

Tema 42: Neurona y células gliales. Organización general del sistema nervioso. El líquido cefalorraquídeo

Introducción

El sistema nervioso se desarrolla de la capa germinativa del endodermo. En este se diferencian dos tipos de células implicadas en la formación del sistema nervioso: por un lado los neuroblastos, que dan lugar a neuronas, y por otro lado los espongioblastos, que dan lugar a las células gliales conectivas y de sostén del sistema nervioso.

Las neuronas de las distintas partes del sistema nervioso tienen diferentes formas y tamaños, pero anatómicamente todas ellas tienen elementos comunes y podemos describir dos tipos de neuronas: neuronas motoras multipolares y sensoriales. Toda neurona está formada por un cuerpo celular o soma, rodeado por una membrana plasmática. Ésta circunda al citoplasma neuronal o neuroplasma, que contiene los orgánulos típicos.

Se cree que después de los 5 años de edad la neurona carece de núcleo funcional, por eso no son substituidas mitóticamente. Además, existe retículo endoplasmático granular o cuerpos de Nissl que participan en la síntesis de proteínas.

Existen también, gran cantidad de microtúbulos huecos, conocidos como neurofibrillas y tienen la misión de actuar como estructuras de sostén y para la distribución de sustancias a través de las neuronas. Del cuerpo neuronal salen prolongaciones de dos tipos:

- Axones o cilindroejes: largos, únicos, poco ramificados, de diámetro uniforme. Conducen los impulsos alejándolos del cuerpo celular (son eferentes).
- Dendritas: son múltiples, cortas, muy ramificadas, irregulares. Conducen los impulsos hacia el cuerpo celular (son aferentes).

La neurona multipolar presenta axones y dendritas. La neurona sensorial presenta sólo axones, uno de los cuales actuará como dendrita y el otro como axón. Los axones y dendritas reciben el nombre de fibras nerviosas, están contenidas en tejido conectivo, uniéndose varias y formándose grandes nervios (solo en el SNP), que discurren a lo largo de nuestro cuerpo.

Los axones se originan en una región engrosada del cuerpo celular que recibe el nombre de cono axial. El axón termina normalmente en un número más o menos grande de botones terminales o sinápticos, llamados telodendria axónica y precisamente es en estos donde una célula nerviosa establece conexión (sinapsis) con otra. Los axones y dendritas pueden presentar vainas o cubiertas, pero solamente si estructuralmente son axones.

La vaina de mielina es una cubierta del axón con naturaleza lipoproteica, segmentada a intervalos regulares. Tiene como función impedir la pérdida de corriente, por eso esta nunca envuelve la terminación axónica. Presenta constricciones periódicas llamadas nódulos de Ranvier. La vaina, está formada por células gliales que sobrepasan en número a las neuronas; no conducen impulsos. Pueden tener prolongaciones, y pueden dividirse durante toda la vida, poseen todos los orgánulos de las células vivas. Se diferencian siete tipos de células gliales:

- Astrocitos:
 - Protoplasmáticos
 - Fibrosos

- Células de la microglía
- Células de la oligodendroglía
- Células del epéndimo
- Células de Schwann
- Células satélite
- Oligodendroglía.

Las células de Schwann se encuentran en el sistema nervioso periférico. Las células satélite forman cubiertas capsulares alrededor de los grupos de células nerviosas que están fuera del encéfalo y médula, así forma cápsulas alrededor de las células de los ganglios nerviosos. El resto de células se encuentran en el sistema nervioso central. Existe una relación intensa entre células gliales y células nerviosas, de hecho, éstas no sobreviven si no existen las primeras, porque poseen funciones nutricionales, fagocíticas, ameboideas y mantienen unidos los elementos del sistema nervioso.

Organización del sistema nervioso

El sistema nervioso se origina a partir de una placa ectodérmica llamada placa neural, sufre una invaginación formando el tubo neural y éste crece en su parte anterior y se originan tres vesículas:

- Prosencéfalo o cerebro anterior:
- Mesencéfalo o cerebro medio
- Rombencéfalo o cerebro posterior:

Además de este ectodermo se diferencian 2 tipos de células: neuroblastos y espongioblastos. El prosencéfalo a su vez se divide en dos vesículas:

- Telencéfalo: está formado por neopallio, que son los hemisferios cerebrales muy desarrollados en el ser humano, el rinencéfalo o lóbulos olfatorios poco desarrollados en el hombre y los ganglios basales.
- Diencefalo: formado por el tálamo e hipotálamo.

El mesencéfalo no se subdivide, está formado por tegumento (paredes laterales), pedúnculos cerebrales y por el techo de este mesencéfalo. En el rombencéfalo, están los tubérculos cuadrigéminos. Se subdivide en dos vesículas:

- Metencéfalo: formado por cerebelo, pedúnculos cerebrales y por la protuberancia o puente.
- Miencéfalo: formado por el bulbo raquídeo que se continúa con la médula espinal.

La cavidad central del tubo neural se mantiene en el adulto, y el encéfalo de ese individuo adulto da lugar a una serie de cavidades llamadas ventrículos (llenos de líquido cefalorraquídeo), y al canal raquídeo. En cada hemisferio existe un ventrículo lateral, estos se comunican con el 3º ventrículo situado en el agujero de Monroe, éste se comunica con el 4º por el conducto de Silvio. En el techo existe un gran acumulo de vasos y esto se llama plexo coroideo, en este plexo se forma el líquido cefalorraquídeo.

Hemisferios cerebrales

En el sistema nervioso existe una serie de fisuras de distinta intensidad. La más importante es la que separa a los dos hemisferios cerebrales, luego la de Silvio (entre frontal y temporal), y en tercer lugar, la de Rolando (separa frontal y parietal).

Médula

Presenta una parte interna de sustancia gris (formada por cuerpos celulares y fibras amielínicas) y una parte externa de sustancia blanca, formada por fibras mielínicas. La distribución es diferente en la médula; la sustancia gris se encuentra en el interior, y la blanca en la periferia. El sistema nervioso podemos dividirlo en:

- Sistema nervioso central:
 - Encéfalo
 - Médula
- Sistema nervioso periférico: nervios.
 - Craneales (parten del encéfalo)
 - Espinales (parten de la médula)

Se puede hacer otra división:

- Sistema nervioso somático: inervación del músculo esquelético y piel.
- Sistema nervioso autónomo: inervación de músculo liso, cardíaco y glándulas.
 - Simpático
 - Parasimpático

Tema 43: Fundamentos de neurofisiología celular

Excitación y conducción

La adaptación al medio y a los cambios del medio, son necesarios para mantener la homeostasis corporal, consigue mediante la excitabilidad. Toda su reacción ante un estímulo busca una respuesta. Los estímulos pueden ser de naturaleza muy variada: térmicos, químicos, mecánicos, luminosos... Todo estímulo produce una respuesta que también es variada: variación de temperatura, movimiento, secreción glandular... En el hombre y en todo el organismo complejo, existen los receptores, que son los encargados de estimularse ante un estímulo. A partir de ellos existen unos conductores, que van desde el receptor al centro en donde se elabora la respuesta.

Esta va por otro conductor hasta los efectores, que son los que ejercen la respuesta. Esta es la estructura que existe en el hombre y es la encargada de ponernos en contacto con el medio externo y con el interno.

Nuestro organismo está formado por un conjunto de células, y toda célula posee una membrana, que proporciona a esta célula individualidad. A través de esta membrana la célula realiza intercambios con el medio, por lo tanto existe una dependencia de la célula con el medio que la rodea y esta dependencia se debe a la permeabilidad de la membrana.

