

1.0 Generalidades

El cerebelo y cerebro son los órganos que constituyen el sistema nervioso supra-segmentar. Tienen una organización bastante semejante a completamente diferente a los órganos del sistema nervioso segmentario. Así, tanto el cerebelo como el cerebro presentan una corteza que envuelve un centro de sustancia blanca (centro medular de cerebro, cuerpo medular de cerebelo), en donde son observadas masas de sustancia gris (núcleos centrales del cerebelo y núcleos de la base del cerebro). Entretanto, veremos que la estructura fina del cerebro es mucho más compleja que la del cerebelo. El cerebelo difiere del cerebro porque el primero funciona siempre a nivel involuntario e inconsciente, siendo su actividad exclusivamente motora.

2.0- Citoarquitectura del córtex cerebelar

La citoarquitectura del córtex cerebelar, al contrario de la cerebelar, es básicamente la misma en todas las hojas y lóbulos. Distinguiéndose tres capas (fig. 21.1, 21.2) De superficie a interior de este órgano son:

- a) Capa molecular.
- B) Capa de células de Purkinje.
- C) Capa granular.

Iniciaremos por el estudio de la capa media formada por una hilera de células de Purkinje, que son los elementos más importantes del cerebelo. Las **células de Purkinje** son piramidales y grandes. Siendo dotadas de dendritas que se ramifican en la capa molecular, y un axón que sale en la dirección opuesta (fig. 21.3), terminando en los núcleos centrales del cerebelo. La capa molecular esta formada principalmente por fibras, existiendo pocas neuronas. De ellas las más importantes son las llamadas **células en cesto**. Los axones de estas células tienen dirección paralela a la superficie de la hoja cerebelosa, siendo, por tanto, perpendicular al eje de cada hoja. Cada axón emite una serie de colaterales en ángulo recto que se ramifican en torno al cuerpo de las células de Purkinje, envolviéndolas en forma de un cesto. De este modo el axón de la célula en cesto une varias células de Purkinje en el plano perpendicular al eje de la hoja cerebelosa.(fig.21,3)

La capa granular esta constituida principalmente por **células granulares o gránulos del cerebelo**, células muy pequeñas (las menores del cuerpo humano) cuyo citoplasma es muy reducido (fig.21,2). Estas células tienen varias dendritas y un axón que atraviesa la capa de células de Purkinje, y va a terminar en la capa molecular, bifurcándose en T (Fig.21,3). Los ramos resultantes de esta bifurcación constituyen las llamadas **fibras paralelas**, que se disponen paralelamente al eje de la hoja cerebelosa. Estas fibras establecen sinapsis con las dendritas de las células de Purkinje dispuestas a lo largo del eje de la hoja cerebelosa, *Lembrando* la disposición de los *fios* en los postes telegráficos (fig.21,3). Las fibras paralelas también hacen sinapsis con las dendritas de las células en cesto, de esta manera, cada gránulo cerebeloso (*faz*) hará sinapsis con un gran numero de células de Purkinje y de células en cesto. El número de gránulos cerebelosos es muy grande siendo estimado en 500 billones. En la capa granular existe, además, otro tipo de neuronas, las **células de Golgi**, con ramificaciones muy amplias. Estas células son menos numerosas que las granulares.

3.0- Circuitos intrínsecos del cerebelo (Fig. 21.3)

Las fibras que penetran en el cerebelo se dirigen al córtex y son de dos tipos, **fibras musgosas y fibras trepadoras**. Se sabe hoy(*hoje*) , que estas últimas son axones de neuronas ubicados en el complejo olivar inferior, en tanto las fibras musgosas representan la terminación de los demás paquetes(*feixes*) de fibras que penetran al cerebelo. Las fibras trepadoras tienen este nombre porque terminan enrollándose en torno a las dendritas de las células de Purkinje, sobre las cuales ejercen una potente acción excitadora. Las fibras musgosas se ramifican ampliamente para terminar, haciendo sinapsis axo-dendriticas con un gran número de células granulares. Así, los impulsos nerviosos que penetran al cerebelo por las fibras musgosas llegan a la capa molecular a través del axón de la célula granular y sus ramos de bifurcación, las fibras paralelas. Por medio de

