

FUNDAMENTOS DE NEUROCIENCIA CONDUCTUAL

UNIDAD 1. Células del Sistema Nervioso: Estructura y Función

Objetivo

El objetivo de esta unidad es, en primer lugar, presentar al estudiante el área de conocimiento de la Psicobiología, enfatizando su carácter plural y defendiendo un concepto amplio de la misma, lejos de cualquier reduccionismo explicativo del comportamiento. En segundo lugar, otro objetivo de esta unidad es que el alumnado conozca las células que componen el sistema nervioso describiendo la morfología de la neurona y de forma general, la función de cada una de las partes que la componen. Así mismo, se estudiará la estructura y función de las células de la glía.

Contenido

Tema 1. Introducción a la Psicobiología.

Tema 2. Estructura de la neurona.

Equipo docente

Garikoitz Azkona Mendoza

Garikoitz Beitia Oyarzabal

Maidier Muñoz Culla

Eider Pascual Sagastizabal

Oscar Vegas Moreno

Tema 1.- Introducción a la Psicobiología

1. ¿Qué es la Psicobiología y cuál es su objeto de estudio?

Actualmente la Psicobiología se considera un área de conocimiento fundamental de la Psicología, y como tal, forma parte de todos los planes de estudio universitarios. La Psicobiología comparte con la Psicología su objeto de estudio: la conducta, y ha sido habitualmente definida como aquella parte de la Psicología que estudia las bases biológicas de la conducta. Comprender el comportamiento requiere atender a estos aspectos biológicos, y la Psicobiología es hoy quien aborda así el estudio de la conducta, siguiendo el método científico, y a través del gran número de disciplinas entre las que se encuentran: la etología, la psicofisiología, la genética de la conducta, la psicofarmacología, la neuropsicología, etc.

La Psicobiología aborda, así, el estudio de la conducta desde una perspectiva biológica, ya que su interés fundamental son las bases biológicas del comportamiento. En las bases biológicas del comportamiento se sitúan, además del sistema neuroendocrino, otros niveles de organización en los que el organismo está inmerso, y que algunos autores denominan en conjunto: sistema complejo adaptativo (Figura 1). Siguiendo el paradigma propuesto por Robert Woodworth: estímulo-organismo-respuesta (E-O-R), podríamos decir que la Psicobiología estudia las manifestaciones públicamente observables, así como los procesos mentales subyacentes (R) que tienen lugar cuando el sistema complejo adaptativo de un animal (O) se relaciona de manera activa con el medio en el que se desarrolla (E).

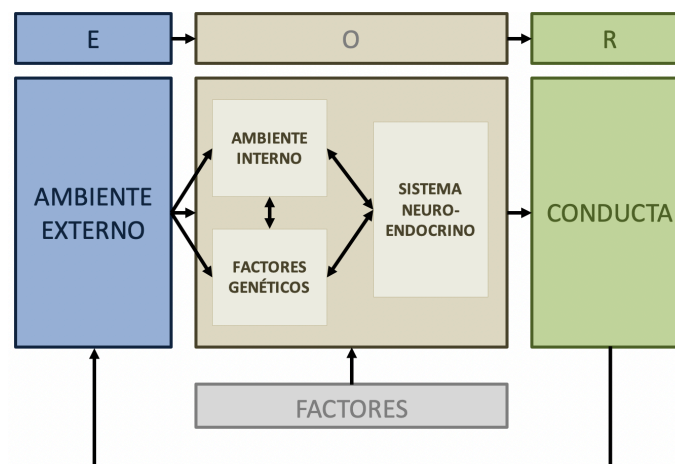


Figura 1. Representación esquemática del Sistema Complejo Adaptativo. Imagen propia.

2. La Psicobiología, un área multidisciplinar

Una característica constitutiva de la Psicobiología es su marcado carácter multidisciplinar, ya que son muchas las disciplinas desde las que se aborda su objeto de estudio. Esta circunstancia permite que en la Psicobiología converjan conocimientos de genética, biología molecular, neurofisiología, etología, psicología o antropología, y muestra de qué manera la Psicobiología es

una ciencia que se enriquece de esta colaboración interdisciplinar, como señala Morgado en la presentación del libro “Psicobiología: de los genes a la cognición y al comportamiento” (Ignacio Morgado Bernal, 2005). Así, la Psicobiología engloba disciplinas específicas con metodologías específicas.

Pinel señala en su manual BioPsicología (Pinel, 2007), por ejemplo, que son 6 las ramas principales de la Psicobiología: psicología fisiológica, psicofarmacología, neuropsicología, psicofisiología, neurociencia cognitiva y psicología comparada.

Si bien en algunos casos estas disciplinas que acoge la Psicobiología presentan algún grado de solapamiento, podemos considerar que han llegado a un desarrollo propio suficiente, como para ser consideradas disciplinas independientes.

Tema 2. Estructura General de la Neurona

1. Macromoléculas orgánicas

La materia viva está formada principalmente por 4 elementos: hidrogeno (H), carbono (C), nitrógeno (N) y oxígeno (O). Los elementos simples se unen formando compuestos o moléculas, y los compuestos fundamentales de la materia viva se clasifican en dos grandes grupos, compuestos inorgánicos y orgánicos.

<p>Inorgánicos: compuestos simples, bastante pequeños y que conforman la mayoría de elementos.</p>	<p>Orgánicos: en la composición participan el carbono y el hidrógeno, unidos por enlaces covalentes. Compuestos grandes y de estructura compleja.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Agua: H₂O; nuestro cuerpo: líquido intracelular (65%) y extracelular (35%) • Gases: O₂ y CO₂ • Sales minerales: NaCl (Cloruro sódico) • Iones: sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca⁺⁺), cloro (Cl)⁻... 	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcidos • Lípidos • Proteínas • Ácidos Nucleicos

A continuación, se describen las principales características de estas cuatro moléculas orgánicas o macromoléculas, que ofrecen estructura y función a la célula.

