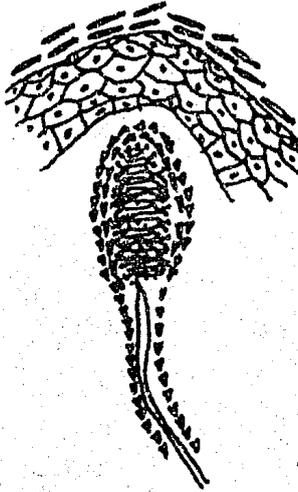
Calor: Ruffini



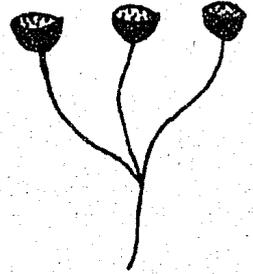
Dolor: Terminaciones nerviosas libres



Frio: Krause



Tacto: Meissner



Corpúsculos de Merkel

FIGURA 27 Esquema representando varios tipos de terminaciones nerviosas sensitivas .

(Modificado de Frandson, Ganong, Junqueira)

Corpúsculos de Golgi-Mazzoni :

Se observan en el tejido subcutáneo y en el conjuntivo que rodea músculos y tendones, miden de 80 a 400 μ por 40 a 80 μ , su forma es esférica, rodeadas de una capsula delgada. Algunos autores las consideran una variante de las de Pacini. La fibra nerviosa pierde la mielina y se ramifica varias veces, terminan en estructuras aplanadas (dando la apariencia de una rama con hojas).

Corpúsculos de Ruffini:

Se encuentran en el tejido conjuntivo subcutáneo en la dermis y en los ligamentos. Están constituidos por una o varias terminaciones nerviosas muy ramificadas envueltas por una capsula de tejido conectivo.

Se relaciona con las sensaciones térmicas del calor; para algunos autores también reciben estímulos eléctricos y mecánicos. (figura 27).

Corpúsculos de Grandy-Merkel :

Se han encontrado en el conjuntivo del pico, lengua y faringe de las aves. Están formados por una capa de conjuntivo muy delgada que rodea de 2 a 5 células grandes, aplanadas de contorno circular, entre las cuales se forma una trama reticular de las fibras nerviosas, las células grandes tal vez sean células de Schwann.

En ocasiones, las fibras nerviosas dan ramas colaterales cuya porción terminal puede formar corpúsculos sensitivos de otro tipo. (figura 27).

Corpúsculos de Herbst :

Se han observado en el pico de los patos, recuerdan en su forma a los corpúsculos de Pacini, diferenciándose de estos porque las capas de conjuntivo son más laxas y alrededor y a lo largo de la fibra nerviosa central se observan células que tal vez sean las de Schwann, redondeadas.

Receptores en los músculos :

La inervación sensitiva de los músculos esta representada por terminaciones libres o encapsuladas en el conjuntivo que rodea a las fibrocélulas musculares. En todos los casos ,la fibra nerviosa aferente corresponde a la rama periférica (dendrita) de neuronas sensitivas de los ganglios cerebro espinales. Estan representados entre otros, el órgano músculo tendinoso de Golgi situado en el sitio de unión músculo-tendón y por los husos neuromusculares, este último con terminaciones nerviosas sensitivas y motoras.

El órgano músculo tendinoso de Golgi se localiza en la porción inicial del tendón, mide de 0.2 a 1.5 mm de largo por 50 a 400 μ de diámetro. Son fibras nerviosas rodeadas del conjuntivo que rodean al tendón y al músculo; las terminaciones nerviosas pueden terminar en ensanchamientos o muy delgadas, a veces se observan corpúsculos de Pacini o similares a ellos. Se encuentran tambien células de Schwann. La presencia del órgano músculo tendinoso permite regular el grado de tensión del tendón, por la contracción muscular, provocando una inhibición

de las neuronas motoras de los cuernos inferiores de la médula espinal, precisamente de las neuronas destinadas a dar motilidad al mismo músculo del que partió el estímulo.

Los husos neuromusculares son muy complicados. Se relacionan fibras nerviosas sensitivas y motoras con un pequeño grupo de fibrocélulas musculares esqueléticas modificadas.