estas los impulsos pasan a las dendritas de las células de Purkinje ubicadas a lo largo del eje de la hoja cerebelosa. Pasa(PASSAM) también a las células en cesto, cuyo axón hace sinapsis con el cuerpo de la célula de Purkinje, ubicadas perpendicularmente al eje de la hoja cerebelosa. Se sabe (*hoje*) hoy, que las células en cesto ejercen una acción inhibitoria sobre las células de Purkinje. Así, en la superficie del cerebelo existen grupos de células de Purkinje dispuestas longitudinalmente que son activadas por los paquetes(*feixes*) de fibras paralelas y separadas por zonas de células de Purkinje inhibidas por la acción de las células en cesto. Los impulsos originados en las células de Purkinje llegan(*ganhan*) a los núcleos centrales de donde salen por las fibras eferentes del cerebelo.

En síntesis, los impulsos extracerebelares (*ganhan*)llegan al córtex por medio de las fibras musgosas, o trepadoras, y por(*apos*) complejos circuitos intracorticales excitadores e inhibidores, la respuesta cortical emerge a través de axones de las células de Purkinje, llega(*ganha*) a los núcleos centrales de donde sale del cerebelo a través de sus vías aferentes.(*).

(*) El estudio hecho de la citoarquitectura y conexiones intrínsecas del córtex cerebelar fue simplificado a propósito. Para mayores detalles ver *The cerebellum as neuronal machine*, Spinguer Verlag, Berlin, 1967.

4.0- Núcleos centrales y cuerpo medular del cerebelo.(Fig 21.4)

Los núcleos centrales del cerebelo son los siguientes:

- a) Núcleo dentado
- b) Núcleo emboliforme.
- C) Núcleo globoso.
- D) Núcleo fastigial.

El **núcleo fastigial** se localiza próximo al plano mediano, en relación con el punto más alto del techo del IV ventrículo. El **Núcleo dentado** es el mayor de los núcleos del cerebelo; se asemeja al núcleo olivar inferior y se localiza más lateralmente (fig. 21-4): Entre los núcleos fastigial y dentado se localizan los **núcleos globoso y emboliforme**. Estos dos últimos son bastante semejantes desde el punto de vista funcional y estructural, siendo frecuentemente agrupados con el nombre de **núcleo interpósito**.

De los núcleos centrales salen fibras eferentes del cerebelo y ellas llegan de los axones de las células de Purkinje. El núcleo fastigial

recibe predominantemente los axones de las células de Purkinje del córtex del arquicerebel; el interpósito del paleocerebelo; y el dentado del neocerebel. Se puede, de este modo, didácticamente, considerar los núcleos dentado, interpósito y fastigial como perteneciendo, respectivamente, al neo, paleo y arquicerebelo.

El **cuerpo medular del cerebelo** esta constituido de sustancia blanca y formado por fibras mielínicas que son:

- a) Fibras aferentes al(*ao*) cerebelo que se dirigen al(*ao*) córtex en donde pierden su vaina mielínica.
- B) Fibras formadas por los axones de las células de Purkinje que se dirigen a los núcleos centrales, y que, al salir del córtex se tornan mielínicas.
- C) Fibras de asociación, ligando diferentes áreas del córtex cerebelar, y que son consideradas como *sendo* ramos colaterales de los axones de las células de Purkinje. Al contrario de lo que ocurre en el cerebro, en el cerebelo estas fibras son poco numerosas y contribuyen poco a poco para la formación del cuerpo medular.

5.0- Conexiones extrínsecas del cerebelo.

E

Estudiaremos ahora las conexiones que el cerebro mantiene con diversas áreas del sistema nervioso central. Conviene señalar, desde ya, que el cerebelo nunca *age* directamente sobre las neuronas motoras, mas siempre a través de una red(*rele*) intermediaria (como el núcleo *velmelho*, la formación reticular, etc.), que puede modificar la acción cerebelar. De este modo, nuestro estudio comprenderá también las vías que ligan estos núcleos *reles* a las neuronas motoras. Estudiaremos separadamente las conexiones de arquí, paleo y neocerebelo.

