



Neuroanatomía Funcional

Angelo Machado

Daniela Gálvez Valdivia
Medicina 2006

Capítulo 1 Algunos Aspectos de Filogenia Del Sistema Nervioso

1.0 Filogenia del Sist. Nervioso – Origen de algunos reflejos

(Filogenia (del griego: phylon = tribu, raza y genetikos = relativo al nacimiento, de génesis = nacimiento) es la disciplina que estudia las relaciones evolutivas entre las distintas especies, reconstruyendo la historia de su diversificación (filogénesis) desde el origen de la vida en la Tierra hasta la actualidad).

Los seres vivos, incluso los más primitivos, deben continuamente adaptarse al medio ambiente para sobrevivir. Para esto el citoplasma celular cuenta con tres propiedades muy importantes: la irritabilidad (excitabilidad), la conductividad y la contractibilidad. La irritabilidad es la capacidad de ser sensibles a estímulos, es decir, la capacidad de detectar las modificaciones del medio ambiente. Sabemos que una célula es sensible a un estímulo cuando reacciona frente a este, por ejemplo, dando un origen a un impulso que es conducido a través del citoplasma (conductibilidad), determinando una respuesta en otra parte de la célula. Esta respuesta se puede manifestar como un acortamiento de la célula (contractibilidad) en el caso de un estímulo nocivo. La ameba, un organismo unicelular, presenta en su citoplasma las tres características. Entonces si tocamos una ameba con la aguja de un micromanipulador vemos que ella lentamente se mueve desde el punto donde fue tocada. Ella es sensible a conducir información del estímulo a otras partes de la célula determinando la retracción de un lado y la emisión de pseudópodos de otro. Teniendo el citoplasma todas estas propiedades, células como la ameba no se especializa en ninguna de sus respuestas, son muy rudimentarias. En seres más especializados como las Esponjas (phylum Porifera) vamos a encontrar que una parte del citoplasma se especializa para la contracción y otra situada en la superficie desarrolla más las propiedades de irritabilidad y conductibilidad (figura 1.1). Estas células musculares primitivas se encuentran en epitelios que revisten orificios que permiten la penetración de agua en el interior de Esponjas. Sustancias irritantes colocadas en el agua son detectadas por estas células que se contraen cerrando los orificios.

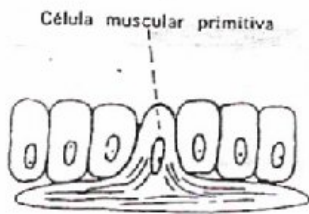


Figura 1.1
Célula muscular primitiva de una esponja

Con la aparición de los metazoos (Tb. llamados metazoarios → son un reino de seres vivos pluricelulares, heterótrofos, formados por células eucariotas que se agrupan formando tejidos, órganos, sistemas y aparatos, los cuales colaboran en la realización de las tres funciones vitales de todo ser vivo: la función de nutrición, la función de relación y la función de respiración.) más complejos, las células musculares pasarán a la parte más profunda, perdiendo el contacto directo con el medio externo. Surgirán, entonces, en la superficie, células que se diferencian para recibir estímulos del medio ambiente, transmitiéndolo a las células musculares subyacentes. Estas células especializadas en irritabilidad y conductibilidad, forman las primeras neuronas? que aparecerán en los celenterados (Los celentéreos o celenterados son un gran grupo de animales metazoos de simetría radiada que comprende los organismos conocidos como: actinias, hidras, corales, medusas, anémonas y pólipos.) De esta forma en los tentáculos de una anemona de mar (fig 1.2) existen células nerviosas unipolares, con una prolongación denominada axón, que está en contacto con células musculares situadas más profundamente.