La modificación que presentan las fibrocélulas musculares relacionadas con las fibras nerviosas son la presencia de pocas miofibrillas o ninguna, están separadas del resto del músculo por una cápsula de conjuntivo, y contiene muchos músculos, distribuidos estos en 2 formas diferentes, por lo que se conocen 2 tipos de fibrocélulas:

- 1) Fibrocélulas con núcleos en bolsa o saco nuclear (nuclear bag fibers) largas, con los nucleos dispuestos de una masa irregular y la fibra se ve engrosada a este nivel.
- 2) Fibrocélulas con núcleos en cadena o cadena nuclear (nuclear chain fibers) más cortas y delgadas, los núcleos se disponen en fila y el sarcoplasma mas abundante.

Las fibras nerviosas son tambien de dos tipos, sensitivo y motor. Las fibras sensitivas derivan de neuronas situadas en los ganglios cerebro espinales y terminan en las fibrocélulas musculares modificadas de dos formas diferentes:

- 1.- Terminación sensitiva primaria (terminación anulo espiral)
La fibra nerviosa termina rodeando a la fibrocélula en espiral,

sobre todo en la zona ecuatorial de esta. Se encuentra más frecuentemente en la fibrocélula con saco nuclear. Su función es registrar las modificaciones de tensión del musculo; los impulsos transmitidos son proporcionales al grado de tensión de este.

2.- Terminaciones sensitivas secundarias o expansion en flor (flower spray): Son fibras más delgadas que las anteriores, forman una arborización complicada en la region central de la fibrocélula muscular. Son más frecuentes en las fibrocélulas en cadena nuclear. Se piensa que su función sea registrar el grado de contracción del musculo.

En lo que se refiere a las fibras motoras de los husos neuromusculares o fibras eferentes de Leksell se conoce que un origen se encuentra en neuronas pequeñas (neuronas gama) situadas en los cuernos inferiores de la médula espinal, entremezclados en la célula alfa, más grandes. El axón de las neuronas gama termina en las fibrocélulas del huso, entre la porción central y uno de los extremos, segun dos modalidades diferentes :

- 1) Terminación gama en placa (plate-ending). En forma de pequeñas placas motoras, tal vez más frecuentes en las fibrocélulas con saco nuclear.
- 2) Terminación gama tipo arborización (trail-ending). Se presenta en forma de pequeñas arborizaciones; se menciona que son más frecuentes en las fibrocélulas en cadena nuclear.

Las estimulaciones que llegan por las fibras gama, provocan una contracción pequeña de las fibrocélulas, sobre todo

si se comparan con la contracción del resto del músculo, sin embargo esta contracción es suficiente e importante, ya que pone en tensión la porción central no contractil de las fibrocélulas del huso neuromuscular, logrando estimular a las fibras sensitivas; o sea, la tensión que provocan las fibras gama, regulan la sensibilidad de las fibras sensitivas. El estímulo emitido por las fibras sensitivas se dirige a la médula espinal hasta llegar a las neuronas motoras alfa, específicamente a las que inervan al músculo en donde se encuentra el huso neuromuscular, provocando la contracción del músculo, y la disminución de la tensión en las fibrocélulas del huso neuromuscular. Por otra parte, los axones de las células nerviosas alfa, emiten una rama colateral que llega a una neurona intercalar, provocando la inhibición de las neuronas motoras alfa que inervan los músculos antagonistas respecto a los husos neuromusculares estimulados.

SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO

El sistema nervioso autónomo regula, ajusta y coordina funciones y actividades viscerales vitales, entre las que se encuentran la digestión, el control de la temperatura corporal la presión sanguínea, etc. (cuadros V - VI - VII). Gran parte de sus actividades se llevan a cabo inconscientemente o son percibidas por la mente en forma vaga. Los sinónimos que designan a este sistema reflejan sus actividades funcionales: sistema nervioso involuntario, sistema nervioso vegetativo y sistema eferente visceral general, entre otros.

La función principal del sistema nervioso autónomo es ayudar a mantener un medio interior estable neutralizando las fuerzas que tienden a alterarlo. El concepto que expresa el mantenimiento de este medio es el de homeostasis, que constituye una forma de retroalimentación negativa, y representa el nivel de equilibrio de actividad; por ejemplo, la temperatura corporal relativamente constante, indispensable para la sobrevivencia de los animales de sangre caliente.