En la célula nerviosa existe una polaridad de membrana que es debida a la diferencia de permeabilidad para los distintos iones. Esta polaridad de la membrana es el potencial de la membrana en reposo (PMR), se debe a que existe mayor concentración de Na^+ y Cl^- y menor de K^+ y otros aniones. Además, la permeabilidad para estos es diferente:

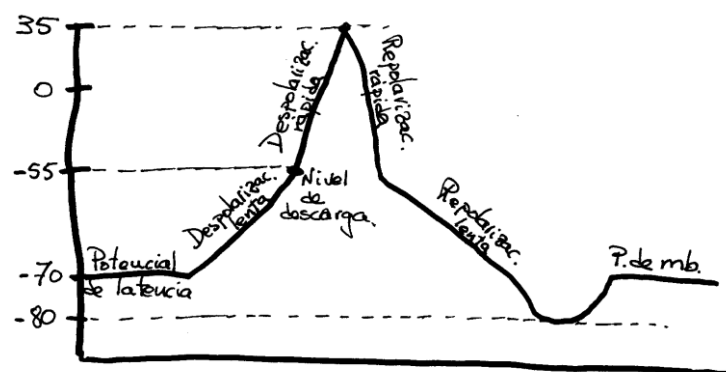
- Sodio: el sodio tiende a entrar en función del gradiente de concentración eléctrico, pero se mantiene en el exterior en una elevada concentración y esto se debe a que en reposo hay pocos canales abiertos para el sodio y a la bomba del sodio.

- Cloro: por gradiente de concentración entra, pero por gradiente eléctrico sale.
- Potasio: por gradiente de concentración sale, ya que hay más dentro que fuera, pero por gradiente eléctrico permanece en el interior, además está la bomba Na-K que introduce potasio en el interior de la célula.
- Grandes aniones orgánicos: hay más en el interior que en el exterior y al ser aniones tienen carga negativa y al ser grandes normalmente no salen, por lo tanto hay una gran cantidad de carga negativa retenida en el interior celular.

Cómo se origina el potencial de acción

El potencial de membrana es en reposo de -70 mV. Si aplicamos un estímulo, los cambios en el potencial de membrana que se observan en un aparato de registro son los siguientes:

1. Durante un cierto período no observamos ningún cambio en el potencial de membrana, ya que el estímulo que avanza no puede ser observable hasta que no varíe el potencial de membrana en la zona en donde tenemos situado el aparato de registro: período de latencia.
2. La primera modificación que observamos es un cambio de potencial que corresponde a una despolarización inicial lenta de 15 mV. Tras esta despolarización inicial lenta tiene lugar un aumento en la velocidad de despolarización llamada despolarización rápida y que sobrepasa en la gráfica a la línea del 0 y alcanza los 35 mV.
3. Hay una repolarización rápida y que va a terminar en una repolarización lenta llamada también potencial residual negativo y que alcanza el potencial de reposo.
4. Esta repolarización continua descendiendo hasta los -80 mV y esto se conoce como potencial residual positivo o hiperpolarización.
5. La membrana se recupera hasta alcanzar nuevamente el potencial de membrana o potencial de reposo.



1. Período de latencia: no se observa variación en el potencial de membrana.
2. Nivel de descarga: es el punto donde pasamos de la despolarización lenta a la rápida.
3. Sobretiro: es el punto máximo de la despolarización.
4. Potencial en espiga o en aguja: se corresponde con la despolarización y repolarización rápidas.
5. Potencial residual negativo: que se corresponde con la repolarización lenta.
6. Potencial residual positivo: que es la hiperpolarización.
7. Potencial normal: o potencial de membrana.

El movimiento iónico

- La despolarización se debe a que el sodio entra.
- La repolarización se debe al potasio que sale.

- La hiperpolarización se debe a que sale más potasio que el sodio que ha entrado, por lo tanto negativo interiormente.
- El potasio que ha salido en exceso entra y por eso alcanzamos de nuevo el potencial de membrana.

Existe una recuperación de carga al final del potencial, pero no hay una recuperación iónica, parte del K^+ es substituido por el Na^+ . Por eso la membrana, para volver a descargar tiene que recuperarse en cuanto a concentración iónica. Esto lo hace en un proceso continuo, mediante la bomba de Na-K. El potencial de membrana de una célula nerviosa, sigue la ley del todo o nada, y esto quiere decir que si el estímulo tiene intensidad suficiente para producir la descarga, la respuesta va a ser siempre la misma mientras no varíen las condiciones del medio. El potencial de acción es el lenguaje que utiliza el sistema nervioso para informar de los cambios que se producen en el medio.

Términos utilizados para explicar los cambios que se producen en una célula nerviosa y potencial de acción

El estímulo tiene que aplicarse en un tiempo determinado para que exista respuesta ya que si el estímulo es muy lento no se va a producir respuesta, ya que lo que se produce es la acomodación. Además, tenemos que saber que la intensidad mínima que es capaz de producir una respuesta si se aplica en un tiempo útil se llama reobase y que el tiempo en que debe aplicarse un estímulo doble de la reobase para producirse una respuesta se llama cronaxia, es el tiempo en que debemos de aplicar un estímulo doble de la reobase para producir una respuesta.

Cuando se reduce el tiempo entre un estímulo y otro también lo hace la respuesta, hasta que llega un momento en que a dos estímulos simultáneos, sólo se va a producir una única respuesta y esto se debe a que la fibra nerviosa se encuentra en periodo refractario absoluto cuando le aplicamos el segundo estímulo.

Durante el potencial de acción existen cambios en la excitabilidad de la fibra de tan modo que durante la respuesta local la excitabilidad está aumentada, que en el potencial en espiga existe un período refractario absoluto y en cambio, al final de este potencial en espiga hay un aumento de la excitabilidad y se corresponde con el período refractario relativo, además en el potencial residual positivo la excitabilidad está disminuida y en cambio en el negativo está aumentada.

Cuando hablamos de excitabilidad aumentada, queremos decir que la fibra responde más fácilmente a un estímulo, si hablamos de excitabilidad disminuida la fibra responde con mayor dificultad a un estímulo y en el período refractario absoluto no responde.

Cómo se transmite el potencial

1. En las fibras amielínicas se llama circuito continuo; se produce la despolarización en cada punto como consecuencia de corrientes en circuito que se genera en cada uno de los puntos de la fibra nerviosa. Estas corrientes se deben al movimiento de iones sodio hacia el interior celular, ya que la despolarización en un punto provoca la despolarización en el siguiente y así sucesivamente.
2. En las fibras mielínicas esta conducción se llama conducción saltatoria; la despolarización en este caso sólo se produce en los nódulos de Ranvier, debido a que la vaina de mielina es aislante, por lo tanto el impulso salta de nódulo a nódulo por el interior de la fibra, de ahí que la velocidad de conducción sea mucho más rápida. Por eso la velocidad de transmisión del impulso en fibras mielínicas sea muy superior a la transmisión en amielínicas.

Tema 44: Fisiología general de la sinapsis neuronal

La zona en donde el impulso pasa de una neurona a la siguiente se denomina sinapsis. Este no es un lugar pasivo, sino un orgánulo funcional que al mismo tiempo que transmite el impulso es capaz de modularlo. En toda sinapsis existen dos elementos:

- Presináptico: presenta mitocondrias, REL y vesículas
- Postsináptico: presenta membrana citoplasmática engrosada.

Entre ellos hay un espacio, el espacio sináptico o hendidura sináptica.