Figura 1.2 Esquema de un dispositivo neuromuscular en el tentáculo de un celenterado

En las extremidades de estas células nerviosas situadas en la superficie se desarrolla una formación especial denominada receptor. Un receptor transforma varios tipos de estímulos físicos o químicos en impulsos nerviosos que pueden ser transmitidos a un efector: músculo o glándula. En el correr de la evolución aparecen receptores mucho más complejos para estímulos más variados. En el dispositivo neuromuscular del tentáculo de la anémona de mar permite respuestas locales solamente, en el caso relacionado con el desplazamiento de partículas de alimento en dirección a la boca del animal. En otra parte del cuerpo, entre dos celenterados existe una red de fibras nerviosas formadas principalmente por ramificaciones de las neuronas de la superficie, permitiendo la difusión de los impulsos nerviosos en varias direcciones. Este tipo de sistema nervioso fue sustituido posteriormente por los anélidos por uno más avanzado en el que los elementos nerviosos tienden a agruparse en un sistema nervioso central (centralizado). En los anélidos (gusanos compuestos por numerosos segmentos o anillos) como el gusano, el sistema nervioso está segmentado, formado por dos ganglios nerviosos cerebrales y por una serie de ganglios unidos por una cuerda ventral, correspondiendo a los segmentos del animal. En el estudio de dos neuronas de uno de estos segmentos, se observan dispositivos nerviosos más complejos que los estudiados en los celenterados. En el epitelio de células de animales, tenemos neuronas que por medio de su axón están unidos a otras neuronas cuyos cuerpos están situados en ganglios. Y estas últimas neuronas tienen su axón conectado a células musculares (Fig. 1.3)

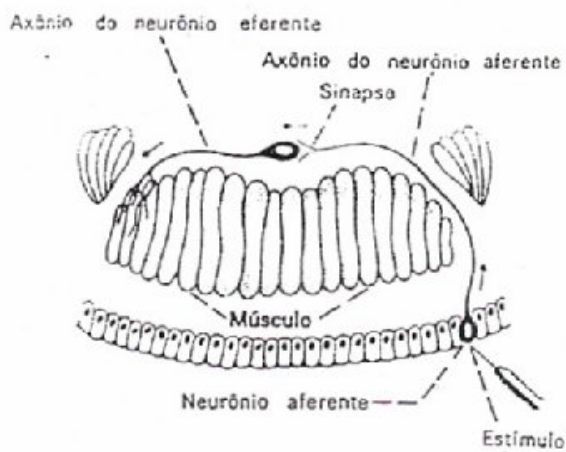
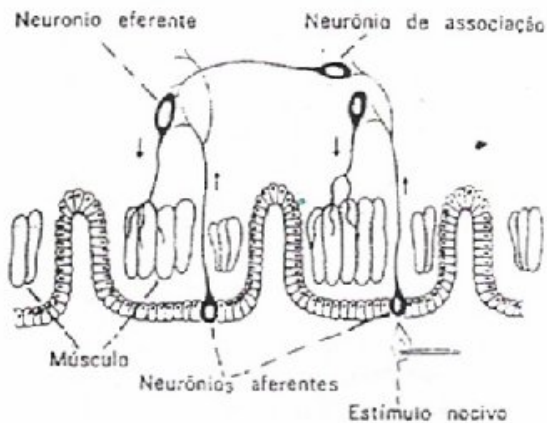


Figura 1.3 Esquema de un arco reflejo simple en un segmento de anélido

Las neuronas que están en la superficie están especializadas en recibir los impulsos y conducirlos hasta el centro. Por esto se han denominado neuronas sensitivas o neuronas aferentes. Las neuronas situadas en el ganglio están especializadas en la conducción del impulso desde el centro a un efector, en este caso un músculo, se denominan neuronas motoras o eferentes. Las células aferentes y eferentes que aparecen por primera vez tienen que estar una tras otra, deben por tanto estar conectadas. Son aferentes las neuronas, fibras o redes de fibras que traen impulsos al sistema nervioso y eferentes las que llevan los impulsos desde esta área. Por lo tanto aferente se refiere a las que entran y eferentes a los que dejan impulsos desde cualquier parte del sistema nervioso. Así mismo neuronas cuyos cuerpos están en el cerebro y terminan en el cerebelo son aferentes en el cerebro y aferentes en el cerebelo. Se debe pues siempre especificar el área o el órgano del sistema nervioso en relación en cual órgano deja el impulso.