El sistema nervioso autónomo tiene un componente aferente (los receptores nerviosos y las fibras nerviosas que conducen información desde las vísceras hasta el sistema nervioso central) un componente de la integración de la información (el encéfalo) para la regulación de las respuestas, y un componente eferente (las neuronas, ganglios y fibras nerviosas que conducen información desde el sistema nervioso central hasta las vísceras).

CUADRO V (Tomados de Fajardo) -122-
EFECTOS NEUROVEGETATIVOS EN LOS ORGANOS DE LA ECONOMIA

ORGANOS EFECTORES	EFECTOS SIMPATICOS Y TIPO DE RECEPTOR	EFECTOS PARASIMPATICOS
OJO: pupila Músculo ciliar	Dilatación (midriasis) alfa Relajación para la visión lejana beta.	Contracción (miosis) Contracción para la visión cercana.
GLANDULAS: Salivales Lacrimales Nasofaríngeas	Secreción viscosa alfa Ninguno Ninguno	Secreción acuosa (enzimas.- Secreción Secreción
PIEL: Músculo pilomotor G. sudoríparas	Contracción alfa Sudor profuso (colinérgico) Secreción localizada (adrenérgica)	Ninguno Ninguno
CORAZON: Nodo S-A Aurículas Nodo AV Ventrículos Coronarias	Aumento de la frecuencia beta. Aumento de la contractilidad beta. Aumento de la velocidad de conducción. Aumento de la fuerza de contracción beta. Dilatadas beta. Contraídas alfa	Disminución de la frecuencia. Disminución de la contractilidad. Disminución de la velocidad de conducción. Contraídas
PULMONES: Músculo bronquial G. bronquiales Vasos Sanguíneos	Relajación beta Inhibición Contraídos alfa	Contracción Estimulación (secreción) Ninguno
ESTOMAGO: Motilidad y tono Esfínteres Secreción	Inhibición beta Contracción alfa Inhibición	Estimulación Relajación Estimulación (secreción)
INTESTINO: Motilidad y tono Esfínteres Secreción	Inhibición alfa y beta Contracción alfa Inhibición	Estimulación Relajación Estimulación (secreción)
HIGADO: Vesícula y conductos biliares. Glucogeno	Relajación Glucogenolisis beta	Contracción Ninguno
BAZO: Cápsula	Contracción alfa	Ninguno

ORGANOS EFECTORES	EFFECTOS SIMPATICOS Y TIPO DE RECEPTOR	EFFECTOS PARASIMPATICOS
PANCREAS: Acinis Islotes	Inhibición alfa Secreción beta	Secreción Secreción
RIÑON: Vasos sanguíneos Diuresis Aparato yuxttaglo merular	Constricción alfa Disminuida Secreción de Renina Beta	Ninguno Ninguno Ninguno
URETER: Motilidad y tono	Inhibición	Estimulación
VEJIGA: Músculo detrusor Trígono	Relajación beta Contracción alfa	Contracción Relajación
PENE	Emisión	Erección y eyacuación
SANGRE: Coagulación Glucosa	Aumentada Aumentada	Ninguno Ninguno
METABOLISMO BASAL:	Aumentado	Ninguno
MEDULA ADRENAL:	Secreción	Ninguno
ACTIVIDAD MENTAL:	Aumentada	Ninguno
TEJIDO ADIPOSO:	Lipólisis beta	Ninguno
VASOS SANGUINEOS: M. esquelético Piel Cerebrales Abdominales G. salivales	Dilatados (colinérgicos) Contraídos (adrenérgicos) alfa Contraídos (adrenérgicos) alfa Dilatados (colinérgicos) Contraídos alfa Contraídos alfa Dilatados beta Contraídos alfa	Ninguno Ninguno Dilatados Ninguno Ninguno Ninguno Dilatados

Notas: Los receptores que se mencionan son los que se han identificado para las catecolaminas.
Las acciones sobre el útero no se mencionan porque varían de acuerdo con la cantidad circulante de estrógenos y progesterona, la fase del ciclo estral y otros factores. Las respuestas del útero grávido son diferentes de las del ingrávido.

