

CAPITULO 17. BASES DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA NERVIOSO

INTRODUCCION

Las células nerviosas se comunican entre sí y con otras células gracias a la generación y transmisión de impulsos eléctricos. La capacidad de las células para responder mediante impulsos eléctricos a la estimulación física se llama **excitabilidad**. Las células nerviosas tienen muy acentuada esta propiedad debido a que ciertas proteínas de sus membranas, llamadas canales iónicos, son capaces de alterar rápidamente la distribución de cargas eléctricas que existe a uno y otro lado de la membrana, generando corrientes eléctricas que se transforman en señales susceptibles de ser transmitidas a otras células.

La energía estimular del medio ambiente en que viven los organismos es siempre la primera que incide sobre ciertas proteínas de las membranas especializadas, denominadas receptores sensoriales. Las células nerviosas responden a la estimulación ambiental produciendo **potenciales generadores**. Estos potenciales se transmiten pasivamente y su amplitud decae progresivamente con el tiempo. Generalmente, estos potenciales de los receptores sensoriales son excitadores y dan lugar a impulsos o **potenciales de acción** en las neuronas adyacentes que transmiten la información a mayores distancias en el cerebro.

Gracias a estos potenciales desde el receptor sensorial se transmite la información de una neurona a otra y se producen **potenciales postsinápticos**, que son también locales, de pequeña amplitud y de transmisión pasiva. Estos también pueden ser excitadores e inhibidores.

EL POTENCIAL DE REPOSO DE LAS NEURONAS

Las neuronas cuando no están activas, en reposo, tienen una diferencia de potencial a través de su membrana de entre 60 y 70 milivoltios (mV). El interior celular es negativo respecto al exterior extracelular, por lo que convencionalmente se dice que el potencial de reposo está entre 60-70 mV. Hay un exceso de carga negativa en el interior celular y un exceso de carga positiva en el exterior celular. La carga eléctrica la llevan los iones y la distribución desigual de la misma es el resultado de:

- A) Diferencias en la concentración de iones dentro y fuera de la neurona y,
- B) diferencias en la permeabilidad de la membrana a los distintos iones.

Dentro de la célula, el ion positivo (catión) en mayor concentración es el potasio, mientras que en el exterior de la célula el ion positivo en mayor concentración es el sodio. Los aniones (iones negativos) más abundantes en el interior son moléculas orgánicas pequeñas como el aspartato, el acetato y el piruvato, mientras que fuera de la neurona es el **cloro**.

La permeabilidad de la membrana neuronal para los diversos iones es también diferente. La membrana es más permeable al potasio que al sodio. El grado de permeabilidad al cloro es intermedio respecto a los otros dos cationes, mientras que respecto a otros aniones la membrana es prácticamente impermeable.

Bombas iónicas para el mantenimiento de la concentración de iones

Como hemos dicho anteriormente, la permeabilidad de la membrana al Na es baja mientras la neurona está en reposo. Sin embargo, algo de este catión cruza la membrana, acumulándose progresivamente dentro de la célula. Ello hace, además, que parte del K tienda a salir como consecuencia de la presencia de mayores cargas positivas dentro de la neurona. En teoría, con el tiempo la diferencia de concentración de ambos iones dentro y fuera de la célula desaparecería, si no fuera por la existencia de un mecanismo de remoción del Na intracelular hacia fuera de la neurona. Dicho mecanismo es la existencia de bombas iónicas que mueven a ciertos iones en contra de su gradiente de concentración, con el consiguiente gasto energético en forma de ATP.

La bomba más conocida es la bomba de Sodio-Potasio, que expulsa los iones de sodio de dentro de la neurona e impulsa los de potasio hacia el interior.

