

Circuitos Funcionales del Cerebelo

Luciana D'Alessandro, Marcelo Acuña

Laboratorio de Neuroanatomía.

Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.

Circuitos cerebelosos

El cerebelo desde el punto de vista funcional puede ser dividido en tres circuitos, cada uno de ellos consta de:

- Un área de la corteza.
- Un centro de sustancia blanca que contiene las fibras aferentes que se dirigen hacia esa área cortical y, a su vez, las fibras eferentes que salen de la misma.
- Un núcleo o núcleos relacionados funcionalmente con el área cortical.

Vestibulocerebelo (Arquicerebelo)

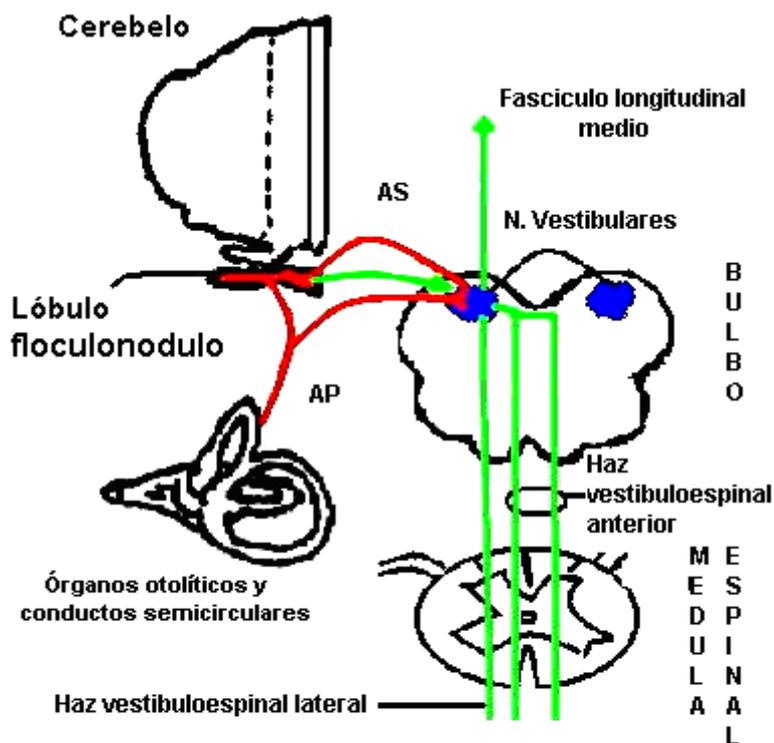
Constituido por el lóbulo floculonodular, representa el centro funcional de las vías de control del equilibrio o, más precisamente, de la posición de la cabeza y el cuerpo en el espacio.

La vía aferente de este circuito, íntegramente subcortical (no conciente), tiene su origen en las manchas acústicas del utrículo y del sáculo y en las crestas acústicas de los conductos semicirculares. Los somas neuronales sensoriales están en el ganglio vestibular (de Scarpa) y las fibras forman la porción vestibular del nervio vestibulococlear. Estos axones alcanzan directamente y sin relevo la corteza del nódulo y flóculo (fibras vestibulocerebelosas primarias) y por otro, llegan a los núcleos vestibulares bulboprotuberanciales. Se ubica aquí la segunda neurona, que por vía del pedúnculo cerebeloso inferior llega a la corteza floculonodular (fibras vestibulocerebelosas secundarias). Las fibras vestibulocerebelosas llegan a la corteza cerebelosa y al núcleo fastigio a través del cuerpo yuxtarestiforme, y llevan información sobre la relación entre la posición de la cabeza y el cuerpo en el espacio, además de la información que permite orientar los ojos durante los movimientos.

Asimismo, el lóbulo floculonodular y el núcleo fastigio reciben fibras olivocerebelosas provenientes del núcleo olivar inferior contralateral y fibras pontocerebelosas

contralaterales (solo llegan al floculo), para la coordinación de los movimientos de los ojos.