ALGUNAS DROGAS QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD NEUROVEGETATIVA

DROGAS QUE AUMENTAN LA ACTIVIDAD SIMPATICA (SIMPATOMIMETICOS)	DROGAS QUE DEPRIMEN LA ACTIVIDAD SIMPATICA (SIMPATICOLITICOS)
<p>LIBERAN ADRENALINA:</p> <p>Tiramina Efedrina Anfetamina</p> <p>ESTIMULAN A LOS RECEPTORES ALFA:</p> <p>Noradrenalina Metaraminol Fenilefrina</p> <p>ESTIMULAN A LOS RECEPTORES BETA:</p> <p>Isoproterenol Adrenalina</p>	<p>BLOQUEA LA SINTESIS DE ADRENALINA:</p> <p>alfa-metil-p-tirosina</p> <p>INTERFIEREN EL ALMACENAMIENTO DE ADRENALINA:</p> <p>Reserpina Guanetidina</p> <p>FORMAN UN FALSO TRANSMISOR:</p> <p>alfa-metil-dopa</p> <p>BLOQUEAN A LOS RECEPTORES ALFA:</p> <p>Fenoxibenzamina Fentolamina Ergotamina</p> <p>BLOQUEAN A LOS RECEPTORES BETA:</p> <p>Dicloroisoproterenol Pronetalol Propenolol</p>
DROGAS QUE AUMENTAN LA ACTIVIDAD PARASIMPATICA (PARASIMPATOMIMETICOS)	DROGAS QUE DEPRIMEN LA ACTIVIDAD PARASIMPATICA (PARASIMPATICOLITICOS)
<p>ESTIMULAN LAS TERMINACIONES NERVIOSAS:</p> <p>Acetilcolina Carbacol Pilocarpina Muscarina Arecolina</p> <p>BLOQUEAN LA ACTIVIDAD DE LA COLINESTERASA (ANTICOLINESTERASICOS)</p> <p>Fisostigmina Neostigmina Piridostigmina Paratión DFP (disopropilfluorofosfato)</p>	<p>BLOQUEAN LAS TERMINACIONES NERVIOSAS:</p> <p>Atropina Escopolamina Homatropina Metantelin Oxifenonium Metilescopolamina N-butilescopolamina</p>

Así pues, al sistema nervioso autónomo lo constituyen elementos del sistema nervioso central y del sistema nervioso periférico.

Hay dos divisiones del sistema nervioso autónomo: el simpático y el parasimpático. La distinción se establece con base anatómica, según el lugar del sistema nervioso donde está localizada el cuerpo celular del axón autónomo pregangliónar.

SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO (ORTOSIMPÁTICO)

El sistema nervioso simpático está constituido por neuronas que tienen sus somas en el sistema nervioso central y neuronas con su soma en el sistema nervioso periférico. Las somas de las neuronas del simpático que forman parte del sistema nervioso central se localizan en el área intermedia de la sustancia gris de la porción torácica y lumbal de la médula espinal. Las somas de las neuronas del sistema nervioso periférico del simpático se localizan en los ganglios espinales, en los ganglios paravertebrales y en los prevertebrales. Las somas de las neuronas del sistema nervioso simpático que forman parte del componente eferente se localizan en los ganglios espinales; las somas de las neuronas del sistema nervioso simpático que forman parte del componente eferente se localizan en los ganglios paravertebrales o en los prevertebrales. Así, el curso que sigue un impulso nervioso desde la terminación nerviosa sensitiva hasta el órgano efector es: 1) terminación nerviosa sensitiva, 2) ganglio espinal, 3) área intermedia de la sustancia gris de la médula espinal, 4) ganglio paravertebral o bien ganglio prevertebral según sea el caso, y 5) víscera.

Solo en el caso de la médula de la glándula adrenal, las neuronas del área intermedia inervan directamente a esta porción de la glándula. Las neuronas del área intermedia de la sustancia gris de la médula espinal se les conoce con el nombre de neuronas preganglionares; a las del ganglio paravertebral o bien del prevertebral se les denomina neuronas postganglionares. Los axones de las neuronas del área intermedia de la sustancia gris de la médula espinal pueden establecer sinapsis con una neurona de los ganglios paravertebrales, o con una neurona de los ganglios prevertebrales, o en el caso de la médula de la glándula adrenal inervan directamente dicha porción.

En el sistema nervioso simpático, las fibras preganglionares por lo general son más cortas que las postganglionares, y todas las fibras postganglionares carecen de mielina es decir son amielínicas.