Sinapsis

Sinapsis química

Se diferencian dos tipos:

- Gray I
 - Son vesículas de entre 40-60 nm.
 - Espacio sináptico de 20 nm.
 - El elemento postsináptico presenta un gran engrosamiento en su membrana.
 - Sus vesículas son redondeadas, liberan acetilcolina, que produce despolarización de la membrana del elemento postsináptico.
 - Sinapsis excitatoria.
- Gray II
 - Vesículas pequeñas de 30-40 nm.
 - Espacio sináptico menor.
 - Espesor de la membrana del elemento postsináptico menor.
 - Vesículas aplastadas, normalmente inhibitorias.
 - El neurotransmisor es el Gaba, que produce hiperpolarización de la membrana del elemento postsináptico.
 - La acetilcolina una vez que actúa sobre los receptores de membrana es destruida por la enzima acetilcolinesterasa.
 - El Gaba es de nuevo absorbido por el elemento presináptico.

Además, existen otro tipo de vesículas en muchas sinapsis que tienen una región densa en su interior y su tamaño está entre 50-100 nm. Éstas presentan otros neurotransmisores: adrenalina, noradrenalina, serotonina, dopamina... pero no son los únicos transmisores, sino que hay gran diversidad de neurotransmisores en el sistema nervioso. Toda vesícula que presente un neurotransmisor, cuando llega un impulso al elemento presináptico produce una serie de eventos:

1. El potencial de acción a través del axón despolariza la terminación axónica.
2. Esta despolarización abre canales de Ca^{2+} regulados por voltaje.
3. El Ca^{2+} entra en la célula.
4. La entrada de Ca^{2+} produce la exocitosis del contenido de la vesícula sináptica y el neurotransmisor difunde a través de la hendidura sináptica y se une a receptores de la célula postsináptica.
5. Esta unión provoca una respuesta celular en la célula postsináptica.
6. De esta manera el sistema nervioso transmite los estímulos e impulsos generados en cualquier neurona del sistema nervioso.

Síntesis y reciclado de acetilcolina

- La acetilcolina se forma a partir del Acetil-CoA + Colina.
- Está siempre en vesículas sinápticas.
- Se libera a la hendidura sináptica.
- Cuando se une a su receptor colinérgico va a ser degradado por la acetilcolinesterasa.
- El acetato de la degradación continúa por otras rutas.
- Pero la colina va a ser transportada de regreso hacia la terminación presináptica (al axón) y va a ser utilizada para la generación del nuevo acetilcoA.

Otra clasificación de las sinapsis es en la que se diferencian los elementos implicados:

- Axoaxónica: pueden presentar nidos sinápticos o sinapsis seriadas. El primer elemento suele ser inhibitorio y el segundo excitador.
- Axodendrítica.
- Axosomática.
- Dendrodendrítica: se encuentra en los bulbos olfativos y entre células mitrales y granos.
- Dendrosomática: existen en los ganglios simpáticos.
- Somasomática: se presenta una sinapsis especial o sinapsis recíproca (funciona aparentemente en los dos sentidos). Esto se debe a que en cada elemento hay un área que actúa como presináptica y otra área que actúa como postsináptica. Este tipo de sinapsis puede dar origen a los circuitos reverberantes.

Los elementos postsinápticos pueden responder rápido o lentamente, dependiendo del neurotransmisor. La respuesta rápida consiste en que el neurotransmisor se une a un canal iónico regulado por compuerta química y produce una reacción en cascada en el elemento postsináptico en donde se va a generar un potencial postsináptico excitador (despolarización excitadora) o un potencial postsináptico inhibitorio (hiperpolarización inhibitoria).

También se pueden generar potenciales sinápticos lentos y con efectos prolongados. En este caso el neurotransmisor se une a un receptor asociado a proteínas G, y se activa una vía del *segundo mensajero*. Por esta vía, el *segundo mensajero* puede modificar el estado abierto de los canales iónicos o modificar las proteínas existentes o la síntesis de nuevas proteínas.

En resumen, produce una respuesta intracelular coordinada por una vía y por otra vía modifica el estado abierto de los canales iónicos. Haciendo esto puede abrirlos o cerrarlos, pero en ambos casos puede producir un potencial postsináptico excitador o un potencial postsináptico inhibitorio. Por lo tanto, los cambios de potencial que observamos en una sinapsis son:

1. Un potencial postsináptico excitador que no es siempre igual.

En algunos casos se puede caracterizar por una respuesta local, en la cual no se llega al nivel de descarga (despolarización seguida de una rápida repolarización). Si el estímulo tiene intensidad suficiente para alcanzar el nivel de descarga, se genera un potencial presináptico responsable de la liberación de las vesículas.

Las vesículas actúan sobre el elemento postsináptico, generándose un potencial postsináptico excitador que en este caso alcanza el nivel umbral. Se genera un potencial de acción o potencial propagado, por lo tanto, una respuesta en el elemento postsináptico que sigue la ley del todo o nada.

2. Un potencial sináptico inhibitorio que se caracteriza por producir una hiperpolarización que lleva el potencial de membrana de -70 a -80 mV.

El movimiento iónico es de iones Cl^- y K^+ , mientras que en el excitador es el movimiento de Na^+ .

Propiedades de la sinapsis

- El impulso siempre va del elemento presináptico al postsináptico, por lo tanto, la conducción es unidireccional.
- A nivel sináptico existe modulación. El impulso no pasa de una manera pasiva ya que en la sinapsis se presenta el fenómeno de suma espacial y temporal (quiere decir que aunque un impulso que llega a una sinapsis no tenga intensidad suficiente para transmitirse, sí la tiene la suma de varios impulsos pequeños). Consiste en que a nivel sináptico pueden llegar por una misma vía varios impulsos pequeños en un corto espacio de tiempo y la suma de ellos es capaz de producir una respuesta.
- Transcurre un tiempo desde que el impulso llega al elemento presináptico hasta que se produce la respuesta en el postsináptico. Se llama retardo sináptico, y se emplea en liberar la sustancia química de las vesículas y que ésta actúa sobre el elemento postsináptico. Suele ser de 0,5 microsegundos.
- La sinapsis presenta fatiga ya que después de haber descargado repetidamente llega un momento que ya no se produce respuesta. Esto se debe a que el neurotransmisor se ha agotado porque la liberación ha sido más rápida que la síntesis.
- A nivel sináptico influye el pH, ya que la alcalosis aumenta la excitabilidad y la acidosis la disminuye. Hay una serie de sustancias que ingerimos en la dieta y que son estimulantes a nivel sináptico. Las más frecuentes son la cafeína, teobromina y teofilina.

Sinapsis eléctrica

En esta sinapsis existen conexiones entre el elemento presináptico y el postsináptico. El impulso se transmite sin retardo. Las membranas de los dos elementos están casi juntas. En algunas zonas están aún más próximas, en donde se encuentran una serie de partículas que están dispuestas ordenadamente.

Estas partículas establecen una especie de conexión entre los dos elementos, que se conocen como uniones Gap o uniones de espacio. No son uniones totales porque se vio que si inyectábamos una sustancia de bajo PM, pasaba directamente por las uniones Gap del presináptico al postsináptico, y no pasaba por el espacio extracelular.

Pero también se vio que podía existir movimiento de moléculas de bajo PM a través de la separación entre los dos elementos. Estas sinapsis son normalmente bidireccionales aunque existen unidireccionales. Es una sinapsis escasa en el hombre, pero se han encontrado en el sistema nervioso central. Con función desconocida.

Sinapsis mixta

Es una sinapsis eléctrica en donde existen zonas en las cuales hay vesículas y engrosamiento de membrana.