POTENCIALES DE ACCION

Los potenciales de acción son los impulsos eléctricos que emplean las neuronas para comunicarse unas con otras. Una característica importante de los potenciales de acción es que **se propagan**. Es decir, se regeneran continuamente a lo largo del axón, de manera que su magnitud es igual al principio y al final. Esa capacidad de regeneración del impulso nervioso, que es independiente de la longitud del axón, tiene una importancia capital en la comunicación de información en el sistema nervioso. Los cambios rápidos y súbitos en la diferencia de potencial de la membrana respecto al potencial de reposo constituyen un potencial de acción y al fenómeno por el que la diferencia de potencial se hace bruscamente positiva se llama **despolarización**.

Si la corriente que se hace pasar a través del axón hace al potencial de la membrana más negativo (en torno a -80mV) la respuesta de la membrana es pasiva y a este fenómeno que hace que la diferencia de potencial cambie hacia una mayor negatividad se llama **hiperpolarización**.

La recuperación del potencial de reposo se denomina **repolarización**. Una vez producida la despolarización, hasta que la membrana no se repolariza de nuevo hay un periodo en el que no pueden producirse nuevos potenciales de acción. A este tiempo se le llama **periodo refractario**.

El termino **conductancia** es muy similar al de permeabilidad, pero no es exactamente lo mismo. La conductancia, se emplea para describir el flujo de iones a través de la membrana. Depende no sólo de la permeabilidad de la membrana a un ion dado, sino al número y la distribución de los iones a los que la membrana es permeable. Se define como el inverso de la resistencia de la membrana al paso de los iones.

IMPORTANCIA DE LOS CANALES DE CALCIO DEPENDIENTES DE VOLTAJE.

La mayoría de las células nerviosas, tienen tres tipos de canales iónicos para el calcio dependientes de voltaje. El **canal tipo L** permanece abierto todo el tiempo que dura la despolarización, es decir, posee una capacidad de inactivación baja. Los **canales tipo N y P** se inactivan más rápidamente, una vez producida la despolarización en el terminal presináptico. La participación de estos tipos de canales en la liberación de los neurotransmisores parece que es más importante que la del canal L, por lo que se emplean con mayor frecuencia antagonistas de estos canales de calcio para regular la comunicación química cerebral.

LA PROPAGACIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

Si se registra un potencial de acción al principio de su generación, en el cono axónico, y al final, en el terminal presináptico, se comprueba que tienen el mismo valor.

Podemos medir el voltaje a través de la membrana en función de la longitud que recorre la corriente. Para ello se define una **constante de longitud** de un axón que es la distancia a la cual la diferencia de potencial ha disminuido aproximadamente $2/3$ de su valor inicial. Esa distancia varía de unos axones a otros dependiendo de su diámetro, de la existencia o no de vainas de mielina y de las propiedades estructurales de las membranas.

Después de la despolarización, hay un periodo refractario en el que la membrana queda en **estado refractario** durante 1,5 milisegundos aproximadamente. La refractariedad de la membrana tras la despolarización es consecuencia de:

1. La inactivación de los canales de sodio, ya que es necesario el transcurso de un tiempo hasta que los canales de sodio puedan abrirse y estar disponibles para la generación de un nuevo potencial de acción.
2. La conductancia para el potasio aumenta desde el inicio de la despolarización. Esto hace que cuanto más sodio entra en el axón para producir el potencial de acción, más potasio puede salir, lo que se traduce en que el umbral para la generación del potencial de acción se hace más elevado.

Estos dos fenómenos hacen que el potencial de acción se genere sólo *hacia delante* desde el punto de inicio y no hacia atrás.

Un efecto interesante de la mielina es que reduce la capacitancia disminuyendo la **constante temporal**. En los circuitos eléctricos la constante temporal nos da idea del tiempo que tarda en cargar un condensador. La mielina baja la constante temporal disminuyendo la capacitancia, de modo que prácticamente no hay diferencias entre la constante temporal de un axón mielinizado y otro que no lo está.

Otra ventaja de la mielina es que la corriente que fluye por este tipo de axones es **saltatoria**. Esto es, el potencial de acción salta de un nódulo de Ranvier al siguiente sin que sea preciso que se regenere a lo largo de todo el axón. Entre los nódulos, la transmisión del potencial es pasiva y de este modo sólo necesita regenerarse en esos puntos sin mielina.