1.1. Glúcidos (o Carbohidratos)

Biomoléculas compuestas por C, H y O. Se clasifican en tres grandes grupos: a) Monosacáridos; b) Oligosacáridos y c) Polisacáridos.

Monosacáridos

En estado sólido son sustancias blancas de sabor dulce, cristalino y solubles en agua. En su composición se encuentran tantas moléculas de agua (H₂O) como átomos de carbono (C), por esta razón se les denomina también Hidratos de Carbono.

Fórmula empírica: (CH₂O)_n (n = 3 o n > 3)

Designación: el prefijo indica el número de C y el sufijo siempre es -osa.

Ejemplo: triosa (n = 3) o hexosa (n = 6)

Monosacáridos biológicamente interesantes:

Ribosa: pentosa, componente del RNA y medio importante en el metabolismo.

Glucosa: fuente de energía.

Fructosa: azúcar de las plantas.

Galactosa: componente del disacárido lactosa de la leche.

Oligosacáridos

Glúcidos formados por dos o más monosacáridos, pero menos de diez. En la naturaleza normalmente los disacáridos se forman por la unión de dos hexosas. Son de sabor dulce, cristalino y solubles en agua.

Oligosacáridos biológicamente interesantes:

Sacarosa: glucosa + fructosa. Remolacha y azúcar de caña. Es el azúcar común y es el hidrato de carbono más usado para dulcificar las comidas.

Maltosa: glucosa + glucosa. Azúcar de Malta.

Lactosa: glucosa + galactosa. Azúcar de la leche.

Polisacáridos

Se forman mediante la polimerización de monosacáridos. Normalmente hexosas.

Los polisacáridos no tienen forma cristalina, no son solubles en agua y a menudo se acumulan a modo de almidón en plantas y como glucógeno en animales.

Funciones importantes de lo glúcidos

1.- Función energética: La mayor parte de la energía metabólica que necesitan los animales la obtienen de los glúcidos. En metabolismo, se descomponen hasta CO_2 y H_2O . En esta descomposición, se libera la energía que necesitan las células.

2.- Función de reserva: la glucosa se almacena en forma de glucógeno (polisacárido) y puede convertirse en grasas.

3.- Función estructural: constituyen una serie de tipos de tejidos y se encuentran en las membranas, junto con proteínas y lípidos.

4.- Componente de los ácidos nucleicos: RNA y DNA compuestas por pentosas.

1.2. Lípidos

Biomoléculas formadas por C, O e H que a menudo contienen fósforo (P) y nitrógeno (N). Aunque estructuralmente se trata de un grupo muy heterogéneo, todos comparten algunas propiedades:

- Baja solubilidad en agua, pero solubles en disolventes orgánicos.
- Menor densidad que el agua y aspecto graso.

Al tratarse de moléculas tan heterogéneas se han clasificado de diversas formas. Nosotros las clasificamos:

a.- Ácidos grasos

b.-Saponificables:

b.1.- Lípidos simples

b.2.- Lípidos complejos

c.- Insaponificables

a.- Ácidos grasos

Cadenas hidrocarbonadas lineales, largas y bipolares. En contacto con el agua se coloca su lado hidrófilo ($-\text{COOH}$) y perpendicularmente a éste la parte hidrófoba ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$).

b.- Saponificables

Formadas por ácidos grasos.

b.1.-Simples: solamente poseen C, O, e H.

Grasas (triglicéridos: glicerina + 3 ácidos grasos). El organismo los utiliza como fuente de energía y se acumulan de esta manera en los tejidos grasos. Los ácidos grasos que participan en la composición de las grasas tienen siempre el doble de átomos de C.

Céridos (ácido graso + alcohol de cadena larga)

b.2.- Complejos: poseen además N, P, azufre (S) o algún compuesto como los glúcidos.

Fosfolípidos (glicerina+ 2 ácidos grasos + ácido fosfórico). Entre otras funciones, cumplen una función estructural: la mielina de las neuronas y las membranas biológicas.

Glucolípidos: No son tan abundantes como los fosfolípidos en las membranas de las células, pero se piensa que cumplen importantes funciones específicas en ellas.

c.- Insaponificables

Carecen de ácidos grasos. Son bipolares. Se encuentran en cantidades menores que los lípidos complejos en células y tejidos, pero pueden tener actividades biológicas como hormonas, vitaminas, etc.

Esteroides: derivados del colesterol. El esteroide animal más abundante es el colesterol. Se puede encontrar en membranas plasmáticas de muchas células y en lipoproteínas de plasma sanguíneo. Es el precursor de muchos otros esteroides de tejidos animales. Derivados del colesterol:

Ácidos biliares: influyen en la emulsión de los lípidos y en la absorción intestinal.

Andrógenos y estrógenos: hormonas sexuales.

Progesterona: hormona de la gestación.

Hormona adrenocortical: cortisol.

Carotenoides (terpenos): Compuestos de color presentes en células animales y vegetales. Su origen está en las plantas (licopeno de tomate, caroteno de zanahoria).

Entre los terpenos se encuentran las vitaminas liposolubles A, E y K y la rodopsina de la retina.

Prostaglandinas: sustancias que producen casi todos los tejidos de los animales y que ejercen de moduladores. A pesar de no conocer las bases moleculares de las principales acciones, sabemos que participan en múltiples procesos: aumento de la inflamación, control del flujo sanguíneo de algunos tejidos, modulación de la transmisión sináptica....

Funciones importantes de los lípidos

- 1.- Función energética: combustibles más potentes que los hidratos de carbono.
- 2.- Función reserva: se acumulan en el tejido adiposo (tejido graso).
- 3.- Función estructural: participan en la formación de membranas celulares.
- 4.- Función dinámica: vitaminas y hormonas.
- 5.- Aislantes térmicos.

1.3. Proteínas

Los principales componentes celulares y representan el 50% o más del peso húmedo de las células. Se encuentran en cualquier lugar de la célula y son imprescindibles en su estructura y función. Por este motivo, existen múltiples tipos de proteínas, cada una de las cuales está especializada en una función biológica concreta. Todas tienen C, H, O y N y la mayoría también S. Además, pueden formar parte de otros elementos: P, hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu).