Circuitos neuronales básicos

Casi todas las neuronas del sistema nervioso están reunidas en fondos neuronales, que son agrupaciones de neuronas. En todo fondo neuronal existen dos zonas: una zona de disparo y una de facilitación. Todas las neuronas que son estimuladas por un impulso y que tienen tres botones terminales pertenecen a la zona de disparo o descarga.

Las neuronas que no responden a un impulso y tienen uno o dos botones terminales son de la zona de facilitación. En nuestro sistema nervioso no entra una única fibra en un fondo neuronal sino que entran varias. Cada fibra posee una zona de disparo (una de descarga) y una de facilitación. Cuando hay una zona de descarga que corresponde a dos o más fibras lo que tenemos es una zona de oclusión. Donde coinciden las zonas de facilitación de dos o más fibras tenemos una zona de sumación espacial, con lo cual ya pueden responder si el impulso llega simultáneamente por dos fibras. En un fondo neuronal en donde existen multitud de fibras va a haber una zona de disparo, una zona de facilitación, zonas de oclusión y zonas de sumación espacial.

Tipos de circuitos

1. Circuito divergente
 - Una neurona de entrada va estableciendo conexión progresivamente con muchas neuronas de salida.
 - Es el que se presenta entre la corteza motora y nuestros músculos.
 - Puede ser divergente de un único haz o de haces múltiples.
2. Circuito convergente
 - Consiste en que varias neuronas de entrada convergen en una única neurona de salida.
 - Es un circuito selector porque responde mejor a una información que el llega por distintas fuentes.
 - Puede ser de fuente única o de varias fuentes.
3. Circuito de descarga ulterior
 - Hay una descarga repetida que procede de un fondo neuronal que puede durar segundos, minutos u horas después de que la señal de ingreso haya desaparecido.
 - También hay dos tipos: resonante y en paralelo.
 - El resonante es que un impulso de entrada va hacia la neurona de salida pero por la estructura del circuito el impulso regresa hacia atrás y de nuevo va hacia la salida, y así va a estar girando hasta que se presente fatiga neuronal.
 - En paralelo es una neurona de entrada que establece una serie de circuitos en paralelo con varias neuronas que van hasta la salida.
 - Debido al retardo sináptico el impulso va a estar llegando hasta la salida durante un espacio de tiempo (depende del número de sinapsis implicadas).
4. Circuito inhibitor
 - Consiste en que hay una neurona intercalada cuyos botones sinápticos liberan sustancia inhibitoria.
 - Nunca los botones terminales de una misma neurona pueden liberar sustancia inhibitoria y excitadora simultáneamente.
 - La inhibición puede ser: presináptica y postsináptica.

- La presináptica provoca que no se libere neurotransmisor y la célula diana queda sin respuesta.
- En la postsináptica la neurona modula la señal (porque hay potencial excitador e inhibitor y es como si se sumasen), ya que no se alcanza el umbral y no se genera potencial de acción. No hay respuesta ninguna en la célula diana.

Fibras nerviosas y tipos

Las fibras nerviosas son en realidad grupos de axones. Se pueden clasificar desde el punto de vista fisiológico en:

1. Fibra tipo A
 - Se subdividen en α , β , γ y δ .
 - Tienen un diámetro entre 1-20 micras.
 - Su velocidad de conducción está entre 6-120 m/seg.
 - Son fibras mielínicas.
 - Las α están relacionadas con la cinestesia y la propiocepción.
 - Las β están relacionadas con el tacto y la presión.
 - Las γ son fibras motoras relacionadas con los husos musculares.
 - Las δ están relacionadas con el dolor, temperatura y tacto.
2. Fibra tipo B
 - Tienen un diámetro inferior a 3 micras.
 - Velocidad de conducción de 3-15 m/seg.
 - Son mielínicas.
 - Son autónomas preganglionares.
3. Fibra tipo C
 - Son las no mielinizadas.
 - Su diámetro está entre 0,5-2 micras.
 - Velocidad de conducción entre 0,5-2 m/seg.
 - Son autónomas postganglionares.
 - También las hay relacionadas con el dolor difuso, dolor profundo y temperatura.

Existe otra clasificación (la de los fisiólogos de las sensaciones):

- Tipo I
 - Ia: de las terminaciones ánulo-espinales de los husos musculares. Son las que equivalen a las $A\alpha$ de la clasificación general.
 - Ib: del aparato de Golgi de los tendones. Se corresponden también con las $A\alpha$.
- Tipo II: de los receptores táctiles de la piel y de las terminaciones expandidas, en ramillete o flor abierta de los husos musculares. Son las $A\alpha$ y las $A\beta$.
- Tipo III: relacionadas con la temperatura, dolor punzante y tacto grosero. Son las $A\delta$.
- Tipo IV: son las no mielinizadas. Conducen el dolor, temperatura, picor y tacto grosero. Son las C.

Tema 45: Receptores sensoriales

La capacidad para mantener la homeostasis corporal hace necesario que se realicen ajustes y para ello es necesaria la presencia de receptores. Son capaces de detectar alteraciones en el medio interno y externo. Es necesario entonces que existan unos conductores. La conducción de los impulsos generados en respuesta a un cambio se lleva a cabo por vías sensoriales que son nervios aferentes, y que van hacia el sistema nervioso central. Luego, las vías motoras (nervios eferentes) conducen los impulsos desde el sistema nervioso central hasta los efectores.

La parte sensorial del sistema nervioso es la que se encarga de detectar, transmitir e interpretar los cambios. Un receptor es la terminación periférica de un nervio aferente. Los receptores pueden ser: simples o muy especializados. Una neurona aferente y todas sus ramas periféricas y centrales constituyen una *unidad sensorial*, que responde a estímulos de tipo adecuado que se produzcan dentro de su campo receptivo periférico (del campo receptivo de la unidad sensorial).

Receptores

Propiedades de los receptores

1. Generalmente responden mejor a un tipo particular de estímulo, es la ley del estímulo adecuado. Los receptores tienen un cierto grado de especificidad.
2. Todos los receptores tienen capacidad para cambiar un estímulo particular en un impulso nervioso a través de cambios de la permeabilidad, que van a conducir a la producción de un potencial generador o potencial del receptor.
3. Son capaces de adaptarse. Existen dos tipos: poco adaptables y de adaptación rápida o fásicos.
 - Los poco adaptables no se acomodan o sólo lo hacen ligeramente.
 - Los de adaptación rápida o fásicos se adaptan fácilmente.
4. La intensidad del estímulo la comunican generalmente los receptores por la frecuencia de descarga o por la cantidad de receptores activos.

Tipos de receptores

- Exteroceptores: incluyen los que se localizan en o cerca de la superficie corporal.
- Interoceptores: están dentro de un órgano pero que no sea ni músculo ni tendón.
- Propioceptores: están en músculos y tendones.
- Teleceptores: actúan a distancia y están en órganos especiales como vista y oído.

Hay otra clasificación que se basa en el tipo de estímulo al cual responde mejor el receptor:

- Mecanorreceptores
- Barorreceptores
- Quimiorreceptores
- Termorreceptores
- Fotorreceptores

Definiciones

- Somestesia: se refiere a las sensaciones despertadas en todos los receptores menos los de sentidos especiales.
- Cinestesia: se refiere al sentido de la posición del cuerpo y al movimiento de las articulaciones.

