

TEMA 6: ORGANIZACIÓN GENERAL DEL SISTEMA NERVIOSO

Sistema nervioso central (SNC): Centro estructural y funcional: encéfalo + médula espinal

Sistema nervioso periférico (SNP): Vías nerviosas externas al encéfalo y médula espinal

6.1 CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO

6.1.1 La neurona

Componente fundamental y unidad básica del procesamiento del SN: circuitos neuronales.

Funciones adicionales a las del resto de células:

- Conducción de impulsos nerviosos (membrana externa)
- Transmisión sináptica (entre neuronas y a otras células)

Teoría reticular (Golgi): las neuronas forman una red por la que se comunican por continuidad de forma aleatoria. Método de tinción: estructura de las neuronas (**axones** y **dendritas**).

Santiago Ramón y Cajal puso de manifiesto que cada célula nerviosa es una entidad discreta. Diferenció **dendrita** (campo receptor), **axón** (segmento conductor) y **terminal axónico** (extremo transmisor). Las células se comunican a través de la **sinapsis**. Principios básicos:

- **Principio de polarización dinámica:** dirección de comunicación es AXÓN → DENDRITA
- **Hendidura sináptica:** no hay una continuidad citoplasmática entre las neuronas
- **Principio de especificidad de las conexiones:** comunicación altamente organizada

Características Estructurales y Funcionales de la Neurona

Están envueltas por la **membrana neuronal**, límite de la célula. La neurona está compuesta fundamentalmente de **lípidos** y **proteínas**, y no es completamente impermeable. Zonas diferenciadas:

CUERPO CELULAR O SOMA

Centro metabólico donde se fabrican las moléculas y se realizan las actividades fundamentales. En él se encuentra el material genético. Las neuronas requieren proteínas específicas para su función especializada: comunicación, a través de las señales químicas de los **neurotransmisores**. Numerosas proteínas intervienen en su síntesis, distribución y acción. Para sintetizar estas proteínas el soma cuenta con un gran número de **ribosomas** y un complejo **sistema de membranas**. Una zona de este sistema es el retículo endoplasmático rugoso (gran nº de ribosomas adheridos), llamado **sustancia de Nissl**. Tanto éstos como los ribosomas libres sintetizan proteínas (a ellos se unen las moléculas de ARNm formando **polisomas**).

El **citoesqueleto** (proteínas actina, tubulina y miosina) está formado por: **microtúbulos** (implicados en el transporte de sustancias), **neurofilamentos** (retienen el nitrato de plata) y **microfilamentos**. Los neurofilamentos se encuentran enlazados entre sí o con los microtúbulos. Estas proteínas (citoesqueleto) se encuentran en el citoplasma de la neurona y sus funciones son mantener la forma de la neurona y darle consistencia, así como el transporte de sustancias en el interior neuronal.

DENDRITAS

Prolongaciones del soma neuronal con forma de árbol y constituyen las principales áreas receptoras de información. La **sinapsis** es la zona de transferencia de información de una neurona a otra. Tiene dos componentes: **presináptico** y **postsináptico**, compuesto por la membrana de las dendritas (membrana postsináptica), cuenta con un elevado número de **receptores** (moléculas especializadas sobre las que actúan los neurotransmisores liberados desde otras neuronas).

Las neuronas suelen tener varias **dendritas primarias** (troncos dendríticos) que se ramifican varias veces. Las dendritas captan el mensaje y lo conducen al cuerpo neuronal. Algunas sinapsis se producen sobre pequeñas protuberancias de las dendritas denominadas **espinas dendríticas**.

Plasticidad neural: disposición y amplitud del árbol dendrítico y número de espinas dendríticas, son susceptibles de modificación por una diversidad de factores ambientales.