Son polímeros cuyos monómeros son aminoácidos, por lo que las proteínas están formadas por aminoácidos.

Aminoácidos

Compuestos orgánicos formados por los grupos carboxilo (-COOH; ácido) y amino (-NH₂). Los aminoácidos se unen por enlaces peptídicos formando péptidos. La unión de dos aminoácidos forma un dipéptido, tres tripéptidos, hasta diez oligopéptidos y más, polipéptido (la mayoría de las proteínas contienen más de 20 aminoácidos).

Estructura de las proteínas

Podemos distinguir cuatro niveles estructurales:

Estructura primaria: indica el orden exacto o secuencia de los aminoácidos en la cadena polipeptídica. En la polimerización de los aminoácidos, los monómeros no son todos iguales por lo que en las cadenas de aminoácidos aparecen secuenciados como si fuera un alfabeto, en el que cada aminoácido una letra.

Estructura secundaria: conformación espacial del polipéptido.

Estructura terciaria: estructuras espaciales (globular, fibrosa) que se forman cuando se doblan las cadenas con estructura secundaria. Por ejemplo: albuminas, globulinas e histonas.

Estructura cuaternaria: esta estructura nos indica los vínculos débiles que surgen entre unas cadenas polipeptídicas. Como consecuencia se crean complejos proteicos; hemoglobina.

Funciones importantes de las proteínas

1.- Función estructural: parte integrante de las membranas celulares. Proporcionan solidez y forma a las estructuras biológicas (colágeno, elastina, queratina).

2.- Transporte: las diferentes hemoglobinas el oxígeno o las albúminas los lípidos.

3.- Función catalítica (como enzima): todas las enzimas tienen carácter proteico. Las enzimas son moléculas que catalizan las reacciones químicas que se producen en los seres vivos. Cada enzima es específica para una reacción determinada o grupo de reacciones similares. Se pueden diferenciar dos fases. En la primera se combina el sustrato con la enzima y en la segunda el sustrato se transforma en productos recuperando la enzima.

4.- Función hormonal: insulina.

5.- Función inmunológica (protección): el cuerpo sintetiza anticuerpos contra antígenos.

6.- Contracción: se da gracias a las proteínas de los músculos.

7.- Las histonas (proteínas) participan en la estructura de los cromosomas.

1.4. Ácidos nucleicos

Polímeros grandes formados por repetición de monómeros denominados nucleótidos:

1. Bases nitrogenadas:

Purina: adenina (A) eta guanina (G)

Pirimidina: citosina (C) y timina (T; DNA) o uracilo (U; RNA)

2. Pentosa: desoxirribosa (DNA) o ribosa (RNA)

3. Ácido fosfórico: H_3PO_4

La unidad formada por la pentosa y la base nitrogenada se denomina nucleósido y si se asocia a una molécula de ácido fosfórico recibe el nombre de nucleótido.

Los nucleósidos se designan añadiendo a la base nitrogenada -osina (en púricos) y -idina (en pirimídicos): adenosina, guanosina, timidina, uridina y citidina.

Para designar los nucleótidos se añade a la base nitrogenada para cualquier nucleótido la palabra ácido y el sufijo *-ilico*. A menudo sólo se ponen las siglas de la fórmula desarrollada. Por ejemplo: AMP: Adenosin monofosfato; ATP: Adenosin trifosfato.

Se forman ácidos nucleicos mediante la unión de cientos o miles de nucleótidos, por lo que las cadenas formadas por repetición de unidades de nucleótido son polinucleotídicas. Así como en los polipéptidos los monómeros eran aminoácidos, en los ácidos nucleótidos los nucleótidos cumplen la misma función. La similitud de ambas macromoléculas es además más profunda. Los ácidos nucleicos se distinguen por la secuencia de bases de los nucleótidos.

Según la pentosa que aparece en la molécula, se distinguen dos ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico (DNA) y el ácido ribonucleico (RNA).

DNA

Se encuentra sobre todo en el núcleo de la célula. La información genética de todas las células está acumulada en moléculas de DNA. Las secuencias de bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y timina) forman una estructura primaria en la que se recoge el mensaje genético (el mensaje de síntesis de proteínas). Su estructura secundaria es en doble hélice, en la que las bases nitrogenadas están situadas de frente y unidas por puentes de hidrógeno. Este enlace se da siempre entre A = T y C = G (bases complementarias). Las cadenas de DNA forman la cromatina. La estructura de la cromatina puede ser variable, por ejemplo; cromosomas en metafase.

RNA

Se encuentra en el núcleo de la célula y en el citoplasma. La pentosa del RNA es la ribosa y sus bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina y uracilo. Moléculas de una sola cadena y

función principal síntesis de proteínas. Tipos; RNA-m (mensajero), -r (ribosómico), -t (transportador).

2. Organización General de la célula

Todos los seres vivos estamos formados por células. Las células son la unidad fisiológica de los seres vivos. Este concepto es importante porque indica que todos los seres vivos tenemos el mismo origen. La palabra célula significa "celdita" y comenzó a usarse en un sentido biológico hace 300 años. La "teoría celular" actual dice que: 1) los organismos estamos formados por células; 2) todas las reacciones químicas, para obtener energía y la biosíntesis, se dan dentro de éstas; 3) las células proceden de otras células; y 4) las células contienen información hereditaria de los seres vivos de los que forman parte, y esta información se transmite de célula-madre a célula-hija.

Descripción general

Tamaño: Para observar las células se necesitan microscopios y se utilizan las siguientes medidas o unidades para indicar la célula y el tamaño de sus estructuras:

Micra (μ) = 10^{-6} m; Nanómetro (nm) = 10^{-9} m; Angstrom (\AA) = 10^{-10} m

Forma: variable; en función de sus funciones biológicas.