Receptores cutáneos

Hay cinco sensaciones cutáneas básicas: tacto, presión, dolor, calor y frío. Todas ellas se registran por medio de receptores. En algunas áreas existen terminaciones nerviosas especializadas. En otras no. Estos receptores tienen una distribución no uniforme en la superficie corporal. Hay terminaciones nerviosas libres ramificadas de la epidermis y dermis, que registran el dolor y también otras sensaciones cutáneas. Además, en las zonas carentes de pelo hay receptores especializados:

- Corpúsculos de Meissner: que registran el tacto.
- Botones de Krause: que tienen función todavía incierta.
- Terminaciones de Ruffini: que también tienen una función incierta.
- Corpúsculos de Pacini: que se encuentran en la profundidad de la dermis y que registran la presión.

Además, en las superficies cutáneas con pelo hay terminaciones de Ruffini y una red de fibras nerviosas situadas alrededor del tallo del pelo que registran el tacto. Otras sensaciones que sentimos como el cosquilleo, picor, humedad, dureza, blandura... se deben probablemente a la actuación de 2 o más de estas terminaciones especiales y a una mezcla de sensaciones en el cerebro.

Sensibilidad profunda

Se basa en todos aquellos receptores que informan de los cambios y de las sensaciones desarrolladas en el interior de nuestro organismo. Existen: quimiorreceptores, barorreceptores, osmorreceptores, nociceptores (dolor).

Tema 46: Fisiología de los sistemas motores. Médula espinal. Arco reflejo y acción refleja

Cuando al sistema nervioso central le llega la información procedente de los receptores sensoriales, este sistema nervioso tiene que elaborar una respuesta. Es a la médula espinal a la que le corresponden las respuestas reflejas.

Todas las estructuras nerviosas que participan en la ejecución del movimiento son informadas continuamente de la posición de nuestro cuerpo y del progreso del movimiento por los receptores sensoriales que hay dentro de músculos y articulaciones, es decir, por los propioceptores. Dentro de los propioceptores los principales son: los husos musculares y los órganos tendinosos de Golgi. A la parte gris de la médula le corresponde la integración de los reflejos medulares.

Así es que las señales sensitivas entran en la médula a través de las *raíces sensitivas* (posteriores o aferentes) y salen las señales por las *raíces motoras* (anteriores o eferentes). Entre el receptor y el efector existen al menos dos neuronas.

Cuando la unión ocurre entre una neurona sensitiva y una motora, el arco reflejo se llama monosináptico. Pero cuando hay más neuronas implicadas e intercaladas

(interneuronas) el arco reflejo es polisináptico. El arco reflejo es la unidad funcional del sistema nervioso.

Cuando se estimula un receptor, la respuesta que se produce es un cambio de potencial, llamado potencial generador. El potencial generador se caracteriza por ser una respuesta local cuya intensidad es proporcional a la intensidad del estímulo.

Si el potencial generador tiene intensidad para alcanzar el umbral, se genera un potencial de acción que se propaga. En la unión neuromuscular este cambio de potencial se conoce como potencial de placa. El potencial de placa es en realidad una respuesta local que queda enmascarada por el potencial de acción general. El potencial de acción sigue la ley del todo o nada. Los otros son respuestas locales cuya intensidad es proporcional a la intensidad del estímulo.

Reflejos medulares

- Monosináptico
 - El reflejo miotático o de estiramiento.
 - Consiste en que cuando se estira un músculo, como respuesta se produce una contracción.
 - Por lo tanto, el estímulo es el estiramiento y la respuesta es la contracción.
 - El órgano sensitivo implicado es el huso muscular.
 - Este reflejo contribuye al tono muscular y ayuda a mantener la postura.

Estructura del huso muscular

Cada huso muscular posee entre 3-10 fibras, que se llaman intrafusales. El resto de las fibras del músculo que rodean al huso se llaman extrafusales. Las fibras intrafusales se caracterizan por poseer 2 tipos de fibras: del saco nuclear y de la cadena nuclear. Ambas fibras se caracterizan por no presentar estrías transversales en su parte central.

La parte central se diferencia en los dos tipos de fibras. Las del saco nuclear presentan una zona rica en núcleos, que está rodeada por un receptor ánulo-espinal, que está unido a una fibra sensitiva del tipo $A\alpha$. En los extremos del receptor existen otros receptores que se llaman receptores en flor abierta. Estos están conectados a fibras del tipo $A\beta$.

El receptor ánulo-espinal está fundamentalmente en las fibras del saco nuclear, mientras que los expandidos están en las fibras de la cadena nuclear. Los extremos de las fibras intrafusales poseen estrías. Estos extremos están inervados por fibras eferentes γ . Estos extremos sí que pueden contraerse. Cuando se estira un músculo se estimula el receptor ánulo-espinal.

El estímulo viaja por la vía sensitiva $A\alpha$ hasta la médula, que elabora respuesta que pasa a la motoneurona. Ésta va a inervar a las fibras musculares, provocando una contracción. Sólo hay una sinapsis implicada. El impulso puede llegar a través del sistema eferente γ . En este caso la descarga produce una contracción de los extremos de las fibras intrafusales, con lo cual, la parte central para mantener la longitud, se estira y se estimula el receptor ánulo-espinal.

El sistema eferente γ está controlado por la formación reticular del bulbo, que recibe influencias de los ganglios basales, del cerebelo y de la corteza cerebral. Los husos musculares, entonces, pueden estimularse de dos modos:

- Mediante el estiramiento del músculo esquelético.
- Mediante contracción de las intrafusales, sin que varíe la longitud de las fibras musculares intrafusales.

A medida que se aumenta la intensidad del estiramiento llega un momento en el que se produce como respuesta una relajación, porque entra en funcionamiento otro reflejo y otro órgano receptor. El reflejo se llama reflejo miotático inverso o de inhibición autógena. Es un reflejo bisináptico. El órgano receptor implicado es el órgano tendinoso de Golgi, situado en nuestros tendones e innervado por fibras eferentes de tipo Ib. En este reflejo existe una interneurona entre el receptor y el efector. Es de tipo inhibitorio porque la motoneurona es la misma y por lo tanto se necesita esa neurona inhibitoria intercalada que secreta producto inhibitorio (Gaba).

Otros reflejos básicos

El más simple es el flexor básico o de retirada. Se presenta cuando se aplica un estímulo nocivo o doloroso a un miembro y como consecuencia se produce la contracción de los flexores y la inhibición de los extensores. Lo que sucede es que se retira el miembro al cual se ha aplicado el estímulo nocivo. Es bisináptico. El más simple se debe a que se estimula una gran área de la piel y no músculos individuales. Los receptores implicados son nociceptores.

Pero formando parte de este reflejo también tenemos al reflejo extensor cruzado, que se produce cuando el estímulo doloroso es muy grande y por lo tanto no solo se retira el miembro afectado sino que se puede producir la extensión del miembro opuesto. Si el estímulo es muy intenso en este reflejo pueden estar implicados los 4 miembros. Es siempre un reflejo polisináptico.

Propiedades de los reflejos

- No están bajo control de la voluntad.
- Las acciones reflejas se ejecutan buscando un fin. Son útiles para nuestro organismo ya que son condicionadas y adaptativas para conseguir el bienestar.
- Son específicos. Al mismo estímulo, misma respuesta.
- Hay sinapsis implicadas, por lo tanto, son variables con los cambios químicos.
- Existe un tiempo de reacción. Es el tiempo entre que se aplica el estímulo y se produce la respuesta. Se llama retardo central, y depende del número de sinapsis implicadas.
- Se presentan fenómenos de sumación espacial y sumación temporal.
- En los arcos reflejos polisinápticos hay también fenómenos de oclusión cuando hay superposición de las zonas de disparo de las motoneuronas.
- Se presentan fenómenos de inhibición.
- Existe una vía final común. Los impulsos de distintas vías de entrada salen de la médula por una misma fibra eferente hasta alcanzar el músculo. Es debido a que en nuestro sistema nervioso siempre hay más vías aferentes que eferentes.
- Presentan potenciación posttetánica. Es una característica de las sinapsis medulares y consiste en que la respuesta producida por un estímulo único cuando este estímulo se aplica después de repetidos estímulos de frecuencia elevada, la respuesta a este estímulo único tiene una intensidad más alta que la que cabría esperar.
- Los reflejos presentan fatiga por disminución progresiva de la excitabilidad de las neuronas que forman los circuitos reflejos.