Las que llevan los impulsos desde esta área. Por lo tanto aferente se refiere a las que entran y eferentes a los que dejan impulsos desde cualquier parte del sistema nervioso. Así mismo neuronas cuyos cuerpos están en el cerebro y terminan en el cerebelo son aferentes en el cerebro y aferentes en el cerebelo. Se debe pues siempre especificar el área o el órgano del sistema nervioso en relación en cual órgano deja el impulso.

La conexión de una neurona sensitiva con una motora del ejemplo de arriba es a través de una sinapsis localizada en un ganglio. Tendremos que en un segmento de un gusano, los elementos básicos de un arco reflejo simple, o son una neurona aferente con un receptor o un centro donde ocurre la sinapsis en una neurona eferente que se une a un efector, en este caso, un músculo. Tal dispositivo permite al gusano contraer la musculatura de un segmento por el estímulo en ese mismo segmento. También puede ser útil para

evitar determinados estímulos nocivos. Este arco reflejo es intrasegmentario, por lo tanto la conexión entre una neurona aferente y una eferente afecta sólo un segmento. Debemos considerar, entre tanto que un gusano es un animal segmentado

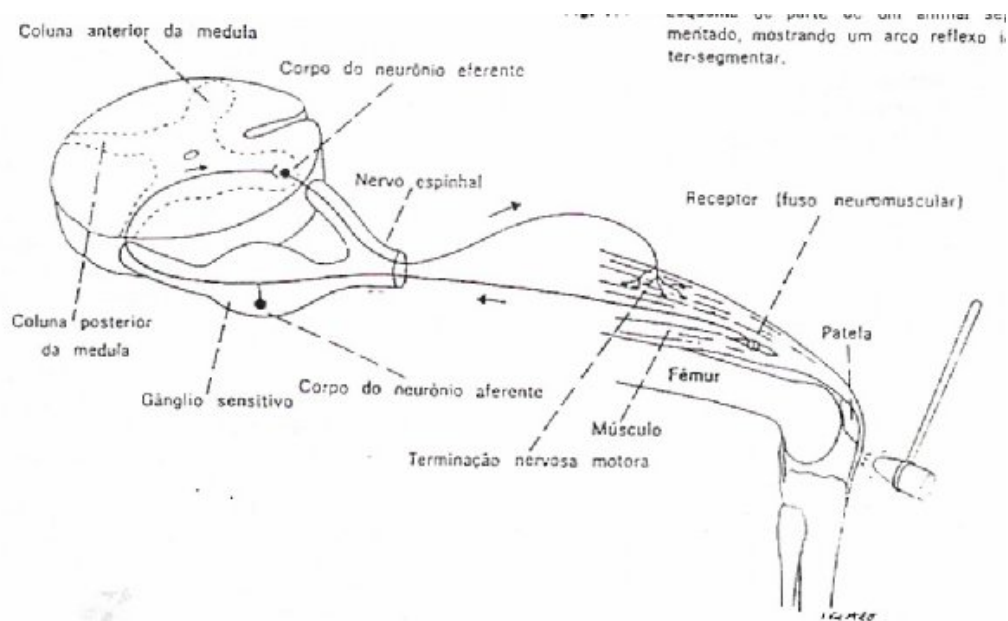
y que a veces para el pueda evitar un estímulo nocivo aplicado a un segmento puede ser necesario que la respuesta se haga en otros segmentos. Existe por lo tanto, en el sistema nervioso (desde los animales) un tercer tipo de neurona: las de asociación, que hacen asociación de un segmento con otro como en la siguiente figura:

Figura 1.4 Esquema de parte de un animal segmentado, mostrando un arco reflejo inter-segmental.

De esta forma el estímulo aplicado en un segmento da origen a un impulso que es conducido por la neurona sensitiva a un ganglio. El axón de esta neurona hace sinapsis con la neurona de asociación, cuyo axón pasa por la cuerda ventral del animal, hasta la neurona motora del segmento vecino. De este modo la respuesta se inicia en un segmento y se hace en otro. Tendremos un arco reflejo intersegmentario, porque envuelve más de un segmento y es un poco más complicado que el anterior, porque envuelve dos sinapsis y tres neuronas, una sensitiva, una motora y una de asociación. La cuerda ventral de un anélido es recorrida por un gran número de axones de neuronas de asociación que unen segmentos a veces distantes unos de otros.