Estructura general: se distinguen tres partes importantes en las células eucariotas¹: (Figura 2)

1. Membrana plasmática: capa continua que rodea y separa la célula.
2. Citoplasma: medio acuoso en el que se encuentran inmersos numerosos orgánulos.
3. Núcleo: la mayor parte del material genético se encuentra aquí.

¹ Célula Eucariota: "Eucariota" significa "núcleo verdadero", y hace referencia a aquellas células que tienen núcleo y el material genético incluido dentro del envoltorio nuclear. Animales, plantas y hongos están formados por células eucariotas

2.1. Membrana plasmática

Estructura que rodea y protege toda la célula. La membrana es muy delgada, su espesor oscila entre 7,5 y 10 nanómetros (10^{-9} m, 75 Å). La célula no suele estar completamente aislada, ya que la comunicación con el entorno externo es necesaria para su buen funcionamiento.

Componentes químicos

Se compone principalmente de proteínas (proteínas globulares, canales proteicos) y lípidos (en su mayoría fosfolípidos y colesterol), además de hidratos de carbono (glucoproteína y glucolípidos).

Estructura

La estructura básica de la membrana es una doble capa de lípidos (bicapa lipídica) (Figura 2), con presencia intermitente de proteínas globulares. Parte de los fosfolípidos y moléculas de colesterol al ser solubles en agua quedan orientadas hacia el agua (citósol). En cambio, las partes hidrófobas, tratando de escapar del agua, se atraen mutuamente. La capa de lípidos es totalmente impermeable a sustancias hidrosolubles como iones, glucosa y agua; y permeable a sustancias liposolubles como el oxígeno, el óxido de carbono o el alcohol.

En cuanto a las proteínas, algunas de ellas atraviesan toda la membrana (proteínas transmembrana o integrales), mientras que otras se encuentran sólo en un lado de la membrana (proteínas periféricas). Muchas proteínas transmembrana son canales por cuyo interior pueden pasar sustancias hidrosolubles de forma selectiva (iones, glucosa, urea...). Otras proteínas integrales actúan como proteínas transportadoras de sustancias en contra del gradiente de concentración (transporte activo). Además de su intervención en el transporte de sustancias, las proteínas intervienen en muchas otras funciones celulares (receptores, enzimas...)

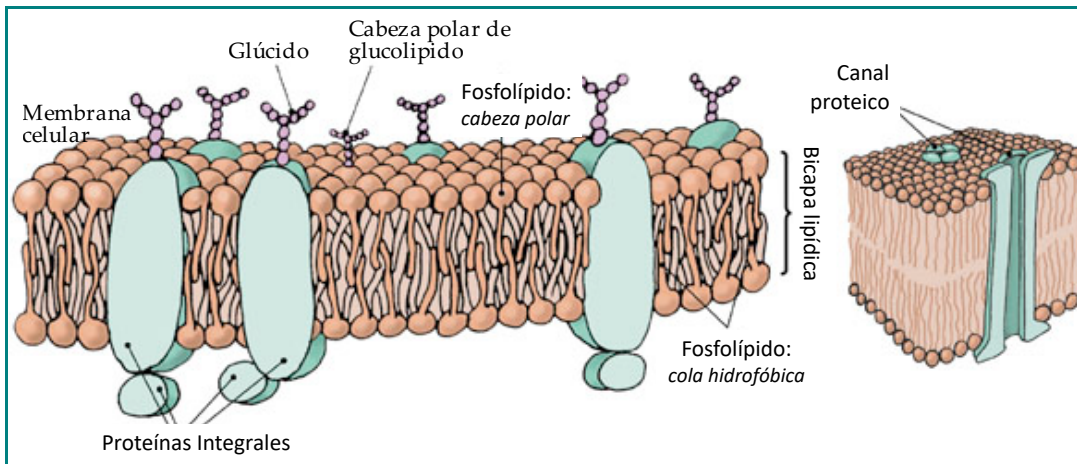


Figura 2. Representación esquemática de los componentes de la membrana plasmática. Imagen propia.

Funciones

Como hemos dicho antes, la membrana plasmática en parte aísla la célula, pero también controla el intercambio de sustancias entre la célula y el medio exterior. La membrana no permite el paso a cualquier sustancia, ya que posee una permeabilidad selectiva.

El intercambio de sustancias se puede dar mediante:

- Difusión
 - Difusión simple transmembrana
 - Difusión mediante canales
 - Difusión facilitada
 - Osmosis
- Transporte activo
- Transporte mediante vesículas
 - Transporte de macromoléculas

Difusión

Las moléculas o iones de una disolución están en continuo movimiento (movimiento browniano). Las diferentes concentraciones de una sustancia en el medio producen un gradiente de concentración. Debido al movimiento de estas moléculas o iones, sus concentraciones tienden a igualarse. Así, estas moléculas o iones se desplazarán de mayor a menor concentración. A este proceso lo llamamos difusión. Como el movimiento es espontáneo, no hay gasto de energía.

- Difusión simple transmembrana

Las moléculas liposolubles y/o de pequeño tamaño no tienen inconveniente para atravesar la membrana. Así, mientras que el oxígeno o el agua atraviesan la membrana con gran facilidad y rapidez, los iones, debido a su carga eléctrica, atraviesan la membrana con mayor dificultad, utilizando para ello canales proteicos específicos.

- Difusión mediante canales

Estos canales tienen dos características importantes:

- a. Sólo son permeables para algunas sustancias. Son selectivos. Por ejemplo, los canales específicos de ion sodio (Na^+) solo permitirán el paso de este catión.
- b. Como regla general, los canales pueden estar abiertos o cerrados.

- Difusión facilitada

Este tipo de transporte permite el movimiento de moléculas grandes a través de la membrana celular mediante una proteína transportadora. La sustancia se une a una proteína transportadora de la membrana que cambia su conformación y como consecuencia, la sustancia transportada se libera y pasa al otro lado de la membrana. Entre las sustancias que utilizan este mecanismo, tenemos la glucosa y los aminoácidos.

- Ósmosis

El movimiento de las moléculas de agua a través de estas membranas es un caso especial de difusión, la ósmosis. La ósmosis es el movimiento del agua desde una disolución con baja concentración de soluto a otra con alta concentración de soluto.