Temas 47: Córtex motor. Sistemas piramidal y extrapiramidal

La corteza cerebral es la parte más externa de los hemisferios cerebrales. Está formada por seis capas:

1. Capa molecular
2. Capa granular externa
3. Capa piramidal
4. Capa granular interna
5. Capa ganglionar
6. Capa de células fusiformes

De acuerdo con la antigüedad filogenética, la corteza cerebral comprende:

- Paleocorteza: más antigua.
- Yuxtalocorteza: intermedia.
- Neocorteza: más reciente.

En la corteza cerebral hay diferentes áreas: áreas motoras, áreas sensitivas y áreas de asociación. La corteza cerebral comprende dos funciones importantes:

1. Es centro de integración, por ello, es necesario que el cerebro esté conectado con centros de la médula del tallo cerebral, y estos a su vez conectados con los receptores.
2. Es centro de actividades psíquicas (recepción, juicio, memoria).

Áreas motoras

Las fibras nerviosas que forman las pirámides en el bulbo reciben el nombre de sistema piramidal. Estas fibras descienden por la cápsula interna desde la corteza cerebral. Se cree que las áreas de la corteza cerebral en donde se origina el sistema piramidal, son aquellos que al ser estimuladas producen un movimiento discreto, pues existen cuatro de estas áreas en la corteza cerebral. La corteza cerebral es el punto final de vías aferentes, y el punto de partida de vías eferentes, considerando que las capas granulares son receptoras y las agranulares son eferentes motoras. Las áreas motoras son:

- La corteza motora: está en la circunvolución prerrolándica.
- Área motora adicional: situada arriba y en el margen superior del surco del cíngulo.
- Área sensitiva somática I: está situada en la circunvolución postrolándica, y produce respuestas motoras.
- Área sensitiva somática II: también se le considera corteza motora. Está situada en la pared de la cisura de Silvio.

Todas estas áreas producen fibras para el sistema piramidal y extrapiramidal. Pero el 60% de fibras piramidales surgen en la zona precrolándica y solo el 2% vienen de células de Betz del A4. El sistema piramidal más el extrapiramidal y el cerebelo intervienen en el control del movimiento. Las fibras que forman el sistema piramidal, al salir de la corteza cerebral, pasan por la cápsula interna. La cápsula interna es una lámina de sustancia blanca que separa los ganglios basales (separa el núcleo caudado del núcleo putamen). Estas fibras, una vez que pasan por esta cápsula interna, continúan hasta el tallo cerebral y bajan al bulbo. Algunas ramas de estas fibras pueden establecer sinapsis con centros motores de los nervios craneales eferentes. Pero el 80% de fibras piramidales cruzan al otro lado (cruzan la línea media del cerebro). Cruzan en la zona de decusación de las pirámides, formando el haz piramidal cruzado. El haz piramidal cruzado conecta con la motoneurona espinal. Solo el 10% de las fibras de este sistema tienen conexión directa con la motoneurona espinal.

El resto conecta primero con una interneurona, y ésta es la que establece sinapsis con la motoneurona. Por tanto, en la mayoría de los casos va a existir una neurona intercalada entre las fibras piramidales y la motoneurona. El 90% de las fibras piramidales (FP) son delgadas, y el 50% carecen de mielina. Hay una serie de fibras que no forman el haz piramidal cruzado, sino que descienden directamente formando el haz piramidal directo. Pero debido al cruzamiento, casi todos los impulsos de la corteza cerebral van a llegar a los músculos del lado opuesto.

Además, las fibras del haz piramidal directo también se cruzan, pero lo hacen antes de establecer sinapsis con las motoneuronas.

Características del sistema piramidal

1. No hacen conexión las fibras piramidales con ningún núcleo subcortical.
2. Provoca la contracción de pocos músculos en músculos aislados o en un número reducido muscular.
3. Interviene en la motilidad voluntaria.
4. Sus fibras son controlaterales, inervan los músculos del lado opuesto.

Funciones del sistema piramidal

La más importante es hincar los movimientos voluntarios finos. Además, la corteza piramidal envía impulsos que facilitan los reflejos médulares, manteniendo un umbral bajo, de manera que cuando este sistema esté interrumpido, los reflejos se realizan con dificultad. La corteza medular se divide en muchas zonas, y cada una de ellas es la representación de las diferentes partes del cuerpo, de modo que:

- Pies: parte superior.
- Cara: parte inferior.

Corteza premotora

Es fundamentalmente el área 6.

Tema 42: Neuronas y células gliales. Organización general del sistema nervioso. Líquido cefalorraquídeo

En la protuberancia, bulbo, mesencéfalo e incluso en regiones del diencefalo existen áreas de neuronas difusas, llamadas formación reticular. Dispersas por ella hay neuronas motoras y neuronas sensoriales. Tanto unas como otras tienen dimensiones variables. Las neuronas pequeñas presentan axones cortos, que establecen múltiples conexiones dentro de la propia formación reticular. Las neuronas grandes son sobre todo motoras y presentan axones que se bifurcan: una rama va hacia abajo (la médula) y la otra va hacia el tálamo y otras regiones basales. En general se puede decir que las porciones medias de la formación reticular poseen más funciones motoras. Las laterales tienden a ser sensoriales o de asociación. Los ingresos sensoriales de la formación reticular provienen de múltiples fuentes. La mayor parte de las neuronas están dispersas.

Algunas neuronas forman núcleos que no se consideran propios de la formación reticular, pero son núcleos que trabajan en íntima asociación con la formación reticular. La mayor parte de la formación reticular es excitadora, especialmente la formación reticular de la parte superior y lateral del bulbo, de la protuberancia, del

mesencéfalo y del diencefalo, el conjunto de estas zonas reciben el nombre de zona facilitadora bulbo-reticular.

Esta zona, conjuntamente con los núcleos vestibulares, son excitables intrínsecamente (si no son inhibidas por otras zonas siempre estarían descargando). Transmiten impulsos de una manera continuada hacia zonas motoras medulares y hacia zonas cerebrales. Esto hace que en ausencia de cerebro (lesión) la formación reticular va a producir rigidez de los músculos extensores antigravitatorios de todo el cuerpo.

Otra parte de la formación reticular es la que se localiza en la región medial-ventral de los $\frac{3}{4}$ inferiores del bulbo, que ejerce funciones inhibitorias, es el área inhibidora bulbo-reticular. Esta área provoca una disminución del tono de la mayoría de los músculos corporales. No es una zona intrínsecamente excitable pero tiene señales constantes de los ganglios basales, de la corteza cerebral y del cerebelo. Cuando las dos zonas reticulares funcionan normalmente, las funciones motoras de la médula no están ni inhibidas ni excitadas. En posición erecta se van a transmitir impulsos continuos desde la formación reticular y núcleos vecinos (sobre todo vestibulares) hacia la médula espinal. Y luego desde la médula hasta los músculos extensores, con el fin de poner rígidas las extremidades, esto es lo que permite que nuestras extremidades sostengan el peso corporal en contra de la gravedad. Estos impulsos se transmiten por dos vías.