AXÓN

(O **fibra nerviosa**): prolongación del soma neuronal, generalmente más delgado y largo que las dendritas; es la vía a través de la cual la información se propaga hacia otras células. Longitud de pocas micras a varios metros. Se pueden distinguir distintas zonas:

- **Cono axónico**. Segmento próximo al soma. Función integradora de la información
- El **axón**
- El **botón terminal**, **terminal del axón** o **terminal presináptico**. Conformar el elemento presináptico de la sinapsis. A través de ellos la neurona establece contacto con las dendritas o el soma de otras neuronas, o con otras células. Contienen **vesículas sinápticas** con neurotransmisores que son liberados en la hendidura sináptica. El transporte puede ser **ortógrado o anterógrado** (del soma al terminal, rápido 400 mm/día o lento 14 mm/día) o **retrógrado** (del terminal al soma, rápido).

El **flujo axónico rápido** transporta los orgánulos celulares (mitocondrias, para atender a las necesidades energéticas) y las vesículas que contienen neurotransmisores. En dirección retrógrada devuelve al material para su degradación o reutilización. Un mismo **microtúbulo** puede hacerse cargo del transporte en los dos sentidos.

El **transporte retrógrado** también hace llegar al soma moléculas captadas por el terminal presináptico (**factores de crecimiento nervioso**, controlan la diferenciación neuronal durante

El desarrollo del SN) Las **técnicas de trazado retrógrado** permiten conocer la situación de las somas de las neuronas que están sinaptando (sustancias marcadas que reaccionan en el interior de la neurona).

El **flujo axónico lento** interviene en el transporte de elementos del citoplasma (componentes del citoesqueleto y proteínas solubles). El citoplasma del axón es estructuralmente dinámico (crecimiento y regeneración de axones a 1 mm/día).

Esquema de una sinapsis: Cuando el impulso nervioso llega al extremo del axón, las vesículas que contienen los **neurotransmisores** liberan su contenido en el espacio que queda entre las dos células nerviosas, denominado **hendidura sináptica**. La energía necesaria para la síntesis de las sustancias transmisoras es aportada por las **mitocondrias** presentes en la terminación presináptica. Los **neurotransmisores** *son agentes químicos que viajan hasta la neurona más próxima y se adhieren a los receptores específicos que se encuentran en la membrana postsináptica*.

Clasificación de las Neuronas

Se clasifican en relación al número y disposición de sus prolongaciones:

- **Neurona multipolar.** Es la más común: un axón y varias dendritas:
 - **De axón largo o Golgi tipo I:** cuerpo celular grande y varias dendritas muy ramificadas: células piramidales de la corteza y de Purkinje del cerebelo
 - **De axón corto o Golgi tipo II:** entre ellas las que realizan sus contactos con neuronas próximas dentro de la misma unidad funcional
- **Neurona bipolar.** Un axón y una dendrita en oposición. Se encuentran en los sistemas sensoriales (células bipolares de la retina)
- **Neurona unipolar.** Una sola prolongación. En las **pseudounipolares** la prolongación se divide en 2: una para la recepción y otra para la transmisión de información. Son generalmente sensoriales (neuronas del sistema somatosensorial que detectan información táctil y nociceptiva, células amacrinas de la retina).

Por su función, las neuronas pueden clasificarse en tres grupos:

- **Sensoriales:** captan la información de la periferia y la envían hacia el SNC.
- **Motoras o motoneuronas:** la comunicación se produce en dirección opuesta: del SNC y hasta los músculos, con los que hacen sinapsis para ordenar el movimiento.
- La mayor parte de las neuronas sólo establecen conexiones con otras neuronas:
 - **Interneuronas o neuronas de circuito local:** procesan información localmente.
 - **Neuronas de proyección:** Transmiten la información de un lugar a otro del SNC. Sus prolongaciones se agrupan formando **vías** que permiten la comunicación entre diferentes estructuras.

6.1.2 La Glía: Características y Tipos

La compleja red neuronal se encuentra rodeada por las **células gliales** (neuroglía o glía) que le proporciona soporte estructural o metabólico. Son más numerosas que las neuronas y pueden seguir dividiéndose en el SN adulto. En el SNC existen tres tipos de células gliales: **astrocitos**,

oligodendrocitos y microglía, mientras que en el SNP el tipo de glía existente son las **células de Schwann**.