Supongamos que colocamos en medio de un recipiente lleno de agua una membrana semipermeable. En un lado disolvemos 20 moléculas de soluto y en el otro lado una sola molécula del mismo soluto. El movimiento de las moléculas de soluto del lugar con mayor concentración al de menor concentración tendería a igualar las concentraciones. Sin embargo, al colocar una membrana semipermeable estas no pueden pasar, por lo que es el agua el que se desplaza y equilibra las concentraciones, fluyendo hacia el área con mayor concentración de soluto.

La presión necesaria para equilibrar las concentraciones se denomina presión osmótica (π). En una unidad de volumen, se dice que dos o más disoluciones con el mismo número de partículas son **isotónicas**. En este caso no habrá movimientos de agua entre

disoluciones. Cuando comparamos disoluciones de diferentes concentraciones, la que tiene menos soluto se llama **hipotónica** y la que tiene más, **hipertónica**. Durante la ósmosis, las moléculas de agua se dispersan a través de la membrana semipermeable desde una disolución hipotónica hacia una disolución hipertónica.

Transporte activo

En ocasiones es necesario el transporte de sustancias en contra de gradiente de concentración, y este movimiento recibe el nombre de transporte activo. Para que este tipo de movimientos sean posibles, se requiere energía (gasto energético celular) y una proteína de transporte. Un ejemplo de transporte activo lo encontramos en la denominada: bomba sodio-potasio.

Bomba sodio-potasio: La bomba expulsa 3 iones de Na^+ al exterior e incorpora 2 iones de K^+ al interior. Se encuentra en todas las células del organismo y es el causante de las diferentes concentraciones de iones Na^+ y K^+ a ambos lados de la membrana y de mantener el potencial de reposo negativo dentro de las neuronas. En la parte proteica interna se encuentran los receptores para sodio y en la externa para potasio. Además, posee una proteína con actividad ATP-asa, que rompe ATP para obtener ADP y obtener la energía para el cambio de conformación.

Transporte mediante vesículas

Hasta ahora nos hemos ocupado del transporte intercelular de pequeñas moléculas. Sin embargo, la mayoría de las células transportan grandes moléculas. El transporte de pequeñas moléculas se realiza mediante proteínas de membrana, mientras que la de las macromoléculas se realiza mediante exocitosis o endocitosis.

- Exocitosis

El ejemplo de la expulsión de moléculas grandes lo tenemos en las células que segregan insulina. Una vez producida la insulina, se introduce en una vesícula que posteriormente se une a la membrana celular para su expulsión.

- Endocitosis

Proceso de penetración de macromoléculas a la célula. La macromolécula externa se introduce a través de vesículas. Para ello se crean invaginaciones en la membrana celular, formando una vesícula que recoja la sustancia. La endocitosis se clasifica en dos tipos: pinocitosis: pequeños líquidos y solutos; y fagocitosis: grandes partículas.

2.2. Citoplasma

El citoplasma es una zona delimitada por la membrana citoplasmática y el núcleo (Figura 2). Está compuesto por **citósol** o hialoplasma (líquido) y **orgánulos citoplasmáticos**. Los orgánulos están unidos al citósol por una red de fibras proteicas. Estas microfibras dan soporte semisólido a la célula y forman el **citoesqueleto** interno. Las fibras del citoesqueleto dan forma a la célula, dirigen el transporte de moléculas y son las responsables del movimiento celular.

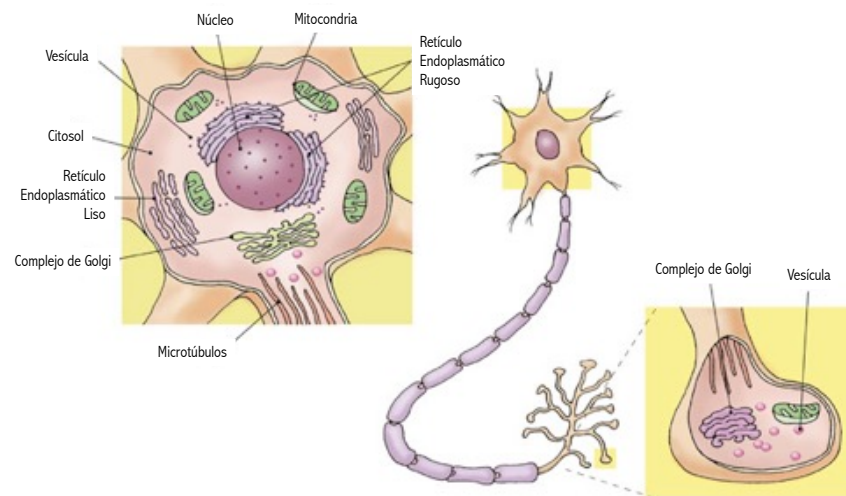


Figura 3. Representación esquemática de los orgánulos de una neurona. Imagen propia.

Citoesqueleto

Se conocen tres tipos de fibras (1) microfilamentos, (2) fibras intermedias y (3) Microtúbulos (Figura 3).

(1) Las fibras de actina (microfilamentos) son hilos proteicos muy delgados formados por la proteína actina. Muchas veces estos hilos aparecen entrelazados formando un haz, como un cable que atraviesa el citoplasma, o entremezclándose formando redes. Las fibras se unen a la sección de citoplasma (proteínas de la membrana) situada debajo de la membrana celular.

(2) Fibras de tamaño intermedio que en la mayoría de las células se establecen en forma de radios a partir de la membrana nuclear. De función no bien conocida, se encuentran más frecuentemente en células sometidas a una fuerza mecánica (células cutáneas).

(3) Las estructuras más grandes del citoesqueleto son los microtúbulos. Son tubos largos y vacíos formados por proteínas globulares. Van desde el núcleo a la membrana celular.

Los microtúbulos condicionan la posición de los orgánulos y establecen el camino para el movimiento de estos orgánulos y las vesículas. Como en el caso de las fibras de actina, los microtúbulos son muy importantes para la fragmentación de la célula.

