16 Impulso Nervioso

Los **impulsos nerviosos** constituyen las señales que configuran los códigos de información que el sistema nervioso utiliza para integrar sus reacciones. Estos impulsos son transmitidos en forma discontinua a través de las neuronas (López Antúnez, 1979).

16.1 Potencial de reposo

A las células que se especializan en la recepción y transmisión de señales se les denomina **células excitables**, que incluyen exclusivamente a las neuronas y las células musculares. Estas células se caracterizan por reaccionar rápidamente a cada estímulo, modificando su propia carga eléctrica. La diferencia fundamental entre las células excitables y las demás radica en su membrana (Ortiz, 2009). En seguida se analizará lo que sucede en las neuronas.

El líquido del interior de la célula, denominado líquido intracelular, y el líquido del exterior de la célula, denominado líquido extracelular, contienen diferentes iones, a los iones positivos se les llama cationes y a los negativos aniones. Los iones más importantes en estos líquidos son: aniones orgánicos (**A-**), iones de cloro (**Cl-**), iones de sodio (**Na+**) e iones de potasio (**K+**). Los aniones orgánicos se localizan únicamente en el líquido intracelular (y no pueden salir de él ya que la membrana es impermeable a ellos), mientras que los otros tres tipos de iones se localizan tanto en el líquido intracelular, como en el extracelular, aunque en diferentes concentraciones, K+ predomina en el interior y Cl- y Na+ en el exterior (Carlson, 2006). Sin embargo, la excitación de la célula va a provocar que las concentraciones de estos iones cambien tanto en el interior como en el exterior. Para esto, la membrana celular juega un papel muy importante. La membrana plasmática y la cubierta celular juntas forman una membrana semipermeable que permite la difusión de ciertos iones que la atraviesan por medio de sus **canales**, pero que restringe el paso de otros (Snell, 2010).

A continuación se describe lo que sucede en la fase en la que la célula no está excitada.

En la **fase de reposo** los iones de **K+** circulan a través de la membrana plasmática desde el citoplasma celular hasta el líquido extracelular. Esto sucede debido a que la permeabilidad de la membrana a los iones de **K+** es grande, y pueden **transitar pasivamente** del interior al exterior, mientras que los iones de **Na+** no pueden entrar tan fácilmente al interior pues la membrana no es tan permeable a estos iones durante esta fase (Snell, 2010). Lo anterior genera que el interior de la célula tenga una carga negativa y el exterior una carga positiva. Esto genera una diferencia de potencial estable de aproximadamente -70 mV. Este potencial se conoce con el nombre de **potencial de reposo** (Snell, 2010). En la figura 17 se puede observar lo que se acaba de describir.