La vía eferente comienza en la corteza cerebelosa, hace relevo en el núcleo fastigio, allí se encuentra la segunda neurona cuyo axon llega a los núcleos vestibulares bulboprotuberanciales siguiendo el pedúnculo cerebeloso inferior. Desde estos núcleos nace la tercera neurona, cuyo axon sigue una vía ascendente, como parte del fascículo longitudinal medio, y conectará los núcleos motores de los nervios craneales de los músculos extraoculares. Por la vía vestibulo espinal directa o cruzada, llega a las neuronas motoras del asta anterior medular. Tanto las aferencias, como las eferencias, siguen un trayecto ipsilateral.



VESTIBULOCEREBELO

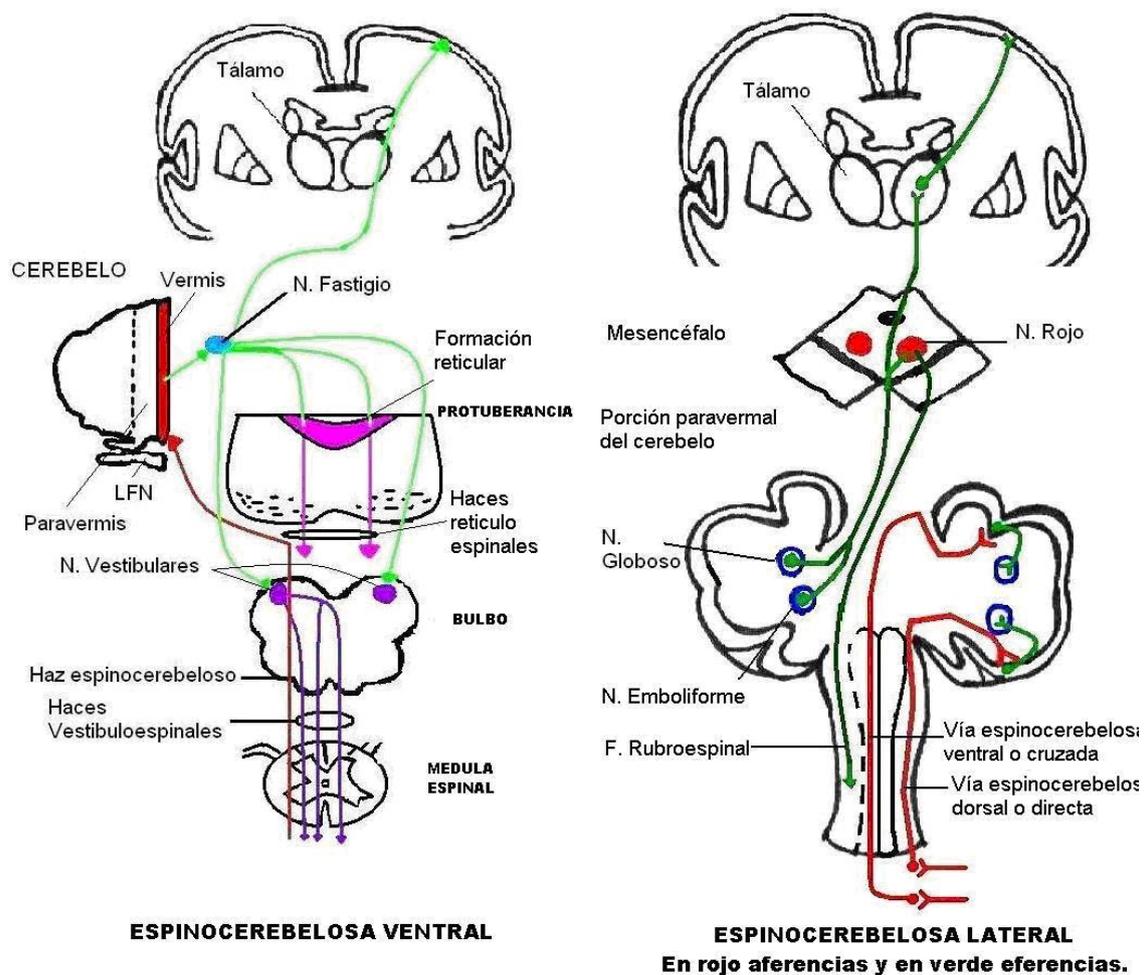
En rojo Aferencias: AP:Aferencias Primarias; AS: Aferencias secundarias. En verde Eferencias.