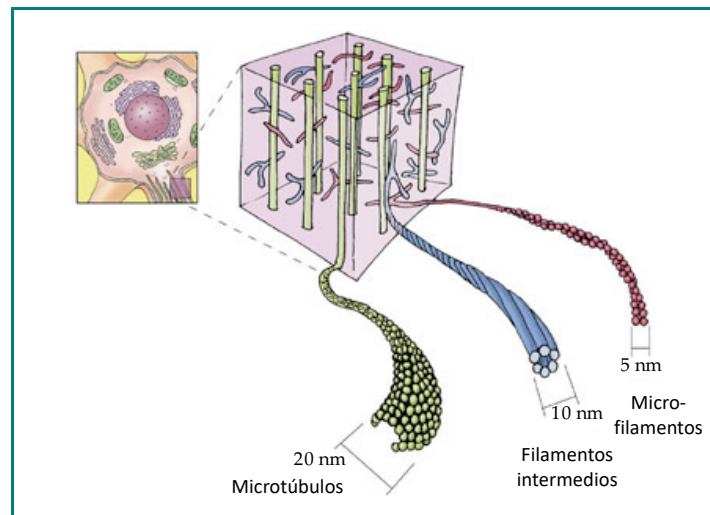


Figura 4. Representación esquemática de los elementos del citoesqueleto. Imagen propia.

2.3. Ribosomas y Retículos endoplasmáticos

En los ribosomas los aminoácidos se unen entre sí para formar proteínas, por lo que son el lugar para la biosíntesis de proteínas. Cuantas más proteínas se produzcan más ribosomas tendrá la célula. En las células eucariotas, los ribosomas permanecen libres en el citosol o unidos al retículo endoplasmático (un complejo sistema de membranas).

El retículo endoplasmático está formado un complejo de vesículas planas y largas. Todos los túbulos y vesículas están interconectados y las paredes formadas por una doble capa lipídica. En el interior de estas dos capas hay una gran cantidad de proteínas, como en la membrana celular.

Las sustancias producidas en diferentes puntos de la célula se incorporan al retículo endoplasmático. Desde allí se transportan a otras partes de la célula. El retículo interviene en muchas funciones metabólicas de la célula.

A lo largo del retículo endoplasmático se distinguen dos formas: **rugoso** (con ribosomas) o **liso** (sin ribosomas). El retículo endoplasmático rugoso está en contacto con la capa externa del núcleo (es una continuación). Las proteínas sintetizadas en los ribosomas presentes en el retículo rugoso pasan al interior del retículo, y luego, se dirigen a otras

zonas de la célula. El retículo endoplasmático liso interviene en la síntesis de sustancias lipídicas.

2.4. Aparato de Golgi

El complejo o aparato de Golgi guarda una estrecha relación con el retículo endoplasmático. Es también un conjunto de cavidades rodeadas de membranas. Cada complejo de Golgi está formado por un conjunto de 4-8 capas o saquitos. Se encuentra junto al núcleo y produce gran cantidad de secreciones.

Del retículo endoplasmático las vesículas transportadoras se dirigen hacia el aparato de Golgi, donde se unen para procesar su contenido. Posteriormente, estos compuestos los podrá utilizar la célula o expulsar mediante exocitosis.

Entre los productos que se procesan, recogen y distribuyen en el aparato de Golgi se encuentran las sustancias necesarias para formar la nueva membrana plasmática o las membranas de los orgánulos (lípidos y proteínas sintetizadas en el retículo endoplasmático). El último enlace entre proteínas y glúcidos se produce en los sacos del aparato de Golgi, formando glucoproteínas y entre glúcidos y lípidos (formando glucolípidos).

2.5. Vacuolas y Vesículas

Muchas células, sobre todo las vegetales, contienen orgánulos llamados **vacuolas**; parte citoplasmática rodeada de membrana con agua y solutos disueltos en el interior.

La **vesícula** tiene una estructura similar, pero es mucho más pequeña. Una de las funciones más importantes de las vesículas es el transporte.

Los **lisosomas** son orgánulos formados en el aparato de Golgi que, una vez producidos, se dispersan por todo el citoplasma y cumplen una función digestiva. Son estructuras útiles para digerir alimentos, residuos o cuerpos extraños (bacterias). Se trata de una estructura rodeada de una bicapa lipídica con proteínas en el interior (enzimas hidrolíticas). Un único lisosoma puede contener 50 enzimas hidrolíticas diferentes.

2.6. Mitocondrias

Se podría decir que las mitocondrias son la central energética celular. Sin estos orgánulos, la célula apenas podría obtener energía de los alimentos. En general, en las mitocondrias los alimentos se combinan con oxígeno y se obtiene energía útil para la

célula, es decir, ATP. La energía liberada en la oxidación de los alimentos se utiliza para transformar moléculas de ADP en ATP.

Las mitocondrias son orgánulos de tamaño variable que se encuentran por todo el citoplasma. Se componen de dos capas lipídicas: la externa y la interna. La membrana interna presenta pliegues abovedados, a los que se adhieren enzimas oxidativas que conducen a la fosforilación oxidativa. Además, el interior o matriz de la mitocondria contiene enzimas sueltas, necesarias para extraer energía de los alimentos. Una vez producida, el ATP se dispersa por toda la célula para que esté disponible para cualquier proceso.

Se cree que las mitocondrias se replican por sí solas (contienen DNA y RNA). Viendo la semejanza entre bacterias y mitocondrias, los citólogos del último siglo expusieron una hipótesis. Según esta hipótesis, la mitocondria sería una bacteria que vive en simbiosis dentro de la célula, de manera que la esta obtendría energía como beneficio a las reacciones químicas que tienen lugar en las mitocondrias (fosforilación oxidativa).