Además, el aparato vestibular controla el grado relativo de contracción de los extensores en las diferentes partes del cuerpo. Va a asegurar el equilibrio. El aparato vestibular está situado en nuestro oído y tiene conexiones neuronales con el sistema nervioso central. La mayoría de las fibras terminan en los núcleos vestibulares. Pero algunas no establecen conexión con ellos, sino que terminan en el fastigial, en la úvula y en el lóbulo flóculo-nodular del cerebelo. Las fibras que establecen sinapsis con las de los núcleos vestibulares van a enviar fibras hacia el lóbulo flóculo-nodular, hacia la corteza cerebral y hacia otras zonas del cerebelo, así como a zonas del tallo cerebral (hacia la formación reticular). Por medio de todas las conexiones el equilibrio corporal está asegurado en cualquier posición. Otros factores relacionados con el equilibrio:

- Reflejos cervicales
- Información esteroceptiva
- Información propioceptiva
- Percepción consciente del equilibrio

El control del movimiento subconsciente estereotipado del cuerpo se realiza mediante la formación reticular y núcleos específicos del tallo cerebral. Relacionado con el movimiento tenemos los ganglios basales. Anatómicamente son el núcleo caudado y el putamen, que forman el cuerpo estriado. También está el globo pálido, el núcleo amigdalino y el antemuro. Estos dos últimos no tienen funciones motoras del sistema nervioso central.

Además, el tálamo, el subtálamo, la sustancia negra y el núcleo rojo funcionan en asociación estrecha con los tres ganglios basales primeros. Las conexiones que existen entre los ganglios basales son numerosas y complejas. A ellos llegan numerosas ramas aferentes y de ellos salen numerosas ramas eferentes.

Por ejemplo, el núcleo caudado y el putamen poseen vías aferentes que provienen de toda la corteza cerebral, y vías eferentes que van al globo pálido. La fisiología de los ganglios basales es muy complicada. Lo que se saben son los trastornos que se producen cuando hay alteración en ellos. De estos trastornos se ha deducido que ejercen control sobre el movimiento. Son las llamadas discinesias:

- Hipocinéticas: falta de movimiento, temblores, parkinson (bradicinesia, rigidez y temblor).

- Hipercinéticas: movimientos involuntarios excesivos y anormales. Corea (movimientos danzantes involuntarios y rápidos), atetosis (movimientos lentos, continuos y de contorsión) y hemibalismo (movimientos batientes intensos y violentos).

Las alteraciones de los ganglios basales parecen estar implicadas en los patrones innatos básicos del movimiento. Además, contienen los anteproyectos de una serie concreta de contracciones musculares necesarias para llevar a cabo o ajustar la postura, por ejemplo, extender el brazo para prevenir una caída.

Cerebelo

Está relacionado con la coordinación, suavidad y ajuste de los movimientos. Está situado sobre el bulbo y la protuberancia y está conectado al tallo por un pedúnculo. El cerebelo comprende dos hemisferios cerebelosos laterales y una porción media llamada vermis. Desde el punto de vista funcional el cerebelo se divide en: paleocerebelo y neocerebelo.

El *paleocerebelo* incluye al lóbulo flóculo-nodular, al lóbulo anterior y a una parte del lóbulo posterior. El lóbulo anterior contiene la língula, el lóbulo central, el culmen y el lóbulo simple. La parte del lóbulo posterior que pertenece al paleocerebelo contiene la úvula, el paraflóculo y la pirámide. El *neocerebelo* está formado por el resto del lóbulo posterior e incluye el lóbulo ansiforme, paramediano, el declive y el tuber. Además, hay otra división considerando que existen diez lóbulos primarios:

1. Língula.
2. Lóbulo central.
3. Lóbulo central.
4. Culmen.
5. Culmen.
6. Simple.
7. Folium y tuber.
8. Pirámide.
9. Úvula.
10. Nódulo.

En el cerebelo la sustancia gris rodea la blanca. Esta sustancia gris forma la corteza externa. Dentro de la blanca hay una serie de masas de sustancia gris que son los núcleos profundos del cerebelo. Son cuatro:

- Dentado
- Globoso
- Emboliforme
- Fastigial

Los dentados están más hacia los hemisferios cerebelosos y el resto están más hacia el centro. La corteza cerebelosa contiene tres capas:

1. Molecular externa.
2. Media de células de Purkinje.
3. Granulosa interna.

Las células de Purkinje se encuentran dentro de las neuronas más grandes del cuerpo. Tienen forma de botella, con una gran arborización dendrítica que ocupa toda la capa molecular. Sus axones pasan a capas profundas, estableciendo conexión con los núcleos profundos del cerebelo. El núcleo fastigial recibe axones de la dermis. Los otros núcleos reciben axones de las porciones laterales del cerebelo. Las células granulosas de la corteza envían sus axones a la capa molecular, y en esta capa el axón se bifurca en forma de T.

Las ramas de estos axones recorren grandes distancias y por ser rectas se llaman fibras paralelas, que establecen contactos sinápticos con las dendritas de las células de Purkinje. En la capa molecular hay células en cesta que son interneuronas inhibitorias. Reciben contribuciones de las fibras paralelas. Cada célula en cesta se proyecta a muchas células de Purkinje, formando sus axones como una cesta alrededor del cuerpo celular de las células de Purkinje. También tenemos las células estrelladas, que están situadas en la parte más superficial de la capa molecular. Son interneuronas que establecen conexión con fibras paralelas. Además, en la capa granulosa tenemos otras interneuronas, las células de Golgi. Sus dendritas se proyectan a la capa molecular y sus axones van a las dendritas de las células granulosas.

Contribuciones de la corteza cerebelosa

Existen dos orígenes:

- Hacia la corteza penetran, desde la sustancia blanca, fibras aferentes o muscosas. Estas fibras terminan en la capa granulosa, alrededor de las células granulosas.
- las fibras trepadoras. Son también aferentes y van a la capa molecular, estableciendo conexión con la dendrita primaria de la células de Purkinje.

Al cerebelo llegan y salen una serie de vías, ya que está conectado por fibras aferentes y eferentes, con muchas partes del sistema nervioso. Estas fibras entran o salen por pedúnculos. Las aferentes provienen de los receptores sensoriales y de otras partes del sistema nervioso. Una vía esencial es la córtico-cerebelosa, que une al cerebelo con la corteza motora. En el cerebelo existen otras vías como son la olivo-cerebelosa, la vestibulo-cerebelosa, la retículo-cerebelosa y la espino-cerebelosa dorsal y ventral (une los receptores de músculos y tendones con el cerebelo).

Las eferentes nacen en los cuatro núcleos profundos del cerebelo. Las que nacen en el dentado, globoso y emboliforme van por el pedúnculo cerebeloso superior al núcleo rojo y ventrolateral del tálamo y de ahí van a la corteza motora. Las que nacen en el fastigial van por el pedúnculo cerebeloso inferior hasta la formación reticular y desde ahí a la motoneurona espinal.

Funciones del cerebelo

- No inicia ninguna actividad voluntaria, sino que actúa asociándose en otras partes en donde se inicia la actividad.
- Compara las intenciones de la corteza motora y la actuación de las distintas partes corporales, cuando no existe correspondencia el cerebelo actúa, corrigiendo, para que sí exista.
- También tiene como misión amortiguar los movimientos y coordinarlos. Siendo el paleocerebelo el que inhibe el tono muscular y el neocerebelo el que estimula el tono muscular.
- Además, el lóbulo flóculo-nodular participa en el control del equilibrio.
- El cerebelo puede contribuir a ciertas formas de aprendizaje motor.
- Finalmente, también carece de conexión directa con la motoneurona espinal.