Astroцитos

Son las células gliales más abundantes y se llaman así por su forma estrellada. Se presentan en dos formas principalmente:

- Los **astroцитos fibrosos**, se encuentran en la sustancia blanca
- Los **astroцитos protoplasmáticos**, en la materia gris

La comunicación con las neuronas es bidireccional (participación activa en el SN). Las funciones que se conocen de los **astroцитos fibrosos** son:

- **Soporte estructural**: soporte físico a las neuronas y consistencia al encéfalo
- **Regulan la transmisión sináptica**:
 - Aíslan la sinapsis impidiendo la dispersión del neurotransmisor
 - Intervienen en la recaptación y metabolismo de algunos neurotransmisores
 - Captan del espacio extracelular el potasio (K^+)
 - Los astroцитos se comunican entre ellos y pueden liberar **glutamato**, neurotransmisor que modula la excitabilidad neuronal y la transm. sináptica
- **Reparación y regeneración del tejido nervioso**. Cuando las neuronas son destruidas, los astroцитos limpian de desechos el cerebro. Liberan diversos factores de crecimiento que activan las partes dañadas de la neurona.
- **Recubren los vasos sanguíneos cerebrales** y participan en el mantenimiento de la **barrera hematoencefálica**.
- **Suministro de nutrientes a las neuronas**: rodean los capilares cerebrales y las membranas neuronales para distribuir nutrientes, oxígeno, vitaminas y hormonas desde el sistema circulatorio hasta las neuronas, y eliminar sus productos de desecho. La glucosa que reciben es reducida a lactato e incorporada a las neuronas.

Los Oligodendrocitos y las Células de Schwann

Los **oligodendrocitos** son pequeñas células gliales que emiten prolongaciones que se enredan alrededor de los axones formando una densa capa de membranas que los envuelve denominada **mielina**. Esta vaina, formada en su mayor parte por lípidos, constituye un buen aislante que mejora considerablemente la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos. La **vaina de mielina** no constituye una cubierta continua en el axón ya que se encuentra interrumpida cada milímetro por una zona de aproximadamente una micra donde el axón queda al descubierto (**nódulos de Ranvier**). La **oligodendrogλία** también ejerce una función protectora sobre los axones no mielinizados al ser envueltos y mantenidos fijos por surcos formados por el soma de las células gliales.

Las **células de Schwann** en el SNP realizan las mismas funciones que las distintas células gliales en el SNC. Una de sus principales tareas es formar la mielina alrededor de los axones del SNP. Una célula de Schwann solo puede formar un segmento de mielina de un único axón. El proceso de mielinización empieza en el segundo trimestre de vida fetal: es después del nacimiento cuando es más intenso hasta la pubertad.

La Microglía

Son células pequeñas esparcidas por todo el SN que se mueven entre las neuronas y otros tipos de glía. En situaciones normales, el número de células de microglía es pequeño, pero cuando se produce una lesión o inflamación en el tejido nervioso, estas células se activan, proliferan rápidamente y migran a la zona del daño donde fagocitan restos celulares, fragmentos de mielina o neuronas dañadas y participan en la reparación de la lesión.

6.2. APROXIMACIÓN A LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

Ver Apuntes.

6.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

6.3.1 Las Meninges

Una serie de tres láminas de tejido conjuntivo protegen al SNC y evitan que esté en contacto directo con el hueso. Estas envolturas son:

- **Duramadre o paquimeninge.** Es la más externa y muy resistente. Adherida a la superficie interna del cráneo. La porción que se sitúa en el cráneo incluye:
 - la **capa perióstica externa** adherida a la cara interna del cráneo.
 - la **capa meníngea interna**
- **Aracnoides.** Unida a la duramadre, pero sin estar fijada a ella. Está formada por una membrana esponjosa, análoga a una malla
- **Piamadre.** Es la capa más profunda y firmemente adherida al encéfalo y a la médula espinal. Entre ella y la aracnoides está el **espacio subaracnoideo** (líquido cefalorraquídeo)

6.3.2 Sistema Ventricular y Producción de Líquido Cefalorraquídeo

El SNC se encuentra protegido contra los traumatismos por una envoltura de fluido acuoso llamado **líquido cefalorraquídeo (LCR)**, que rodea la superficie del SNC y se comunica con unas cavidades (**ventrículos**) existentes en el interior del encéfalo, y con el conducto central de la médula espinal. Los ventrículos son cuatro:

- **dos ventrículos laterales**, que se sitúan cerca del plano medio en cada hemisferio cerebral, extendiéndose desde el **centro del lóbulo frontal** hasta el **lóbulo occipital**.
- **el tercer ventrículo**, que se encuentra situado en la **línea media que separa ambos tálamos**, extendiéndose hacia adelante y hacia abajo entre las mitades adyacentes del hipotálamo.
- **el cuarto ventrículo**, que se sitúa en el **tronco del encéfalo**, delante del cerebelo.