5.1- Conexiones de arquicerebelo(fig 16.1)

El córtex del lobo floculonodular del arquicerebelo recibe fibras que llegan de los núcleos vestibulares por el **fascículo vestibulo-cerebelar**. Los axones de las células de Purkinje del arquicerebelo hacen sinapsis en el núcleo fastigial de donde sale el **tracto fastigio-bulbar** con dos tipos de fibras, **fastigio bulbares y fastigio reticulares**. Las primeras hacen sinapsis en los núcleos vestibulares de donde los impulsos nerviosos se proyectan a las neuronas motoras a través del **tracto vestibulo-espinal**; las segundas terminan en la formación reticular en donde los impulsos *atingen* las neuronas motoras por el **tracto reticulo-espinal**. Recordemos que estos dos tractos pertenecen al sistema extrapiramidal.

Por medio de las(*suas*) aferentes el arquicerebelo recibe impulsos que informan sobre la posición de la cabeza, estos impulsos son integrados en el cerebelo, y la respuesta cerebelar se proyecta sobre las neuronas motoras en el sentido de mantención del equilibrio. Todas las conexiones del arquicerebelo se hacen por el pedúnculo cerebelar inferior y están esquematizados a continuación.
 Conexiones aferentes : fascículo vestibulo-cerebelar.

Conexiones eferente:

(Tracto fastigio bulbar)

a) Fibras fastigio-vestibulares___ Tracto vestibulo-espinal.

B) Fibras fastigio-reticulares___ Tracto retículo-espinal.

5.2 Conexiones del paleocerebelo (fig 21,5)

Las principales conexiones aferentes del paleocerebelo llegan por los tractos **espino cerebelar anterior y espino cerebelar posterior**, que entran, respectivamente, por los pedúnculos cerebelares superior e inferior. Las fibras de estos tractos terminan preferencialmente en el córtex del lobo anterior, de la pirámide y de la úvula. Las neuronas de las células de Purkinje *aí* ubicadas terminan preferencialmente en el núcleo interpósito, de donde salen las fibras eferentes del paleocerebelo. Son las fibras **interpósito-paleorrubricas** que van del núcleo interpósito a la porción antigua(*antiga*) del núcleo rojo (paleorrubro), de donde los impulsos nerviosos se proyectan sobre las neuronas motoras por el tracto **rubro-espinal**. El trayecto *ate* el núcleo rojo se hace por el pedúnculo cerebelar superior que decusa antes de *atingir* este núcleo. A pesar de esto, la vía es homolateral, pues las fibras del tracto rubro-espinal también se cruzan y la doble decruzación hace como que cada hemisferio cerebelar influencia la neurona motora de su propio lado. (Fig. 21.5).

A través de estas conexiones el cerebelo recibe impulsos propioceptivos que informan sobre el grado de la tensión de la musculatura, integra están informaciones y proyecta sobre las neuronas motoras al *sua* respuesta en el sentido del a regulación de tono y de postura, *agindo* principalmente sobre la musculatura extensora. Las conexiones del paleocerebelo son mostradas en la figura 21.5 y resumidas en el esquema que sigue:

Conexiones aferentes: ---> Tracto espino-cerebelar anterior.

---> Tracto espino-cerebelar posterior.

Conexiones eferentes ---> Fibras interpósito-paleorrubricas.

---> Tracto rubro-espinal.

5.3- Conexiones del neocerebelo.(fig. 21.6)

El neocerebelo es también llamado cerebelo cortical por sus amplias conexiones con el córtex cerebral. Sus conexiones aferentes más importantes llegan por la vía cortico-ponto-cerebelar. Esta. vía esta formada por fibras que se originan principalmente en el córtex de los lobos frontal y temporal, van hasta la base del puente donde hacen sinapsis con las neuronas de los núcleos pontinos. Los axones de estas neuronas constituyen las fibras pontinas que cruzan para el lado opuesto (fig. 21.6), y penetran en el cerebelo por el pedúnculo cerebelar medio, terminando preferentemente en el córtex del neocerebelo. Los axones de las células de Purkinje *aí* localizadas terminan, de preferencia, en el núcleo dentado de donde salen las fibras eferentes del neocerebelo. A partir de este punto los impulsos eferentes del neocerebelo pueden seguir dos destinos:

a) *voltam* al córtex cerebral, pasando antes por la porción nueva del núcleo rojo (neorrubro) y por el tálamo. *Fechan-se*, así, el **circuito córtico-ponto-cerebelo-rubro-tálamo-cortical**.

b) Se proyectan sobre la neurona motora pasando por el neorrubro y formación reticular a través de las **fibras dento-neorrubricas, neorrubro-reticulare y reticulo-espinales**.

