17 Sinapsis

Cómo ya se ha visto, el sistema nervioso está formado por una gran cantidad de neuronas. Estas neuronas establecen comunicación y forman vías de conducción funcional (Snell, 2010).

La mayoría de las neuronas realizan conexiones sinápticas con unas 1000 o más neuronas, y pueden recibir hasta 10000 conexiones de otras neuronas (Snell, 2010). Así, se calcula que el número de sinapsis en el sistema nervioso humano se aproxima a 1015 (Cardinali, 2007).

La **sinapsis** es una conexión en la que la neurita de una neurona (normalmente la terminación del axón) se comunica con una segunda neurona o con una célula efectora (glandular o muscular; Hanes, 2003). Por el momento se revisaran los aspectos fundamentales de las sinapsis entre neuronas.

Como se verá un poco más adelante, dependiendo del **tipo de mecanismo empleado para la transmisión de la información,** las sinapsis pueden ser de dos tipos: **químicas** y **eléctricas**.

En la mayoría de las neuronas el flujo del impulso nervioso va del **polo aferente** de la neurona, que comprende el cuerpo y las dendritas, hasta el **polo eferente** constituido por el axón y sus colaterales (López Antúnez, 1979). Por otro lado, cabe mencionar que en el proceso de la transmisión de señales de una célula a otra, a la célula que transmite la señal se le denomina **presináptica** y a la que la recibe, **postsináptica** (Ortiz, 2009). Así, normalmente en la comunicación entre dos neuronas, el impulso será transmitido del polo eferente de la neurona presináptica al polo aferente de la neurona postsináptica, de forma unidireccional. No obstante, el impulso nervioso puede viajar del polo eferente de la neurona presináptica a diversas regiones de la neurona postsináptica (axones, dendritas o somas). En este sentido, se da una clasificación de las sinapsis basada en **la estructura en la que se produce el contacto** entre la neurona presináptica y la neurona postsináptica en las **sinapsis químicas** (que se revisará un poco más adelante).

17.1 Tipos de sinapsis según la estructura en la que se produce el contacto

Los tipos de sinapsis pueden ser: **axodendríticas**, **axosomáticas** y **axoaxónicas**. Las más usuales son las **axodendríticas**, es decir, que se dan entre el axón de la neurona presináptica y la dendrita de la neurona postsináptica (sobre la superficie lisa de una dendrita o sobre espinas dendríticas; Carlson, 2006); y las **axosomáticas**, que se dan entre el axón de la neurona presináptica y el cuerpo de la neurona postsináptica. En las sinapsis **axónicas**, el axón de la célula presináptica establece contacto sobre el segmento inicial del axón de la célula postsináptica, pero éstas no son muy comunes. También puede haber sinapsis entre expansiones terminales de diferentes neuronas (Snell, 2010). En la figura 19 se esquematizan los tres tipos de sinapsis. (Figura tomada de Snell, 2010)

17.2 Tipos de sinapsis dependiendo del mecanismo empleado para la transmisión de la información.

Ya se había mencionado que, dependiendo del mecanismo empleado para la transmisión de la información, las sinapsis pueden ser de dos tipos, químicas y eléctricas.

17.3 Sinapsis químicas

Las **sinapsis químicas** son las más numerosas. En este tipo, en proximidad a la sinapsis la célula presináptica produce sustancias químicas específicas denominadas **neurotransmisores**, cuando la zona en la que se encuentran acumulados los neurotransmisores se despolariza por la llegada de un potencial de acción, los neurotransmisores pasan a través del estrecho espacio que existe entre las células, (el espacio sináptico), y se fijan a una molécula de proteína en la membrana postsináptica denominada **receptor** (Ortiz, 2009; Snell, 2010). En este tipo de sinapsis el mensaje sináptico es unidireccional (Cardinali, 2007).

Figura 19.

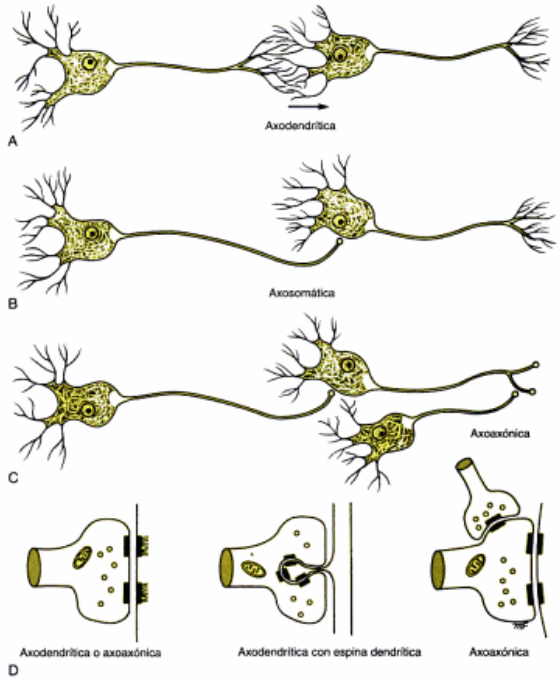


Fig. 2-22. A, B, C y D. Diferentes tipos de sinapsis químicas.