2.0 Algunos arcos reflejos de la médula espinal de vertebrados

El conocimiento de las conexiones de las neuronas en el sistema nervioso de los gusanos nos ha permitido entender algunas conexiones de la médula espinal de los vertebrados, inclusive de humanos. También ahí vamos a encontrar arcos reflejos simples, semejantes a los que vimos en los gusanos. Un ejemplo de esto, es el reflejo patelar. (Figura 1.5→ Esquema de un arco reflejo simple en el humano: reflejo patelar)



Cuando un neurólogo golpea con un martillo en la rodilla de un paciente, la pierna se proyecta hacia delante. El martillo estimula en el músculo cuádriceps, dando origen a impulsos nerviosos que llegan hasta la neurona sensitiva. Una prolongación central de esta neurona en la médula espinal y termina haciendo sinapsis con neuronas motoras allí situadas. El impulso nervioso es conducido de vuelta por el axón de una neurona motora al miembro inferior, donde estimula las fibras del músculo cuádriceps, que hace que la pierna se proyecte hacia delante. En la médula espinal de los vertebrados existe una segmentación, aunque no es tan nítida como en la cuerda ventral de los anélidos. Esta segmentación se evidencia por la conexión de los varios pares de nervios espinales. Existen arcos reflejos en la médula de los vertebrados en los cuales a parte aferente del arco reflejo se une a la parte eferente del mismo segmento o en los segmentos adyacentes. Estos arcos reflejos son considerados intersegmentarios, un ejemplo es el reflejo patelar. Mientras tanto un gran número de reflejos medulares son intersegmentarios, o sea, un impulso aferente llega a la médula espinal en un segmento y la respuesta eferente se origina de un segmento muy distante ya sea de los de abajo o de los de arriba. Estos arcos tienen en su composición neuronas de asociación, que en los gusanos asocian niveles distintos dentro del sistema nervioso. Un ejemplo clásico de reflejo intersegmental es el llamado "reflejo de rascarse" del perro. En un perro previamente sometido a una

sección (extirpación) de médula cervical, para la interferencia del encéfalo, se estimula por la parte dorsal del tórax tirando ligeramente un pelo. Se observa que la pata posterior del perro del mismo lado, inicia una serie de movimientos rítmicos semejantes a los que el animal hace cuando, por ejemplo, en el mismo lugar lo pica una pulga. Se sabe que este arco reflejo involucra los siguientes elementos:

- Neuronas sensitivas unen el segmento correspondiente a la parte torácica de la médula espinal.
- Neuronas de asociación con un largo axón descendente, unen esta parte de la médula con el segmento que origina los nervios que van hacia la pata posterior.
- Neuronas motoras para el músculo de la pata posterior.

3.0 Evolución de las tres neuronas fundamentales del sistema nervioso

Vimos como aparecen durante la filogénesis las tres neuronas fundamentales ya presentes en los anélidos, es decir, la neurona aferente (o sensitiva), la neurona eferente (o motora) y la neurona de asociación. Todas las neuronas existentes en el sistema nervioso del hombre, aunque recibiendo nombres diferentes y variados en diferentes sectores del sistema nervioso central, pueden, en último análisis, ser clasificados en uno de estos tres tipos fundamentales. Vemos algunas modificaciones sufridas por estas tres neuronas durante la evolución.

3.1 Neuronas aferentes (o sensitivas)

Surgió en la filogénesis, con la función de llevar al sistema nervioso central información sobre las modificaciones ocurridas en el medio externo, estando inicialmente en relación con la superficie del animal. El apareamiento de metazoarios más complejos con varias capas celulares trajo como consecuencia la formación de un medio interno. En virtud de esto algunas neuronas aferentes pasaron a llevar al sistema nervioso información sobre las modificaciones de este medio interno.

