

TEMA 08 – Introducción al estudio de las células excitables. Neuronas y células musculares.

CÉLULAS EXCITABLES

- Son aquellas que pueden modificar su potencial de membrana en respuesta a diversos estímulos.
- Se llaman excitables porque generan respuestas eléctricas (**potenciales de acción**) que sirven de señales desencadenantes de otros eventos.
- Las células excitables más importantes son:
 - Neuronas
 - Células musculares
- Existen diversas células secretoras que tienen canales voltaje dependientes, pero **NO** producen potenciales de acción:
 - Hipófisis
 - Células β del páncreas
 - Células de la médula adrenal

POTENCIAL DE MEMBRANA

- El desequilibrio de cargas eléctricas a través de las membranas celulares se denomina **potencial de membrana**.
- Todas las células del organismo son más electronegativas en su interior que en su exterior.
- El potencial de membrana es de alrededor de -60 a -100mV.

POTENCIAL DE ACCIÓN

- Las células excitables son capaces de desencadenar un potencial de acción: \rightarrow reversión rápida del potencial de membrana, desde valores negativos hasta ligeramente positivos (**despolarización**).
- El potencial de acción es producido por un cambio rápido en la permeabilidad de la membrana para el Na^+ , que entra en la célula.
- Si la despolarización es lo suficientemente intensa, producirá un cambio en el potencial de membrana \rightarrow **potencial de acción**.
- Requiere de la apertura de canales iónicos operados por voltaje, y que éstos sean lo suficientemente abundantes.

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL (1852 – 1934)

- Creador de la Neurofisiología, permitió aplicar sin reservas la teoría celular al sistema nervioso.
- Principales aportaciones:
 - Descubrió la individualidad de las células nerviosas.
 - Introdujo el concepto de sinapsis.
 - Describió numerosos circuitos neuronales, fundamentalmente en la retina y el cerebelo.
- Sus principales logros científicos se encuentran reunidos en su *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, publicado en dos tomos entre 1897 y 1904.
- Además:
 - Contribuyó desde diversos cargos a la introducción de la política científica en nuestro país.
 - Creó la más importante escuela científica española.
 - Realizó aportaciones importantes a la microbiología, la salud pública y la fotografía.

CÉLULAS DEL TEJIDO NERVIOSO

- Los elementos celulares del sistema nervioso son esencialmente de dos tipos:
 - Células nerviosas o neuronas
 - Células gliales o glía:
 - Astrogía
 - Oligodendrogía
 - Células de Schwann
 - Microglía
 - Células satélite

NEURONAS

- Células excitables especializadas en conducir impulsos eléctricos (potenciales de acción).
- Características que las diferencian de otras células:
 - Son células muy longevas, que en principio duran toda la vida.
 - Son células amitóticas, o postmitóticas: no se dividen
 - Su metabolismo es marcadamente aeróbico y dependiente del consumo de oxígeno y glucosa.

MORFOLOGÍA NEURONAL

Una neurona típica tiene 3 partes bien definidas morfológicamente, que a su vez tienen una función especial en la generación de señales:

- Cuerpo o soma
- Dendritas
- Axón

* SOMA

- Contiene el núcleo y las organelas celulares.
- Tiene un tamaño variable (entre aprox. 5 y 140 μm \emptyset)
- Funcionalmente, es el centro metabólico de la neurona y recibe y transmite información en forma de señales eléctricas.
- El soma puede recibir numerosas proyecciones (dendritas).
- El soma neuronal emite una proyección única, el axón.

* DENDRITAS

- Suelen ser muy numerosas en cada neurona.
- Formaciones ramificadas que incrementan el área capaz de recibir información de otras neuronas.
- Para ello contienen receptores (canales dependientes de ligando) para neurotransmisores.
- Envían sus señales eléctricas al soma.

* AXÓN

- Proyección única que sale del soma neuronal hacia las células diana.
- Estructura tubular de aprox. 0'2 a 20 μm , puede llegar a medir $>1\text{m}$.
- Principal estructura de conducción de información, en forma de potenciales de acción (canales dependientes de voltaje).
- Primera porción: cono axónico, donde se integran los potenciales locales y se dispara (o no) el potencial de acción gracias a su elevada densidad de canales dependientes de voltaje.
- Puede ramificarse (colaterales axónicos).