Componentes de la sinapsis química

Sin importar si las sinapsis son axodendríticas, axosomáticas o axoaxónicas, todas presentan los componentes estructurales que se describen a continuación y se esquematizan en la figura 20:

Membrana presináptica

La **membrana presináptica** corresponde a la membrana de la célula presináptica que llega hasta la sinapsis (López Antúnez, 1979).

En el **citoplasma**, en la proximidad con la sinapsis hay vesículas presinápticas, mitocondrias y algunos lisosomas. El papel de las vesículas presinápticas y las mitocondrias es sumamente

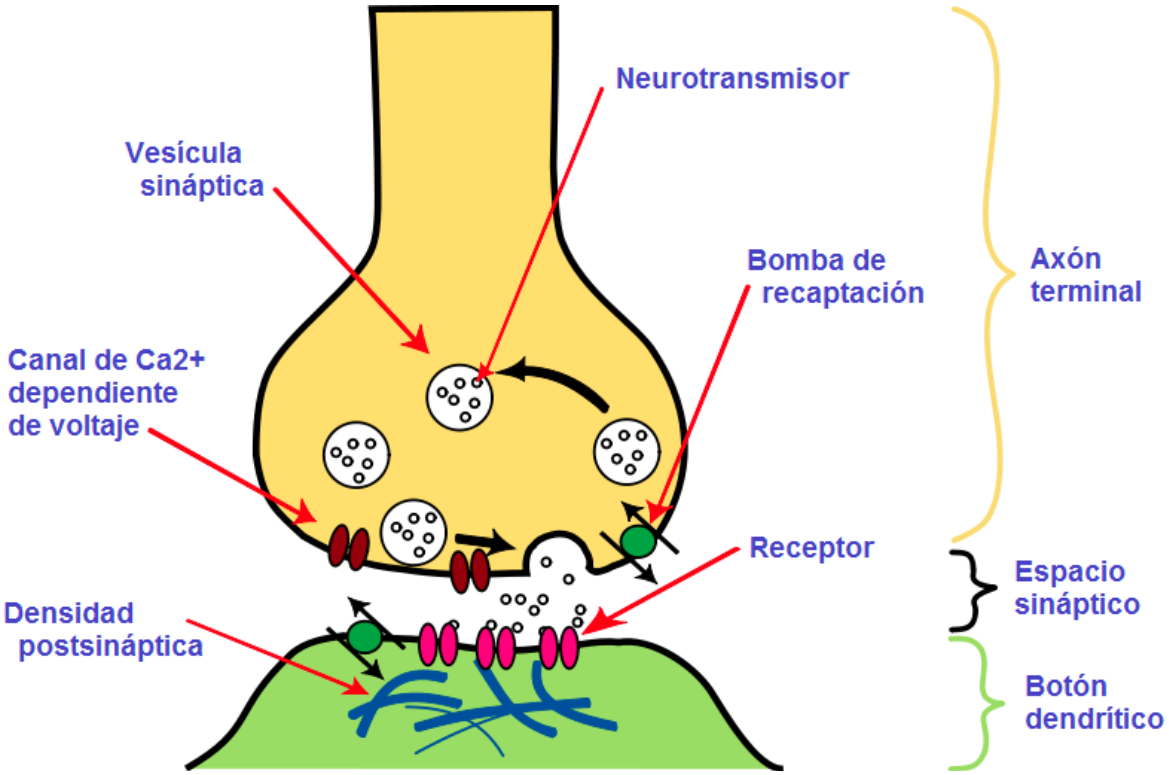
importante en la sinapsis ya que, por un lado, las **vesículas presinápticas** contienen las sustancias neurotransmisoras que son liberadas en el espacio sináptico, mientras que las **mitocondrias** proporcionan trifosfato de adenosina (ATP) para la síntesis de nuevas sustancias transmisoras (Snell, 2010).