Los **agujeros interventriculares** conectan cada uno de los ventrículos laterales con la porción anterior del tercer ventrículo. Éste a su vez, conecta mediante el **acueducto cerebral (acueducto de Silvio)** con el cuarto ventrículo, en el que existen **tres aberturas** por las que el LCR fluye hacia el espacio subaracnoideo.

El LCR es sustituido constantemente a un ritmo de 6-7 veces/día. La mayor parte del LCR es secretada por los **plexos coroideos**, estructuras formadas por una gran red de capilares rodeados por un epitelio y situadas en las **paredes de los ventrículos**, laterales fundamentalmente (también se forman pequeñas cantidades de LCR en los espacios subaracnoideo y perivasculares). Desde el espacio subaracnoideo pasa a la sangre venosa a través de las **granulaciones aracnoideas**, varían en número y localización, cada una formada por gran cantidad de vellosidades (válvulas unidireccionales).

Funciones del LCR:

1. Servir de soporte y amortiguación contra los traumatismos
2. Eliminar productos de desecho del metabolismo, drogas y otras sustancias que se difunden hacia el encéfalo desde la sangre

Cuando por algún motivo el volumen de LCR aumenta dentro de la cabeza y el cerebro, se produce aumento del tamaño de los ventrículos, lo que es conocido como **hidrocefalia**. Esto produce un aumento de presión dentro de la cabeza, con sufrimiento para el cerebro.

6.3.3 Circulación Sanguínea

Los requerimientos energéticos del encéfalo son mucho mayores que los de cualquier otro órgano, debido a que apenas almacena glucosa y oxígeno y a la ausencia de metabolismo anaeróbico.

Una interrupción del flujo sanguíneo durante un segundo causa el **agotamiento de todo el oxígeno disponible**. Cuando la interrupción se prolonga hasta los 5 segundos, se produce una **pérdida de la consciencia** y cuando es de pocos minutos, se producen **daños permanentes**.

La sangre accede al encéfalo por dos sistemas arteriales: las **arterias carótidas internas** (se ramifican a nivel del quiasma óptico en **cerebral anterior** y **cerebral media**) y las **arterias vertebrales** que constituyen, respectivamente, la circulación anterior y posterior del encéfalo.

Las arterias vertebrales ascienden por la base del cráneo, uniéndose para formar la **arteria basilar**. Ambos sistemas se encuentran conectados entre sí a través de las dos **arterias comunicantes posteriores**, formando un anillo arterial denominado **círculo o polígono de Willis**.

6.3.4 La Barrera Hematoencefálica

Los capilares que aportan sangre a los tejidos del SN difieren de los capilares de los otros órganos. Las células de estos capilares (endoteliales) forman una pared continua que impide la entrada de muchas sustancias al fluido que rodea las neuronas, constituyendo la denominada **barrera hematoencefálica**, cuya función es mantener al SN aislado de los cambios transitorios en la composición de la sangre, creando el ambiente inalterable que éste necesita.

Los capilares se encuentran casi por completo cubiertos por las prolongaciones de los astrocitos (**pies vasculares**), que forman una segunda cubierta que sostiene a los capilares y separa el espacio perivascular del ambiente neuronal.

Esta barrera no es completa en todas las estructuras, habiendo zonas encefálicas desprovistas denominándose **órganos circunventriculares**: zonas cerca de la línea media y a lo largo del sistema ventricular. Tienen una densidad de capilares superior y secretan a la sangre determinadas sustancias (en la neurohipófisis) o detectan compuestos transportados por la sangre (regulación del ambiente interno).