La mayoría de las vísceras del cuerpo están inervadas por fibras del simpático y los mediadores químicos que poseen las neuronas que pertenecen a él pueden ser acetilcolina y noradrenalina. Las fibras de las neuronas preganglionares poseen acetilcolina por lo que se les denomina fibras colinérgicas; mientras que las fibras de las neuronas postganglionares contienen noradrenalina en su mayor parte es decir son adrenérgicas, y unas pocas colinérgicas.(figura 28) .

ESQUEMATIZACION DEL ORIGEN ANATOMICO DEL SISTEMA NERVIOSO SIMPATICO

-127-

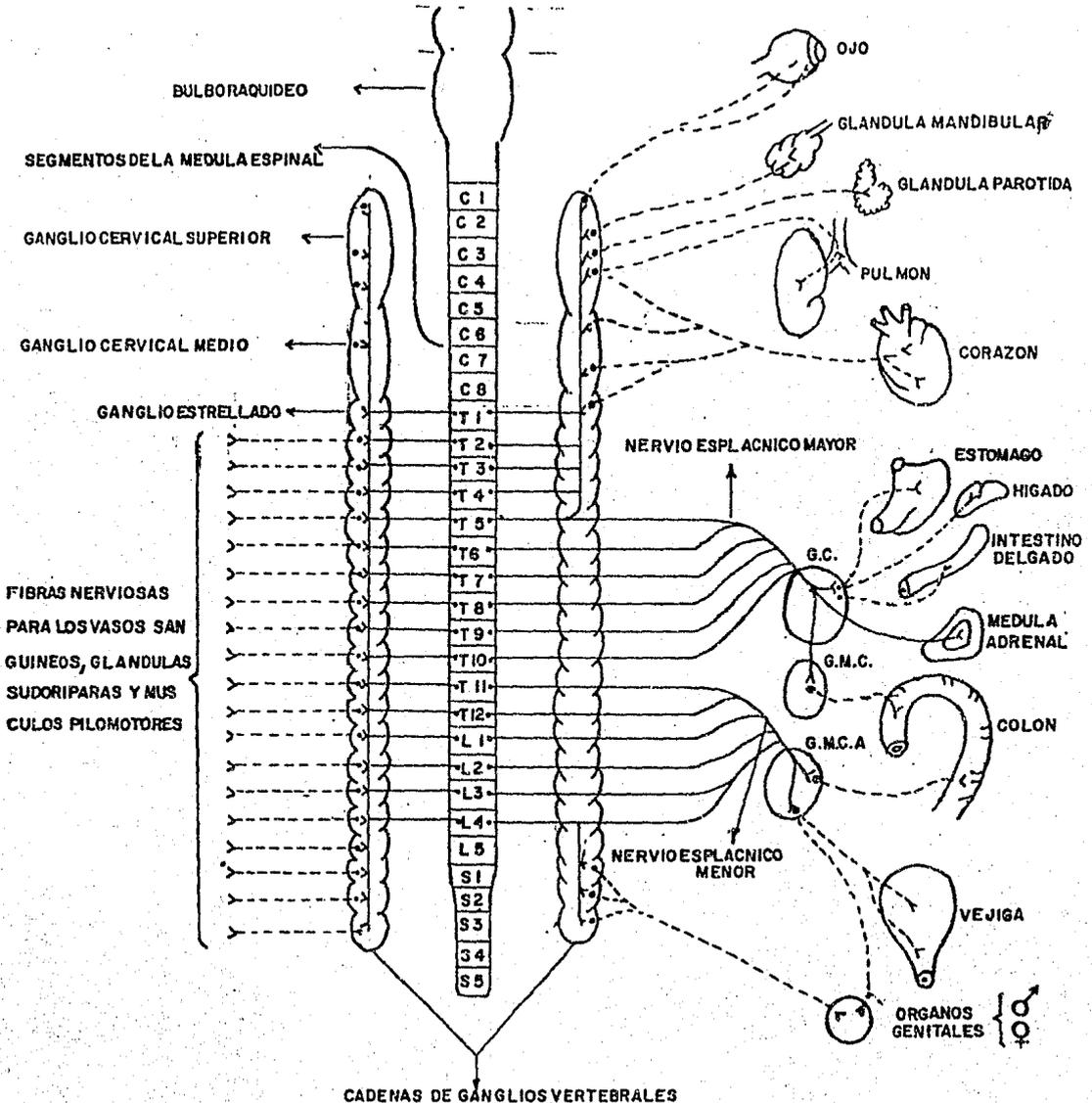


FIGURA 28

LAS FIBRAS PREGANGLIONARES SE REPRESENTAN CON LINEAS CONTINUAS
 LAS FIBRAS POSGANGLIONARES SE REPRESENTAN CON LINEAS DISCONTINUAS
 G.C.; GANGLIO CELIACO O SEMILUNAR
 G.M.C.; GANGLIO MENTERICO CRANEAL
 G.M.C.A.; GANGLIO MENTERICO CAUDAL