Las conexiones del neocerebelo son mostradas en la figura 21,6 y esquematizadas como sigue:

Aferentes ---> Vía cortico-ponto-cerebelar

Eferentes ---> Vía dento-neorrubro-retículo-espinal

---> Vía dento-neorrubro-tálamo-cortical.

Los impulsos nerviosos del neocerebelo que van al córtex cerebral terminan principalmente en las áreas motoras del lobo frontal, donde tienen

origen los impulsos que dan inicio a los movimientos voluntarios. Así, simultáneamente con los impulsos para el inicio de los movimientos voluntarios, el córtex cerebral manda impulsos al cerebelo a través de la vía córtico-ponto-cerebelar, de tal modo que el cerebelo puede coordinar estos movimientos, *agindo* sobre la propia neurona cortical (vía cerebelo-rubro-tálamo-cortical) o directamente sobre las neuronas motoras (vía cerebelo-rubro-retículo-espinal).

6.0- Consideraciones sobre las conexiones y funciones del cerebelo.

Conviene destacar que las conexiones estudiadas en el ítem anterior son validas solo en cuanto a su predominancia, pues las tres divisiones filogenéticas del cerebelo no son totalmente estables(*estanques*). Así existen fibras de la viacórtico-ponto-cerebelar que terminan en el lobo anterior (paleocerebelo) y fibras vestibulares que terminan en la línula y no en el lobo central. Por otro lado, las fibras olivo-cerebelares, suben(*sob*) en forma de fibras trepadoras, terminando en el córtex de todo el cerebelo, existiendo una correspondencia precisa entre partes del complejo olivar inferior y partes del cerebelo. Conforme fue visto, la acción del cerebelo sobre las neuronas motoras se hace a través de un *relé* (núcleo rubro, formación reticular, núcleos vestibulares) y se admite que la respuesta cerebelar puede ser modificada por estos *relés*, todos pertenecientes al sistema extrapiramidal. El cerebelo puede, pues, ser considerado como parte integrante del sistema extrapiramidal, *tendo mismo* a sido denominado por Delmas como “telencéfalo” del sistema extrapiramidal. El estudio de las conexiones del cerebelo muestra que cada hemisferio cerebelar controla las neuronas motoras de su lado, lo que es una importante diferencia con los hemisferios cerebrales que controlan la neurona motora del lado apuesto. Esto tiene importancia clínica, porque la lesión de un hemisferio cerebelar dará una sintomatología del mismo lado, en cuanto en el hemisferio cerebral la sintomatología es del lado opuesto.

Clásicamente se admitía que el cerebelo recibía solamente (apenas) impulsos propioceptivos. Técnicas electrofisiológicas más modernas cambiaron tal concepto, pues se verificó que llegan al cerebelo impulsos generados en receptores táctiles, visuales, y auditivos; dando informaciones semejante que pueden ser utilizadas por el cerebelo.

Las funciones del cerebelo de mantención del equilibrio, mantención del tono muscular y la postura, *bem* como la coordinación de los movimientos *ja foram apontadas* en propósito de la división filogenética de este órgano. No se sabe exactamente, entretanto como el ejecuta esta tarea. Estudios recientes de electrofisiología y microscopía electrónica *trouxeram* un conocimiento bastante exacto de la micromorfología funcional del órgano y se acredita, que dentro de poco tiempo, llegaremos a entender como el cerebelo funciona realmente. El hecho más inesperado obtenido en estos estudios fue la constatación de que las células de Purkinje son inhibitoras y funcionan inhibiendo las neuronas de los núcleos centrales, los cuales son estimulados probablemente por colaterales de las fibras musgosas y trapadoras. Estos estudios muestran que la comparación del cerebelo con un computador, poco a poco, dejara de ser una simple figura didáctica para ser próxima a la realidad.

7.0- Correlaciones anátomo-clínicas.

El estudio de los principales síntomas que ocurren cuando el cerebelo es lesionado es importante no solo por su valor clínico, si no también porque permite entender mejor el funcionamiento del cerebelo normal. Las lesiones del cerebelo pueden *atingir* grandes áreas del órgano, o *atinguir* en mayor forma o en menor forma aisladamente las partes que constituyen el arqui, paleo y neocerebelo. En este caso aparecerá un conjunto de síntomas que caracterizan, respectivamente, los síndromes de arqui, paleo y neocerebelo, y que serán estudiados a continuación.