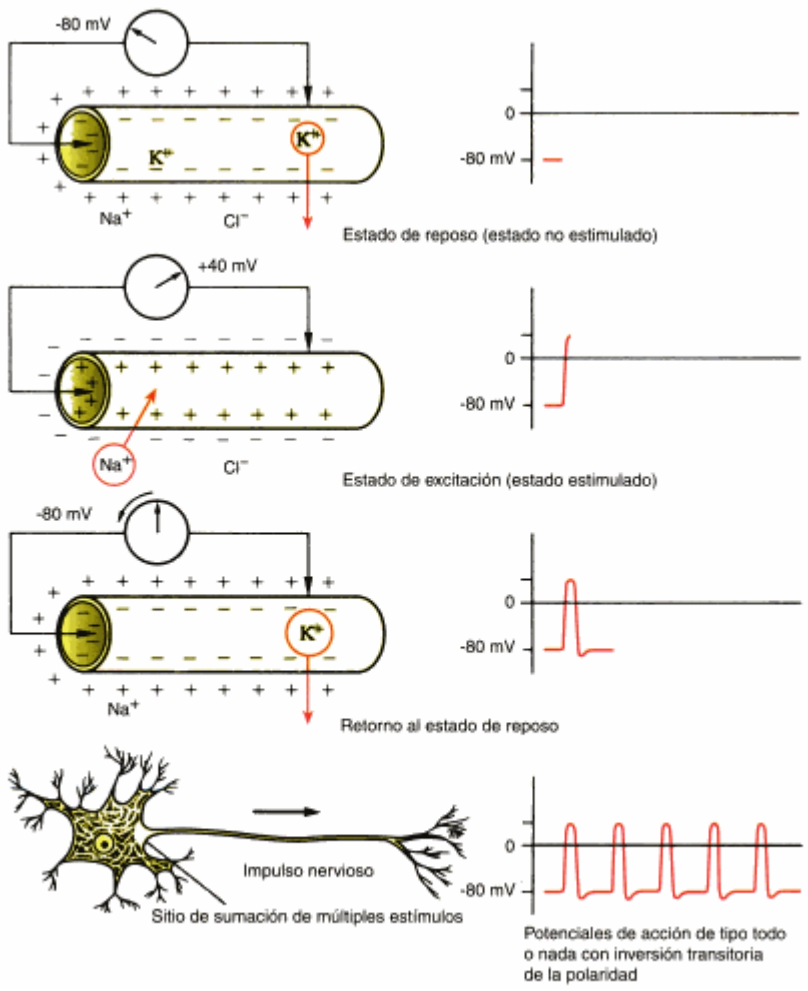

Fig. 2-16. Cambios iónicos y eléctricos que ocurren cuando se estimula una neurona.

Figura 17.

Este **potencial de reposo** se origina por la difusión de iones de Na+ y de K+ a través de los canales de la membrana plasmática, pero se necesita un factor adicional para mantener el equilibrio de la concentración. Este factor es la bomba de sodio-potasio, mediante la cual los iones de K+ se **transportan activamente**, es decir, no fluyen gracias a la difusión, sino que son empujados, del líquido extracelular al interior de la célula. Asimismo, se da un transporte activo de iones de Na+ que van del interior al exterior (López Antúnez, 1979). Para su funcionamiento, la bomba requiere trifosfato de adenosina (ATP) que le proporciona energía para ejecutar el transporte activo (Snell, 2010). En la figura 18 hay una representación de este proceso. (Figura tomada de Snell, 2010)

16.2 Potencial de acción

Cuando la neurona es estimulada, por medios eléctricos, mecánicos o químicos, se da un cambio rápido en la permeabilidad de la membrana, que permite la entrada a los iones de **Na+**, que pasan del líquido extracelular a través de la membrana hasta el citoplasma. Esto da lugar a que la membrana se despolarice progresivamente. La entrada súbita de los iones de **Na+**, genera un cambio en la carga, hacia la positividad (que en el estado de reposo era negativa en el interior y positiva en el exterior) esta alteración de la polaridad, produce el **potencial de acción**, que es aproximadamente de +40 mV. Este potencial es muy breve, dura aproximadamente 5 milisegundos (ms). El aumento en la permeabilidad de la membrana a los iones **Na+** cesa rápidamente, y aumenta la permeabilidad a los iones **K+**. Entonces los iones **K+** comienzan a fluir desde el citoplasma celular devolviendo el área localizada de la célula al estado de reposo (Snell, 2010). En la figura 17 hay una representación de este proceso. (Figura tomada de Snell, 2010)

Todo esto ocurre en un segmento muy pequeño de la membrana, pero una vez generado, el potencial de acción se extiende sobre el segmento de membrana adyacente, alejándose del sitio de comienzo, y se conduce a lo largo de la neurita como **impulso nervioso**. Este impulso se propaga a la zona vecina de la membrana, y éste a la siguiente región de la membrana hasta llegar a la terminación del axón. Su tamaño y frecuencia no varían (Snell, 2010).

Cuando se ha extendido el impulso nervioso sobre una región dada de la membrana, no puede desencadenarse inmediatamente otro potencial de acción.