(Tomado de Fajardo)

SISTEMA NERVIOSO PARASIMPATICO

Al igual que el simpático las neuronas del sistema nervioso parasimpático tienen sus somas en el sistema nervioso central o bien en el periférico. Las somas de las neuronas del parasimpático que forma parte del sistema nervioso central se localizan en el tallo cerebral: en los núcleos grises del III, VII, IX, X, XI par de los nervios craneales y en el área intermedia de la sustancia gris de la porción sacra de la médula espinal. Los primeros forman la porción craneal del parasimpático, los segundos la porción sacra. Los ganglios geniculado, petroso y nodoso contienen los somas de las neuronas del componente aferente de la porción craneal del parasimpático y los ganglios espinales de la porción sacra son los de esta porción. Las fibras de las neuronas preganglionares cuyos somas se localizan, como ya se dijo, en el tallo cerebral y en el área intermedia de la sustancia gris, alcanzan la víscera respectiva y ahí establecen sinapsis con las neuronas que constituyen los ganglios contenidos en las vísceras; las neuronas de estos ganglios son las neuronas postganglionares del parasimpático. A estos ganglios se les conoce como ganglios intramurales puesto que están incluidos en las paredes de las propias vísceras que inervan. Las fibras preganglionares del parasimpático son largas, en cambio las postganglionares son cortas; hay que recordar que en el simpático la situación es a la inversa: las preganglionares cortas y las postganglionares largas.

La mayor parte de las vísceras del cuerpo están inervadas por fibras del parasimpático excepto la médula adrenal, el bazo,