7.1.1 Síndromes del arquicerebelo

Ocurren con una cierta frecuencia en niños menores de 10 años, en general, es debido a tumores del tecto del IV ventrículo que comprimen el nódulo y el pedúnculo del flóculo. En este caso, *ha somente* perdida de equilibrio, pues los niños no consiguen mantenerse en pie. No *ha*, entretanto, ninguna(*neuhuma*) alteración del tono muscular y cuando ellos se mantiene sentados la coordinación del movimiento es prácticamente normal.

7.1.2 Síndrome de paleocerebelo

Síndromes puros de paleocerebelo son muy raros. *Contundo já foram* observados en ciertos casos de pacientes con lesiones localizadas

en el lobo anterior. El síntoma típico consiste en un aumento en el tono de la musculatura extensora.

7.1.3- Síndrome de neocerebelo.

Las lesiones de neocerebelo causan como síntoma fundamental una descoordinación motora que puede ser detectada por varias señales, algunas de las cuales las describiremos a continuación:

a) **Dismetría** consiste en la ejecución defectuosa de movimientos que *visam atingir um alvo*, pues el individuo no consigue medir exactamente las cantidades de movimiento necesario para esto. Se puede detectar esta señal pidiendo al paciente que se coloque el dedo en la punta de la nariz y verificando si el acierta.

B) **Descomposición**- Movimientos complejos que generalmente son hechos simultáneamente por varias articulaciones son descompuestos, o sea, realizados en etapas sucesivas por cada una de las articulaciones.

C) **Disdiadocinesia**- es la dificultad de hacer movimientos rápidos y alternados, como por ejemplo tocar la punta del pulgar con los dedos índice y medio, alternadamente.

D) **Rechazo**(*rechaço*) - se verifica esta signo mandando al paciente a forzar la flexión del antebrazo contra una resistencia que se hace en el puño. En un individuo normal, cuando se retira esta resistencia, la flexión para inmediatamente por acción de los músculos extensores, coordinada por el cerebelo. En tanto, en el *doente* neocerebelar, esta coordinación no existe, los músculos extensores *custan a agir* en el movimiento en muy violento llevando al paciente a dar un golpe en el propio rostro.

E) **Ataxia cerebelar** descoordinación y desarmonía de la actividad muscular voluntaria más evidente en la marcha y generalmente acompañada de temblores(*tremores*). Estos temblores se acentúan al finalizar un movimiento, o cuando el paciente está próximo a *atingir* un objetivo, como *apanhar* un objeto.

F) **Nistagmo**- Movimiento oscilante y rítmico del los bulbos oculares pudiendo ser horizontal, vertical o rotatorio (ver cap XVIII, ítem 2.2.5). Ocurre, especialmente, en lesiones del sistema vestibular y del cerebelo. El nistagmo del *doente* neocerebelar representa una descoordinación de los movimientos comparables, pues, a los temblores ya vistos arriba. Puede ser espontáneo o ocurrir en situaciones en que la *pessoa* normal no presenta el signo. Para detectar la existencia de nistagmo de origen cerebelar se pide al paciente que

manteniendo fija la cabeza, desviar los ojos acompañando el dedo del examinador hasta el límite del movimiento ocular. En la persona normal puede ocurrir un rápido nistagmo, que en el *doente* es muy intenso y persistente, surgiendo cuando el ojo se desvía para el lado del cerebelo que está lesionado.

7.2 Algunas consideraciones sobre las lesiones cerebelares

Del punto de vista puramente clínico y teniendo en cuenta principalmente la localización de tumores cerebelares, los neurólogos acostumbran a distinguir dos cuadros patológicos del cerebelo: **Lesiones del vermis y lesiones de los hemisferios**. Las lesiones hemisféricas se manifiestan en los miembros del lado lesionado y da sintomatología neocerebelar relacionada, pues, a la coordinación de los movimientos. La lesión del vermis se manifiesta principalmente por alteraciones en la marcha (marcha atáxica), que lleva al paciente a andar con las piernas abiertas, procurando, aumentar la base de sustentación.

El cerebelo tiene una notable capacidad de recuperación funcional cuando se lesiona su corteza, particularmente en niños o cuando las lesiones aparecen gradualmente. Para esto, concurre el hecho de que su córtex tiene una estructura uniforme, lo que torna más fácil que las áreas intactas asuman poco a poco las funciones de áreas lesionadas.