Espacio sináptico

Las membranas presináptica y postsináptica se encuentran separadas por un espacio denominado **espacio sináptico**. El tamaño de este espacio varía de una sinapsis a otra pero por lo general es de unos 20 nm de ancho. Este espacio contiene líquido extracelular, a través del cual se difunde el neurotransmisor (Carlson, 2006).

Membrana postsináptica

La **membrana postsináptica** corresponde a la membrana, en la región de la sinapsis, de la célula postsináptica a la que va a ser transmitido el impulso (López Antúnez, 1979).



En el área postsináptica, el **citoplasma** contiene con frecuencia **cisternas** paralelas. Esta membrana contiene proteínas receptoras que se unen al neurotransmisor, los **receptores** (Snell, 2010). El proceso en el que los **receptores** y el **neurotransmisor** se unen desencadena cambios en la polaridad de la membrana que pueden generar un **potencial de acción** en la neurona postsináptica.

Neurotransmisores

Los **neurotransmisores** son sustancias químicas sintetizadas y almacenadas por la neurona presináptica en las vesículas presinápticas, que son liberadas en el espacio sináptico y capturadas por los receptores. Estas sustancias median la comunicación química neural (Cardinali, 2007).

Para que la función de los neurotransmisores sea eficaz, debe ser de muy breve duración, lo que depende de algunos mecanismos que ponen fin a su acción, como por ejemplo la recaptación en la terminal neural, la difusión al espacio extrasináptico y la inactivación enzimática, estos mecanismos garantizan rapidez y fugacidad de la acción del transmisor (Cardinali, 2007; Carlson, 2006).

En el sistema nervioso se han identificado muchos transmisores diferentes, entre los que se pueden mencionar: acetilcolina (ACh), noradrenalina, adrenalina, dopamina, glicina, serotonina, ácido gamma-aminobutírico (GABA), encefalinas, sustancia P y ácido glutámico (Snell, 2010).

En una sinapsis puede haber varios neurotransmisores, de hecho, esto sucede en la mayoría de las sinapsis, sin embargo, un neurotransmisor suele ser el **activador principal**, que actúa directamente en la membrana postsináptica, mientras que los otros funcionan como moduladores que modifican la actividad del transmisor principal (Snell, 2010).

Secuencia de eventos en la sinapsis química

La secuencia de eventos que se sucede durante la sinapsis es la siguiente:

1. Los potenciales de acción se transmiten a lo largo del axón y la llegada de un impulso nervioso a la terminación del axón produce despolarización de la membrana presináptica (López Antúnez, 1979).

2. Esta despolarización da lugar a una entrada de iones de calcio, lo que origina que las vesículas sinápticas se fusionen con la membrana presináptica (Snell, 2010).

3. Las modificaciones en las vesículas sinápticas conducen a la liberación del neurotransmisor en el espacio sináptico hacia el líquido extracelular. Este acontecimiento dura tan sólo unos pocos milisegundos (Carlson, 2006).

4. Una vez en el espacio sináptico, los neurotransmisores difunden a través del espacio hasta la membrana postsináptica.

5. Al llegar a la membrana postsináptica, el neurotransmisor es captado por algunas moléculas proteicas especiales en zonas receptoras específicas de la membrana, lo que ocasiona que la membrana se despolarice o hiperpolarice, generando así potenciales postsinápticos breves (Carlson, 2006).

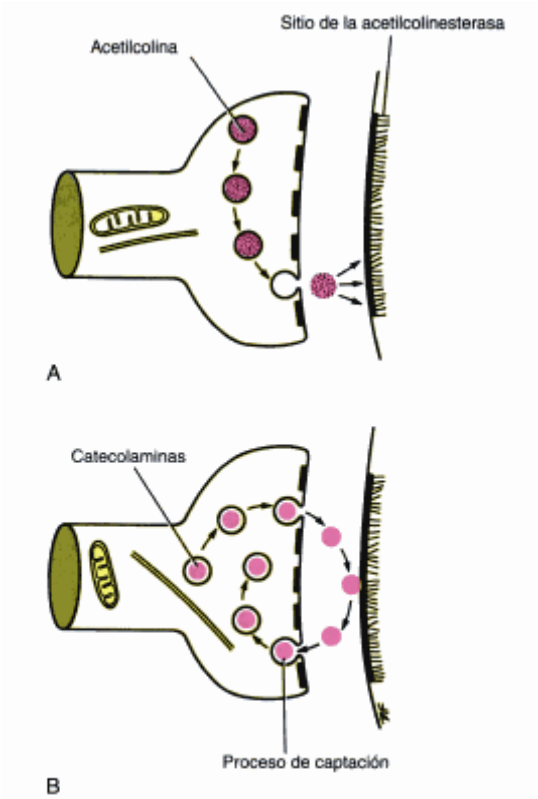


Fig. 2-24. Liberación de neurotransmisores. **A.** Acetilcolina. **B.** Catecolaminas.