ESQUEMATIZACION DEL ORIGEN ANATOMICO DEL SISTEMA NERVIOSO PARASIMPATICO

-129-

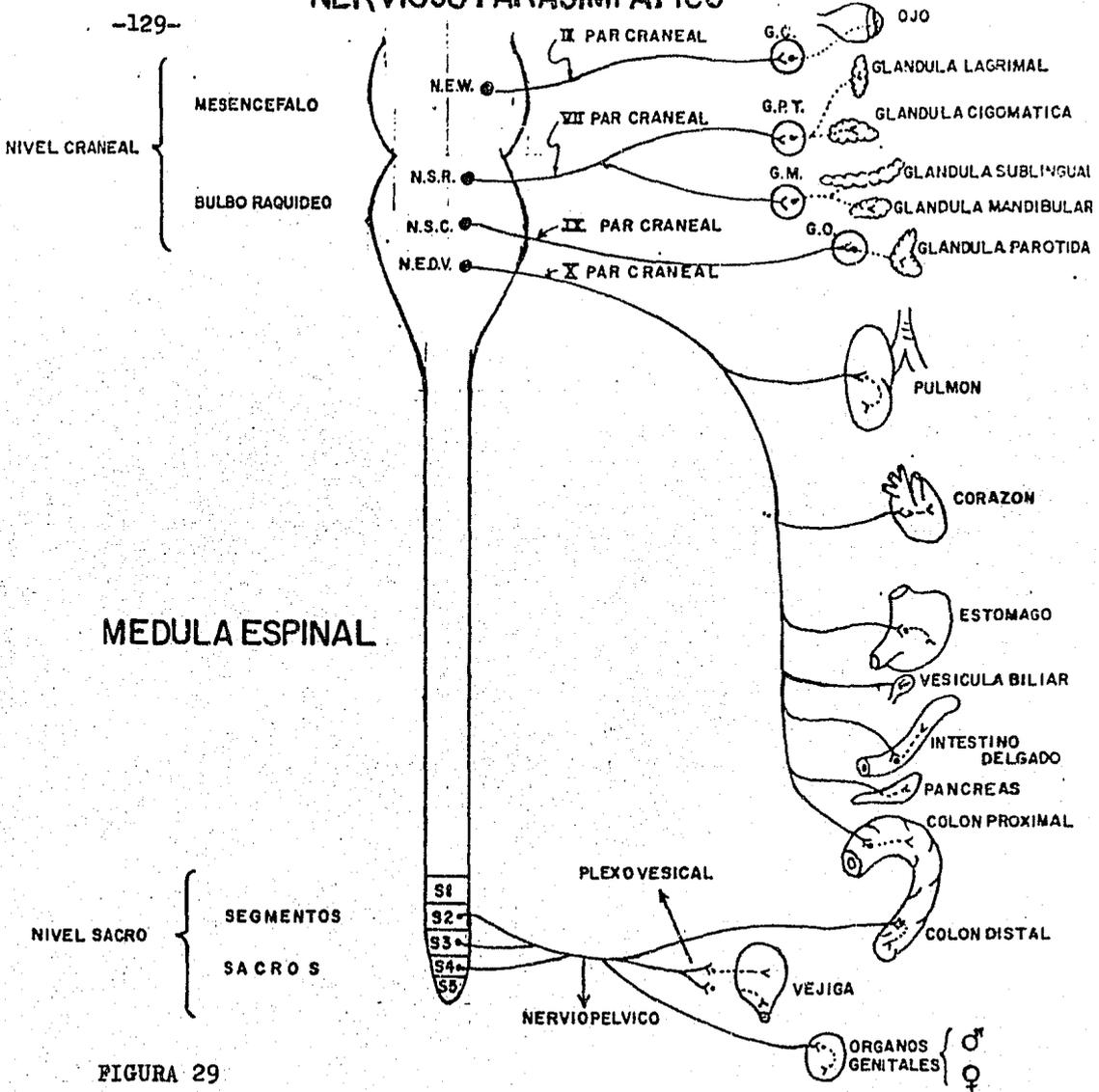


FIGURA 29

N.E.W. - NUCLEO DE EDINGER WESTPHAL
 N.S.C. - NUCLEO SALIVAL CAUDAL
 G.C. - GANGLIO CILIAR
 G.M. - GANGLIO MANDIBULAR

N.S.R. - NUCLEO SALIVAL ROSTRAL
 N.E.D.V. - NUCLEO EFERENTE DORSAL DEL VAGO
 G.P.T. - GANGLIO PTERIGO PALATINO
 G.O. - GANGLIO OTICO

LAS FIBRAS PREGANGLIONARES SE REPRESENTAN CON LINEAS CONTINUAS
 LAS FIBRAS POSGANGLIONARES SE REPRESENTAN CON LINEAS DISCONTINUAS

(Tomado de Fajardo)

las glándulas sudoríparas, los músculos piloerectores, y probablemente, todos los vasos sanguíneos (figura 29) .

Todas las neuronas que pertenecen al sistema nervioso parasimpático tienen como mediador químico la acetilcolina; es decir son fibras colinérgicas tanto las preganglionares como las postganglionares.

Toda la actividad de las vísceras es el resultado de la interacción entre el simpático y el parasimpático. Los dos sistemas integran sus funciones y no son antagonistas. Dentro de la economía corporal generalmente actúan en forma sinérgica, aunque en ocasiones ciertas operaciones se ejecuten independientemente. Funcionan de común acuerdo para mantener la actividad interna del organismo dentro de un nivel de integridad que le permita enfrentar situaciones de fatiga, y para preservar la estabilidad emocional del individuo.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- 1.- Appendini, T., C.M.: Manual de Practicas de Histologia Veterinaria, Tesis de licenciatura F.M.V.Z. U.N.A.M México 1969.
- 2.- Banks, W.J.: Applied Veterinary Histology.
Edit. Williams and Wilkins, Baltimore, U.S.A 1981.
- 3.- Barasa, A.: Apuntes de la Catedra de Histología.
Facultad de Turin, Italia 1970.
- 4.- Bereford, W.A.: Lo Esencial de la Histología.
Edit. El Manual Moderno, México 1975.
- 5.- Bone, J.F.: Animal Anatomy and Physiology.
Edit. Reston Publishing Company Ic, U.S.A 1979.
- 6.- Bloom, W and Fawcell, W.D.: A Textbook of Histology.
10^a Edición Edit. W.B Saunders Company, U.S.A 1975.
- 7.- Bradley, T.S.: Fisiología Animal.
Edit. Omega, Barcelona, España 1969.
- 8.- Carpenter, B.M.: Neuroanatomia Humana. 5^a Edición
Edit. El Ateneo, Argentina 1978.
- 9.- Dellman, H.D and Brown, E.M.: Text book of Veterinary
Histology. 2^a Edición Edit. Lea and Febiger, U.S.A 1981
- 10.- Fajardo, R., M.A.: Manual de Fisiología Veterinaria.
F.E.S - C U.N.A.M. 1985.