2.7. Núcleo

La mayor parte del DNA de las células eucariotas se encuentra en los núcleos celulares. Está rodeado por una membrana de dos capas que separa el núcleo de todas las demás partes de la célula. Estas dos membranas concéntricas poseen **poros nucleares** para el intercambio de sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

La información genética que hay en el núcleo la podemos encontrar de diferentes maneras dependiendo del momento del ciclo celular. Es decir, cuando la célula está en interfase (cuando no está dividida), el DNA, asociado a otras proteínas, forma la estructura llamada **cromatina** (se ve como rayos de hilo). A medida que se avanza en el ciclo de la célula (al dividirse), se llega a la mitosis y la cromatina se estructura de forma especial, dando lugar a estructuras llamadas **cromosomas**.

Dentro del núcleo se encuentra un orgánulo denominado **nucléolo**, y que tiene como función principal la formación de los ribosomas.

El núcleo cumple dos funciones muy importantes. Por un lado, es portador de información genética y por otro, controla la actividad de la célula asegurando la síntesis de las moléculas necesarias en cada momento.

2.8. Síntesis de ATP: Glucólisis y respiración

Una forma de obtener energía (ATP) es el catabolismo de glúcidos. En las células de los seres vivos los glúcidos sufren una descomposición enzimática. Como consecuencia de esta descomposición, las células obtienen la energía que necesitan en forma de ATP. Como todos los monosacáridos se convierten en glucosa, examinemos el catabolismo de la glucosa.

El catabolismo de la glucosa en general puede resumirse en la siguiente reacción:

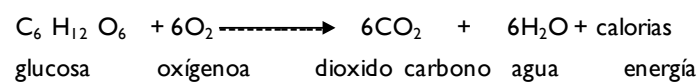


Imagen propia

2.9. Metabolismo

Dentro del metabolismo tenemos dos procesos diferentes:

Anabolismo: conjunto de reacciones dirigidas a formar componentes en los seres vivos. Para que estas reacciones se produzcan se necesita energía.

Catabolismo: el conjunto de reacciones encaminadas a la obtención de energía mediante descomposición de moléculas.

3. Células del Sistema Nervioso

En el sistema nervioso hay dos tipos de células: neuronas y glía. Las neuronas son las células más importantes en la función cerebral. Las neuronas perciben los cambios en el medio exterior, lo comunican a otras neuronas y, en función del procesamiento de la información, ordenan las respuestas corporales adecuadas. La glía, por su parte, ayuda a la función cerebral sosteniendo la actividad neuronal, aislando, alimentado y manteniendo el equilibrio neuroquímico necesario para que las neuronas realicen su función en las mejores condiciones posibles. Aún hoy, a pesar del gran desconocimiento que existe sobre la función de la glía, podemos decir que el procesamiento de la información cerebral corresponde a las neuronas. Es decir, la neurona (célula nerviosa) es la unidad básica de procesamiento de la información del sistema nervioso. Por ello, la neurona será el principal objeto de estudio en este tema.

3.1. Neurona prototípica

Se distinguen tres partes en una neurona (Figura 5):

- Soma (cuerpo celular) que posee el citoplasma y el núcleo.

Dos extensiones (neuritas):

- Dendritas; abundantes, ramificadas a corta distancia del cuerpo celular y de corta trayectoria.
- Axón; única prolongación que se forma en el cono axónico con pocas ramificaciones y que puede tener un recorrido muy largo.

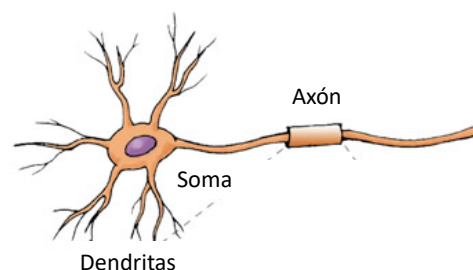


Figura 5. Representación esquemática de una neurona. Imagen propia.

Soma

El soma de una neurona tipo es esférico y tiene aproximadamente 20 μm de diámetro. En el citosol de las neuronas se puede encontrar abundante potasio y la membrana limita el exterior y está formada por lípidos y proteínas. Las proteínas transmembrana son de estructura variable y cumplen varias funciones. Unas se encargan de expulsar sustancias y otras de interiorizarlas. Según de dónde sea la membrana, somática, dendrítica o axónica, cambia su composición proteica. Esta especialización proteica es una característica importante de la neurona. Es necesario conocer la estructura y función de la membrana y sus proteínas asociadas para entender la función de la neurona.

Axón

Lo que hemos descrito hasta ahora no es específico respecto a las neuronas, ya que hemos mencionado las estructuras que aparecen en todas las células. El axón es una estructura exclusiva de las neuronas y especializada en la difusión lejana de información en el sistema nervioso. El diámetro del axón es variable, pudiendo oscilar entre 1 μm y

25 μm en el ser humano. Esta característica es muy importante ya que la velocidad de transmisión del impulso nervioso varía con el diámetro. Cuanto más grueso, más velocidad. El axón puede extenderse de 1 mm a 1 m. Alrededor del axón hay una cubierta protectora llamada **mielina**. Esta funda, formada por lípidos, no es continua, tiene intermitencias periódicas, ya que presenta pequeños intervalos sin mielina. Los intervalos sin mielina son los **nódulos de Ranvier**.

Cuando el axón sale del soma, es más ancho; forma un **cono axónico**, pero se adelgaza inmediatamente y da paso al segmento inicial del axón. Destacan dos diferencias principales con respecto al soma: por un lado, en el axón no hay ribosomas ni retículos endoplasmáticos, por lo que no se producirá la síntesis de la proteína; por otro, la membrana tiene un contenido proteico específico que permita su función expansiva. La parte final de cada axón se denomina **botón axónico**. En él hay mitocondrias y numerosas vesículas llenas de neurotransmisores. Es la parte que hace contacto con otras neuronas o con otras células (se denomina **sinapsis** al punto de contacto) y envía la información a esas otras estructuras. La estructura que recibe la información, puede ser otra neurona, un músculo o una glándula. Se dice que la neurona **inerva** a otras células.