DIVERSIDAD NEURONAL

- Las características morfofuncionales descritas \rightarrow neurona generalizada.
- Las neuronas adoptan multitud de formas y funciones especiales.
- Ejemplos extremos:
 - Neuronas sin axón (neuronas amacrinas de la retina).
 - Neuronas sin dendritas o con dendritas reducidas a la mínima expresión (neuronas ganglionares).
 - Neuronas sin dendritas y sin axón (células comafines adrenales).
- Diversos intentos de clasificación de las neuronas:
 - Según la forma
 - Según su función

TIPOS MORFOLÓGICOS

- Neuronas **anaxónicas**:
 - Neuronas con dendritas pero sin axones.
 - Ejemplos: células horizontales y amacrinas de la retina
- Neuronas **monopolares**:
 - Del soma emerge un solo proceso que rápidamente se ramifica.
 - Ejemplos: neuronas aferentes de los ganglios espinales
- Neuronas **bipolares**:
 - Del soma emergen sólo dos procesos, dendrita y axón.
 - Ejemplos: neuronas bipolares de la retina y del bulbo olfatorio
- Neuronas **multipolares**:
 - Tienen un axón y uno o más árboles dendríticos que emergen de todo el soma neuronal.
 - Representan la mayor parte (¿99%?) de las neuronas de los vertebrados.
 - Infinidad de tamaños y formas, dependiendo del número de sinapsis que reciben.

TIPOS FUNCIONALES:

- Neuronas **sensoriales o aferentes**:
 - Localizadas en los ganglios del sistema nervioso periférico.
 - Suelen ser monopolares, sin dendritas.
 - Envían información de un estímulo interno o externo (dolor, temperatura, presión...) hacia el SNC.
- Neuronas **motoras o eferentes**:
 - Llevan información desde el SNC a otras partes del cuerpo.
 - Neuronas motoras somáticas: inervan músculo esquelético de control voluntario.
 - Neuronas del sistema nervioso autónomo: inervan glándulas y músculo liso.
 - Suelen ser neuronas multipolares.
- Interneuronas o neuronas de asociación:
 - Las más abundantes del sistema nervioso.
 - Localizadas completamente en el SNC.
 - Prácticamente todas son neuronas multipolares.
 - Sus funciones principales son:
 - Distribuir la información por el SNC.
 - Integrar la información sensorial.
 - Coordinar la actividad motora.

CÉLULAS GLIALES

- Clásicamente consideradas células de soporte (físico, nutritivo, defensivo...) para las neuronas, ya que las células gliales rodean los somas y axones neuronales.
- Menor tamaño que las neuronas
- Se dividen
- Entre 10 y 50 veces más numerosas que las neuronas en el SNC.

CLASIFICACIÓN DE LAS CÉLULAS GLIALES

- Las células gliales del SNC y del SNP son distintas.
- Clasificación (incluyendo todas las células de soporte):
 - En el sistema nervioso central:
 - o Astrocitos
 - o Oligodendrocitos
 - o Microglía
 - En el sistema nervioso periférico:
 - o Células de Schwann
 - o Células satélite

FUNCIONES DE LAS CÉLULAS GLIALES

1. Sirven de elementos de **soporte**, proporcionando firmeza y estructura al cerebro. A veces, aíslan grupos funcionales de neuronas.
2. Los oligodendrocitos y las células de Schwann forman la **mielina** que aísla los axones.
3. Algunas eliminan restos de neuronas lesionadas o muertas.
4. Mantienen el medio extracelular, regulando la concentración de K⁺ y eliminando neurotransmisores.
5. Durante el desarrollo embrionario algunas células gliales guían la migración de las neuronas y dirigen el crecimiento de los axones.
6. Los astrocitos forman la barrera hematoencefálica sellando las uniones entre las células endoteliales de los vasos sanguíneos cerebrales.
7. Participan en la nutrición de las neuronas.

ASTROCITOS

- Son las células más numerosas de la glía.
- Tienen cuerpos estrellados, irregulares y prolongaciones relativamente largas.
- Se localizan tanto en la sustancia blanca (astrocitos fibrosos, sobre todo) como en la sustancia gris (astrocitos protoplásmicos, fundamentalmente).
- En algunas localizaciones tienen características propias (c. de Bergman en el cerebelo, c. de Müller en la retina, ependimocitos, glía radial, etc.) → **astroglía**.

FUNCIONES DE LOS ASTROCITOS

1. Forman la barrera hematoencefálica, sellando con sus pies perivasculares las uniones endoteliales.
2. También forman la membrana glial limitante superficial, que limita con las meninges.
3. Eliminan los neurotransmisores liberados en las sinapsis y suministran precursores de su síntesis.
4. Participan en la nutrición de las neuronas: acumulan glucógeno y les suministran lactato y piruvato.
5. Junto con la microglía, eliminan restos del metabolismo neuronal (fagocitosis) y contribuyen a la reparación de tejido dañado.
6. Regulan la composición del LEC cerebral (en especial, captan el K⁺ liberado por las neuronas cuando descargan repetidamente).
7. Tienen uniones gap entre ellos, formando un sincitio que favorece la eliminación de grandes cantidades de K⁺.