- 11.- Frandson, R.D.: Anatomía y Fisiología de los Animales Domesticos. 3^a Edición Edit. Interamericana, México 1984.
- 12.- Ganong, F.W.: Fisiología Médica. 9^a Edición. Edit. El Manual Moderno, México 1984.
- 13.- Getty, R.: Anatomía de los Animales Domesticos. Tomo I - II 5^a Edición Edit. Salvat, Barcelona, España 1982.
- 14.- Guyton, C.A.: Tratado de Fisiología Médica. 5^a Edición. Edit. Interamericana, México 1977.
- 15.- Ham, W.A.: Tratado de Histología. 8^a Edición Edit. Interamericana, México 1983.
- 16.- Houssay, A.B.: Fisiología Humana. 5^a Edición Edit. El Ateneo, Argentina 1978.
- 17.- Howard, E and Lahunta, A.: Disección del Perro. Edit. Interamericana, México 1983.
- 18.- Jenkins, W.T.: Functional Mammalian Neuroanatomy. Edit. Lea and Febiger, U.S.A 1972.
- 19.- Junqueira, L.C and Carneiro, J.: Histología Basica. 6^a Edición Edit. Salvat, Barcelona, España 1979.
- 20.- Junqueira, L.C., Carneiro, J. and Lopez-Saez.: Biología Celular. 3^a Reimpresión Edit. La Prensa Medica Mexicana, México 1984.

- 21.- Laguna, J.: Bioquímica. 2^a Edición
Edit. La Prensa Medica Mexicana, México 1978.
- 22.- Lesson, C.R.: Histología. 3^a Edición
Edit. Interamericana, México 1981.
- 23.- López-Antunez, L.: Anatomía Funcional del Sistema Nervioso. Edit. Limusa, México 1979.
- 24.- Malcolm, S.G.: Fisiología Animal. 2^a Edición
Edit. C.E.C.S.A. México 1984.
- 25.- Melvin, J.S.: Dukes' Physiology of Domestic Animals.
9^a Edición Edit. Comstock Publishing Associates a
División of Cornell. University Press, Ithaca and
London, Londres 1977.
- 26.- Nathan, P.: The Nervous System. 2^a Edición
Oxford University Press, England 1982.
- 27.- Noback, Ch and Demarest, R.: Sistema Nervioso Humano.
2^a Edición Edit. Mc Graw-Hill de México, México 1984.
- 28.- Peters, A., Palay, S.L and Webster, H de F.: The Fine
Structure of the Nervous System: the Neurons and Suppor-
ting Cells. Edit. W.B. Saunders Company, U.S.A 1976.
- 29.- Phillis, J.W.: Veterinary Physiology.
Edit. W.B. Saunders Company, U.S.A 1976.
- 30.- Polak, M y Azcoaga, J.E.: Neurohistología.
Edit. EUDEBA, Argentina 1967.

- 31.- Reith, J.E and Breidenbach, B.: Textbook of Anatomy and Physiology. 2^a Edición Edit. Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A 1978.
- 32.- Romer, S and Parsons, T.: Anatomia Comparada. 5^a Edición Edit. Interamericana, México 1982.
- 33.- Ruch, T and Patton, D.H.: Neurophysiology. Edit. W.B. Saunders Company, U.S.A 1965.
- 34.- Talmage, L.P.: The Neuroanatomic Basis for Clinical Neurology. 3^a Edición Edit. Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A 1977.
- 35.- Tolosa, J.: Histología del Tejido Nervioso. Manual en preparación, México 1985.
- 36.- Trautman, A and Fiebiger, J.: Histología y Anatomía Microscópica Comparada de los Animales Domésticos. Edición Revolucionaria, Instituto Cubano del Libro.
- 37.- Truex, R.C y Carpenter, M.B.: Neuroanatomía Humana. 4^a Edición Edit. El Ateneo, Argentina 1974.
- 38.- Weiss, L and Grepp, G.R.: Histology. 4^a Edición Edit. Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A 1977.