Son muy interesantes los cambios en la posición del cuerpo de las neuronas sensitivas ocurrido durante la evolución (Fig.1.6) En algunos anélidos el cuerpo está localizado en el epitelio de revestimiento, por lo tanto en contacto con el medio externo y la neurona sensitiva es unipolar. En los moluscos tenemos neuronas sensitivas cuyos cuerpos están situados en el interior del animal, manteniendo una prolongación en la superficie, en este caso las neuronas son del tipo bipolar. Ya en los vertebrados casi la totalidad de las neuronas aferentes tienen sus cuerpos en ganglios sensitivos situados junto al sistema nervioso central, sin penetrar en él. En esta situación la mayoría de las neuronas sensitivas de los vertebrados son pseudo-monopolares. Esta tendencia probablemente resulta de la selección natural, porque la posición del cuerpo de una neurona en la superficie no es ventajosa. Ahí está más sujeto a lesiones y al contrario de los axones que pueden regenerar, la lesión del cuerpo neuronal es irreversible. En relación con las extremidades periféricas de las neuronas sensitivas surgirán estructuras a veces muy complejas, los receptores, capaces de transformar los varios tipos de impulsos físicos y químicos en impulsos nerviosos que son conducidos al sistema nervioso central por la neurona sensitiva.

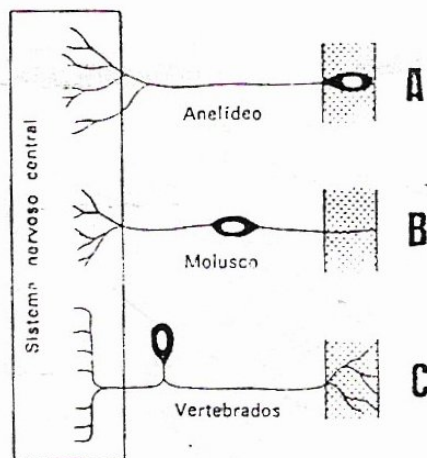


Fig. 1.6 — Esquema mostrando as modificações na posição do corpo do neurônio sensitivo durante a evolução: A — corpo na superfície; B — corpo entre a superfície e o sistema nervoso central; C — corpo próximo ao sistema nervoso central.

3.2 Neuronas eferentes (o motoras)

La función de las neuronas eferentes es conducir el impulso nervioso al órgano efector que, en los mamíferos, es un músculo o una glándula. El impulso eferente determina una contracción o una secreción. El cuerpo de la neurona eferente surgió dentro del sistema nervioso central y la mayoría permanece en esta posición durante toda la evolución. Con todo, las neuronas eferentes que inervan músculos lisos, músculos cardiacos y glándulas, tienen sus cuerpos fuera del sistema nervioso central, en estructuras que son los ganglios viscerales. Estas neuronas pertenecen al sistema nervioso autónomo y son estudiadas con el nombre de neuronas post-ganglionares. Ya las neuronas eferentes que inervan músculos estriados esqueléticos tienen su cuerpo siempre dentro del sistema nervioso central. (por ejemplo en la columna anterior de la médula) y reciben varios nombres como neuronas motoras primarias, neuronas motoras inferiores y vía motora final común de Sherrington.

3.3 Neuronas de asociación

La aparición de las neuronas de asociación trae un considerable aumento del número de sinapsis, aumentando la complejidad del sistema nervioso y permitiendo la realización de patrones de comportamiento cada vez más elaborados. El cuerpo de la neurona de asociación permanece siempre dentro del sistema nervioso central y su número aumenta mucho durante la evolución. Este aumento fue mayor en las extremidades anteriores de los animales. La extremidad anterior de los gusanos e incluso de animales más evolucionados es aquella que primero entra en contacto con los cambios del ambiente, cuando el animal se disloca. Esta extremidad se ha especializado en la exploración del medio ambiente y en la alimentación, desarrollando un aparato bucal y órganos del sentido más complejos como ojos, oídos, antenas, etc. Paralelamente tienen en esta extremidad una concentración de neuronas de asociación dando origen a los varios tipos de ganglios cerebrales de los invertebrados o al encéfalo de los invertebrados. El encéfalo aumenta considerablemente durante la filogénesis de los vertebrados (encefalización). Teniendo el máximo desarrollo en el encéfalo humano. En relación con las neuronas de asociación situadas en el encéfalo surgirán las funciones síquicas superiores y llegamos al ápice de la evolución del sistema nervioso.