Transporte axoplásmico

Como hemos dicho anteriormente, una característica del citoplasma del axón es la ausencia de ribosoma (incluyendo el botón axónico). Dado que los ribosomas son fábricas de proteínas, su ausencia en el axón implica que las proteínas axónicas deberán sintetizarse en el soma y luego transportarse a través del axón. Este movimiento del material se denomina **transporte axoplásmico** y puede ser de dos tipos: rápido y lento.

a) Rápido (100-1.000 mm/día): el material se transporta dentro de la vesícula. Las vesículas se mueven mediante la sujeción de microtúbulos, para lo cual es necesaria la proteína cinesina y la energía proporcionada por la molécula ATP. La cinesina transporta el material del soma al botón axónico. El transporte en este sentido se denomina **transporte anterogrado** (hacia delante). Además del transporte hacia delante, existe otro mecanismo para llevar los materiales desde el final hacia el soma. Se considera que mediante este proceso se envían al soma las señales de las necesidades metabólicas del botón axónico. El movimiento en este sentido se denomina **transporte retrogrado** (hacia atrás). Su mecanismo molecular es similar al anterógrado, pero en el transporte retrogrado se utiliza la proteína dineina en lugar de cinesina.

b) Lento (1-10 mm/día): no se utilizan vesículas y siempre es anterógrado.

Dendrita

El término "*Dendrita*" proviene de la palabra griega *dendron*, que significa árbol y refleja su parecido a las ramas de un árbol. Las dendritas de una neurona forman una arborescencia dendrítica. Estos árboles dendríticos pueden adoptar formas y tamaños muy variables que se utilizan para clasificar las neuronas. Al ser una parte receptora, la membrana contiene muchas proteínas especializadas (más tarde aprenderemos los receptores). Las dendritas de algunas neuronas están cubiertas de una estructura especializada llamada espinas dendríticas. Son largos o salientes cortos que van cambiando con la experiencia (evidenciando la plasticidad del sistema nervioso). Incluso la propia dendrita puede cambiar de forma según la experiencia.

Tipos de neuronas

La clasificación puede realizarse en base a las características:

Dirección de la información

- a) Neurona aferente: conducen la información hacia el sistema nervioso central; p. ej.: las neuronas sensoriales.
- b) Neurona eferente: la información es trasladada al exterior a partir del sistema nervioso central; p. ej.: las neuronas motoras.
- c) Interneurona: conexiones entre dos neuronas.

Basado en dendritas

La arborescencia de las dendritas puede variar mucho de unas neuronas a otras, y las neuronas toman un nombre especial según el aspecto de la arborescencia. P. ej.: células piramidales de corteza cerebral o células granulares.

Número de neuritas

- a) Unipolar: una única neurita. En este grupo entran las pseudopolares, en las que surge una neurita del soma, pero luego se bifurca en una rama dendrítica y otra axónica; p. ej.: neurona sensorial del tacto.
- b) Bipolar: del soma se extienden dos ramas, una dendrítica y otra axónica; p. ej.: neuronas sensoriales de retina y olfato.
- c) Multipolar: se extienden tres o más ramas a partir del soma. La mayoría de las neuronas pertenecen a este grupo.

Basado en la longitud del axón

- a) Golgi tipo I: axón largo. También se denominan neuronas de proyección. Por ejemplo, en la corteza cerebral, las células piramidales contienen axones largos que se extienden a otras partes del cerebro.
- b) Golgi tipo II: axón corto. Son interneuronas; p. ej.: las neuronas granulares corticales.

Basado en neurotransmisores

Esta clasificación se basa en la química de las neuronas; p. ej.: las que liberan acetilcolina en el final axónico son las neuronas colinérgicas.

3.2. Neuroglia

En el sistema nervioso, la neurona no es el único tipo de célula. Además de neuronas hay células denominadas glía. Al principio se pensó que sólo tenían una función de soporte. Actualmente se le conocen más funciones y muchos neurocientíficos, aunque aún no hay pruebas claras, creen que participa en el procesamiento de la información.

Tipos de neuroglia

Astrocitos

Son las células gliales más abundantes del cerebro. Son de forma estrellada y sus alargamientos tocan neuronas y capilares sanguíneos. Llenan los intervalos entre neuronas. Funcionan a modo de filtro para evitar la llegada de sustancias tóxicas al cerebro. Son elementos básicos de la barrera hematoencefálica. Una función fundamental de los astrocitos es regular el contenido químico del espacio extracelular de las neuronas y, por tanto, proporcionar a las neuronas el medio adecuado. Así, además de regular la concentración de neurotransmisores, los astrocitos también controlan la concentración extracelular de otras sustancias que pueden interferir en una función neuronal adecuada. Por ejemplo, los astrocitos regulan la concentración de iones potásicos en el líquido extracelular. Un tipo de astrocito, la glía radial, orienta la migración de las neuronas y el crecimiento de dendritas y axones en el desarrollo embriológico.

Microglía

Estas células funcionan a modo de fagocitos para eliminar neuronas y otras células muertas, así como sus residuos.

Glía mielinizadora: oligodendrocitos y células de Schwann

Forman la mielina que rodea a los axones (Figura 6). Las células de Schwann la forman en el sistema nervioso periférico, y los oligodendrocitos, en el sistema nervioso central.

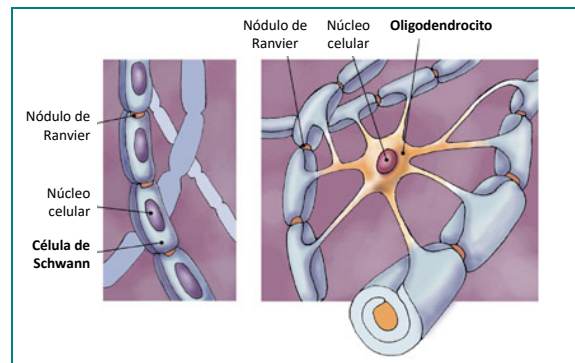


Figura 6. Glía mielinizadora. Imagen propia.

Ependimocitos

Cubren las paredes de los ventrículos cerebrales