Tema 50: Sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo también es llamado el neurovegetativo. Rige las funciones viscerales del cuerpo, así como interviene de una manera decisiva en la estabilidad del medio interno. No está bajo control de la voluntad, siendo activado fundamentalmente por centros situados en el hipotálamo, en el tallo cerebral y en la médula espinal. Opera frecuentemente por medio de reflejos viscerales. Frente a él, tenemos el sistema nervioso somático. Está bajo control de la voluntad. Tiene como misión inervar los músculos esqueléticos.

Las vías aferentes de los dos sistemas son prácticamente iguales. Pero las vías eferentes no, porque en el autónomo presenta dos neuronas, estando el cuerpo celular de la 1ª neuronas en el eje cerebroespinal. Esta neurona no establece sinapsis directa con el efector sino que establece sinapsis con una segunda neurona, que es la que va al efector. En la vía somática solo existe una neurona.

Solo hay una particularidad: la vía simpática que va la médula suprarrenal no establece sinapsis con una segunda neurona, sino que directamente con la médula. Esto se debe a que la segunda neurona se ha transformado en el órgano que conocemos como médula suprarrenal. Las fibras eferentes del sistema nervioso autónomo no alcanzan directamente los órganos efectores, sino que se proyectan hacia los ganglios autónomos o vegetativos. Los ganglios vegetativos se localizan fuera del sistema nervioso central. Las fibras que se proyectan desde el sistema nervioso central hasta los ganglios vegetativos se conocen como fibras preganglionares, y las que conectan los ganglios con los órganos diana se conocen como fibras postganglionares. Las fibras preganglionares del sistema nervioso autónomo son mielínicas. Las fibras posganglionares son amielínicas. El sistema nervioso autónomo se subdivide en: simpático y parasimpático. El simpático actúa generalmente con objetivo de preparar al organismo para la actividad. El parasimpático suele estimular las funciones restauradoras, como el proceso digestivo. Además, provoca enlentecimiento de la frecuencia cardíaca.

Diferencias *anatómicas* entre el SNS y el SNP



Sistema nervioso simpático

- Los cuerpos celulares de donde arrancan las fibras preganglionares se localizan en la región torácicolumbar, concretamente salen de todos los segmentos torácicos y los 3 o 4 primeros segmentos lumbares.
- En su inicio estas fibras salen de la médula conjuntamente con los nervios espinales.
- Luego la fibra simpática se separa para ir al ganglio.
- Este tramo se conoce como rama comunicante blanca.
- Ésta entra en el ganglio pero se diferencian dos tipos: vertebrales y prevertebrales.
- Los ganglios vertebrales en la región cervical son tres: cervical superior, medio e inferior.
- En la región torácica hay 10, 4 en la lumbar y 4 en la sacra.
- Todos son vertebrales.
- Los prevertebrales son tres: celíaco, mesentérico superior e inferior.
- Este sistema nervioso simpático tiene por lo tanto una localización muy determinada, pero luego va a actuar sobre todo el órgano que inerva.

✚ Sistema nervioso parasimpático

- Tiene una localización mucho más diversa.
- Viene de la región sacra de la médula, del tronco encefálico por los pares craneales VII, IX y X, y del mesencéfalo a través del III par craneal.
- Las fibras posganglionares del parasimpático son muy cortas, porque el ganglio está dentro o muy próximo al órgano que inerva.
- Esto provoca que su acción sea muy localizada (no sobre todo el órgano).
- Los transmisores químicos principales son:
 - En fibras preganglionares de los dos sistemas: Acetilcolina.
 - En fibras posganglionares del simpático: Noradrenalina, excepto en glándulas sudoríparas, en donde se libera también acetilcolina.
 - En fibras posganglionares del parasimpático: Acetilcolina.

La acetilcolina se hidroliza con la acetilcolinesterasa y la noradrenalina con la MAO o COMT. Dentro del sistema autónomo tenemos el sistema nervioso entérico porque es un sistema que puede funcionar independientemente de su inervación autónoma. Se considera como sistema nervioso entérico aquellas fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas que actúan sobre las neuronas que están en las paredes del tracto gastrointestinal. Los nervios de este sistema se organizan en dos plexos interconectados que juegan un papel importante en la motilidad y en las secreciones del sistema digestivo. La inervación autónoma proporciona un nivel basal de actividad a los tejidos que inerva, que llamamos *tono*. Éste puede aumentar o disminuir para modular la actividad de tejidos específicos.

Ejemplo: a nivel de los vasos sanguíneos, el estado de contracción parcial es consecuencia del tono simpático. Si aumentamos el tono simpático los vasos se contraen más. Disminuye el flujo sanguíneo. Si disminuye la actividad simpática el tono disminuye y el vaso se dilata, por lo tanto, aumenta el flujo.

Diferencias fisiológicas de SNS y SNP

✚ Sistema nervioso simpático

- Funciona como una unidad.
- Su actividad hace que organismo trabaje más.
- Tiene importancia porque nos prepara para situaciones de estrés.
- Acciones concretas:
 - Nivel cardíaco: aumenta actividad cardíaca, disminuye el calibre de los vasos sanguíneos.
 - A nivel de los bronquios: dilata los bronquiolos.
 - A nivel del esófago: estimula el esfínter del cardias.
 - A nivel del estómago: disminuye motilidad y secreciones.
 - A nivel del intestino: inhibe la motilidad y las secreciones.
 - A nivel de la vesícula biliar: la inhibe, inhibe la motilidad del colédoco y provoca contracción del esfínter de Oddi.
 - A nivel de órganos genitales: provoca la contracción de las vesículas seminales y de .
 - A nivel de las glándulas salivares y sudoríparas: no tiene actividad sobre sus secreciones pero sí actúa sobre venas que irrigan estas glándulas, contrayéndolas. Disminuye las secreciones.
 - A nivel del músculo liso: produce vasoconstricción mediante las fibras adrenérgicas y vasodilatación por las colinérgicas.
 - A nivel de las pupilas: provoca su dilatación por contracción de las fibras radiales del iris.

El simpático actúa rápidamente y también se llama catabólico, porque su misión es proporcionar energía para las situaciones estresantes.

✚ Sistema nervioso parasimpático

- A nivel del corazón: produce inhibición.
- A nivel de los pulmones: produce constricción de los bronquiolos.
- A nivel del estómago: aumenta la motilidad.
- A nivel del esófago: aumenta la motilidad y secreciones, y produce contracción del píloro.
- A nivel del intestino: aumenta la motilidad y secreciones.
- A nivel de la vesícula biliar: la contrae, también contrae el colédoco y relaja el esfínter de Oddi.
- A nivel de los genitales: produce vasodilatación de órganos genitales eréctiles.
- A nivel de las glándulas salivares y lacrimales: aumenta la secreción y provoca vasodilatación.
- A nivel del ojo: produce constricción de la pupila por contracción de los músculos circulares.

Este sistema favorece la digestión, absorción y también se llama anabólico. En la mayoría de las vísceras ambos sistemas son antagónicos, pero en otros tienen acciones sinérgicas. Existen algunas estructuras corporales solo inervadas por el simpático, como vasos cutáneos, músculo liso del bazo. No existe ninguna estructura corporal solo inervada por el parasimpático. Estos dos sistemas se diferencian anatómicamente y fisiológicamente pero ambos inervan vísceras, poseyendo sobre ellas funciones antagónicas.