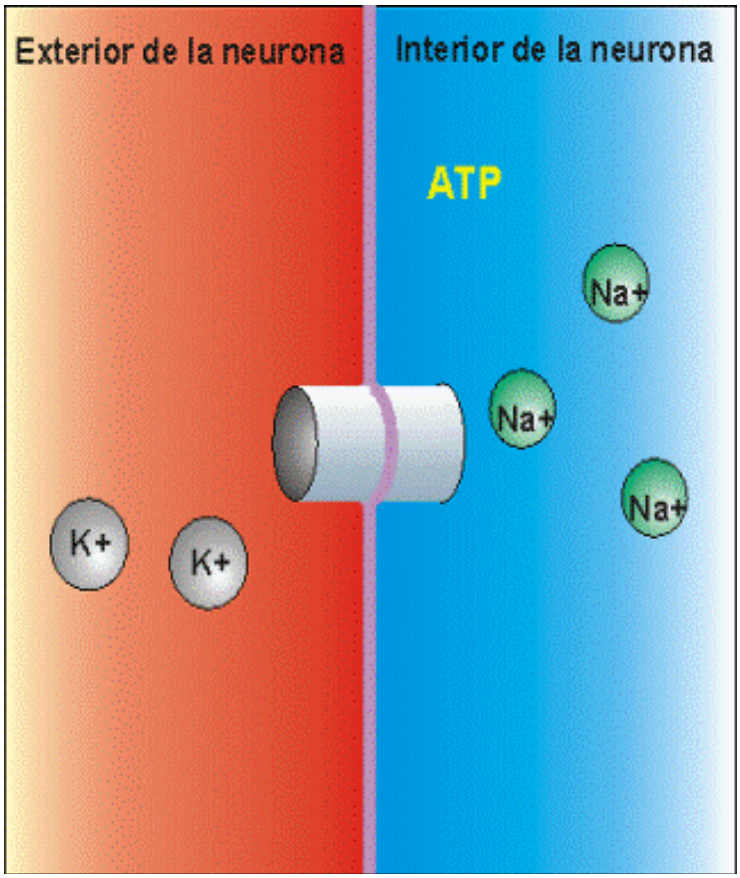

Figura 18.

A este estado se le denomina **período refractario**, y controla la máxima frecuencia que pueden conducir los potenciales de acción a lo largo de la membrana plasmática (Snell, 2010).

El **potencial de acción** viaja a través del axón, en forma continua si el axón es **amielínico**, este potencial mantiene constante su amplitud (40 mV) a lo largo del axón, hasta que alcanza los botones terminales; Si el axón es **mielínico**, las capas de mielina aíslan la membrana del axón en casi toda su superficie excepto en los nodos de Ranvier, en donde la membrana no tiene la capa aislante y los iones sí pueden atravesarla, por lo que el potencial de acción se conduce de un nodo de Ranvier al siguiente. Este proceso ahorra energía en la transmisión del potencial de acción, ya que la despolarización de la membrana sólo ocurre en los nodos, mientras que en las secciones con cubierta de mielina no es necesaria y el impulso viaja más fácil y rápidamente. A este tipo de conducción se le denomina **conducción saltatoria** (Carlson, 2006). Esta conducción saltatoria permite que el impulso viaje mucho más rápido en el axón mielínico (en algunos a una velocidad aproximada de 120.00 m/s; Snell, 2010) que en el amielínico (en algunos a una velocidad aproximada de 0.5 m/s; Snell, 2010). También es importante mencionar que la conducción del impulso nervioso es más rápida cuando el diámetro de la fibra nerviosa es mayor (Barr, 1994).

Finalmente, es importante recordar que bajo condiciones normales, un potencial de acción no se origina en la membrana plasmática del cuerpo celular, sino que lo hace en el **segmento inicial del axón** (Snell, 2010).