6. La acción del neurotransmisor debe ser breve para garantizar su eficiencia, por lo que, una vez que está en el espacio sináptico y que alcanza la membrana postsináptica, el neurotransmisor es eliminado mediante dos mecanismos: la **recaptación** y la **inactivación enzimática**, que ya se había mencionado anteriormente (Carlson, 2006).

En la **recaptación** el botón terminal de la neurona presináptica elimina con extraordinaria rapidez el neurotransmisor del espacio sináptico. La sustancia transmisora es forzada a trasladarse directamente desde el espacio sináptico al interior del citoplasma por medio de moléculas de transporte especiales, localizadas en la membrana presináptica (Carlson, 2006). Este proceso es el más común. En la figura 21 se muestra una representación esquemática de los procesos de liberación y recaptación. (Figura tomada de Snell, 2010)

En la **inactivación enzimática** las moléculas del neurotransmisor son destruidas por la acción de una enzima. Este proceso se presenta únicamente en el caso de la acetilcolina (hasta donde se sabe; Carlson, 2006).

Figura 21.

Para finalizar, vale la pena mencionar que el proceso de sinapsis conlleva un proceso de **transducción de energía**, ya que, tal y como se ha explicado, inicialmente la energía eléctrica del impulso nervioso es transformada a energía química contenida en

el mediador; después esta última da origen a movimientos iónicos en la membrana postsináptica que se traducen en cambios eléctricos (López Antúnez, 1979).

Tipos de sinapsis desde el punto de vista funcional

Desde el punto de vista funcional, las sinapsis pueden ser **excitadoras** o **inhibidoras** (Afifi, 2006).

Tal y cómo se había mencionado en el punto cinco de la secuencia de eventos en la sinapsis, las moléculas proteicas receptoras de la membrana postsináptica se unen al neurotransmisor, esto provoca un cambio en su polaridad, que puede generar un **potencial postsináptico excitador** (**PPSE**) o un **potencial postsináptico inhibidor** (**PPSI**), que tienen una duración muy breve (Snell, 2010).

Los efectos excitadores e inhibidores sobre la membrana postsináptica de la neurona dependen de la suma de las respuestas postsinápticas en las diferentes sinapsis (Snell, 2010). A este proceso se le denomina **integración neuronal** (Carlson, 2006).

Si el efecto global es de **despolarización**, la neurona resultará **excitada**, lo que dará comienzo a un potencial de acción en el segmento inicial del axón, que provocará que un impulso nervioso se desplace a lo largo del axón. Pero si el efecto global es de **hiperpolarización**, la neurona resultará **inhibida** y no se originará ningún impulso nerviosos (Snell, 2010).

Los diferentes neurotransmisores ejercen distintas acciones excitadoras o inhibidoras. Así, el ácido glutámico o glutamato es el neurotransmisor excitatorio más abundante en el sistema nervioso central, mientras que el neurotransmisor inhibidor más abundante es el ácido gamma aminobutírico o GABA por sus siglas en inglés (Cardinali, 2007).

17.4 Sinapsis eléctrica

En estas sinapsis no hay un transmisor químico, sino que las neuronas se comunican eléctricamente (Snell, 2010).

Las **sinapsis eléctricas** son uniones intercelulares que permiten el intercambio de iones y otras moléculas entre dos células, transmitiéndose así información y estímulos eléctricos (Ortiz, 2009). Estas uniones contienen **canales**, formados por proteínas, que se extienden desde el citoplasma de la neurona presináptica al de la neurona postsináptica y que atraviesan el **espacio sináptico** que separa a las dos células (Ortiz, 2009; Snell, 2010).

Las **sinapsis eléctricas** constituye una vía de comunicación excepcionalmente rápida que permiten sincronizar la actividad de muchas células próximas (Ortiz, 2009). Esto es de especial importancia ya que asegura que un grupo de neuronas que desarrollan una función idéntica actúen bien coordinadas y rápidamente (Snell, 2010). Adicionalmente, a diferencia de las sinapsis

Referencia Bibliográfica

Reynoso-Alcántara. *Revista Mexicana de Neurociencia*