EPENDIMOCITOS

- Los ependimocitos son astrocitos modificados, aunque en ocasiones se consideran un tipo de glía aparte.
- Epitelio monoestratificado cuboideo o cilíndrico que reviste la pared de los ventrículos cerebrales y el canal ependimario de la médula espinal.
- Suelen presentar cilios en la luz de los ventrículos.
- Participan en la formación del líquido cefalorraquídeo.

MICROGLÍA

- Son representantes del sistema monocito-macrófago.
- Se encuentran dispersas por el SNC.
- Son pequeñas, estrelladas o fusiformes, con poco citoplasma.
- Su función principal es la fagocitosis del material degenerado en las lesiones neuronales.
- Actúan como células defensivas del SNC, de manera similar a las células del sistema inmunitario.
- Descritas por Pío del Río Hortega.

OLIGODENDROCITOS

- Parecidos a los astrocitos, tienen menos ramificaciones (de ahí su nombre).
- Presentan soma grande y esférico y ramificaciones cortas y finas.
- Su principal función es formar con su membrana plasmática las vainas de mielina que envuelven los axones en el sistema nervioso central, con lo cual facilitan la conducción del impulso nervioso.
- Un oligodendrocito puede participar en la vaina de varios axones.
- Descritos también por Pío del Río Hortega.

CÉLULAS DE SCHWANN

- Las células de Schwann forman las vainas de mielina de los axones en el sistema nervioso periférico.
- Al contrario de lo que ocurre con los oligodendrocitos en el SNC, cada célula de Schwann **sólo envuelve un axón**.
- Las células de Schwann pueden producir factores tróficos que permiten que en ciertas condiciones haya regeneración del SNP (**no ocurre en el SNC porque los oligodendrocitos no lo secretan**).

VAINAS DE MIELINA

- Formadas por oligodendrocitos en el SNC y por las células de Schwann en el periférico.
- Son numerosas capas de membranas lipídicas comprimidas y enrolladas a lo largo de los axones, sin llegar a su terminal sináptico.
- Zonas sin recubrimiento lipídico: nodos de Ranvier.
- Aumentan la velocidad de conducción nerviosa aislando los axones y permitiendo la conducción nerviosa saltatoria.
- No todos los axones rodeados de células de Schwann (u oligodendrocitos) están mielinizados.

CÉLULAS SATÉLITE

- Envuelven algunos cuerpos neuronales en los ganglios del sistema nervioso periférico.
- Proporcionan protección y nutrición a las neuronas.
- Regulan los niveles de neurotransmisores alrededor del soma neuronal.

CÉLULAS MUSCULARES

- Las células musculares constituyen el segundo gran grupo de las células excitables.
- Especializadas en producir un movimiento cuando son estimuladas eléctricamente.
- La fisiología de la contracción de todos los tipos de células musculares es básicamente la misma.
- Los músculos convierten energía química (ATP) en trabajo y calor.
- Representan entre el 40% y el 50% de la masa corporal.
- 3 tipos de células musculares:
 - Células musculares esqueléticas
 - Células musculares cardíacas
 - Células musculares lisas

CÉLULAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS

- Estriado con bandas claras y oscuras visibles con el microscopio.
- Controladas por el sistema nervioso central (SNC).
- Necesitan un potencial de acción proveniente de las neuronas que los controlan (motoneuronas a). Por tanto:
 - No se contraen a menos que reciban un impulso del SNC.
 - Su contracción es o voluntaria o refleja.
- Forman los músculos esqueléticos.

CÉLULAS MUSCULARES CARDÍACAS

- Estriado con bandas claras y oscuras visibles con el microscopio.
- Controladas por el sistema nervioso autónomo (SNA)
- NO necesitan un potencial de acción proveniente de las neuronas que los controlan.
- Se contraen de forma automática y rítmica.
- Forma parte de las paredes del corazón.

CÉLULAS MUSCULARES LISAS

- Apariencia no estriada al microscopio
- Controladas por el sistema nervioso autónomo (SNA).
- NO necesitan un potencial de acción proveniente de las neuronas que los controlan.
- Se contraen de forma automática, pero no rítmica.
- Localizaciones:
 - Músculos de los folículos pilosos de la piel.
 - Paredes de órganos huecos (vejiga orina, útero...)
 - Vasos sanguíneos
 - Tubo digestivo
 - Músculos intraoculares
 - ...