Espinocerebelo (Paleocerebelo).

Este también es un circuito subcortical. Ejerce el control del **tono postural** de los músculos somáticos encargados de contrarrestar los efectos de la gravedad. Está representado por la porción intermedia de los hemisferios cerebelosos y el vermis.

Las Vías aferentes conducen las sensaciones propioceptivas inconscientes a través de dos fascículos cerebelosos, directo o posterior (Flechsig) y cruzado o anterior (Gowers) originados en la medula. Además, recibe aferencias procedentes del bulbo, como las fibras cuneocerebelosas y del sistema reticular.

Las fibras espinocerebelosas posteriores y cuneocerebelosas entran en el cerebelo por el cuerpo restiforme, mientras que las espinocerebelosas anteriores lo hacen por el pedúnculo cerebeloso superior. Llegan a la corteza cerebelosa respetando una somatotopía: si procede de los músculos proximales antigravitatorios paraespinales termina en el vermis, y si lo hace de los músculos distales en el paravermis.



La **vía eferente** nace de la corteza cerebelosa correspondiente y se dirige al núcleo cerebeloso específico. La vía espinocerebelosa anterior nace de la corteza vermiana y

llega al núcleo fastigio, la vía espinocerebelosa lateral nace de la porción intermedia de los hemisferios cerebelosos (corteza paravermal) y llega al núcleo globoso y emboliforme (núcleo interpósito).

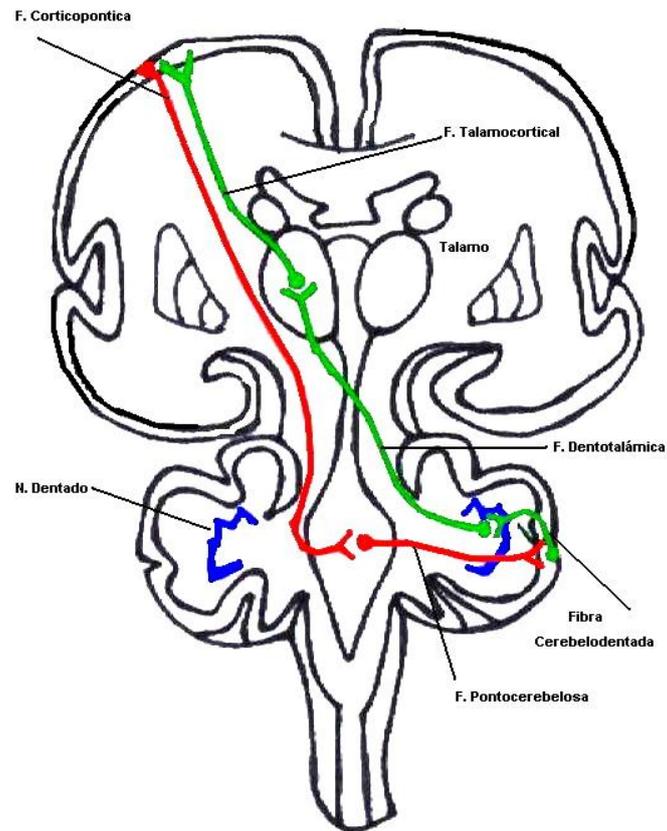
El núcleo fastigio envía fibras a ambos núcleos vestibulares y a la formación reticular. Estas, mediante sus proyecciones a la médula, influyen sobre la musculatura axial. A su vez, el núcleo fastigio se conecta con: a) el núcleo ventral lateral del tálamo que proyecta hacia las regiones de la corteza motora, donde están representados los músculos cervicodorsolumbares antigravitatorios, b) el núcleo olivar accesorio (de este núcleo recibe fibras aferentes) y c) en los niveles medulares superiores, las áreas mediales del asta anterior.

Los axones del núcleo interpósito emergen por el pedúnculo cerebeloso superior, se decusan y dirigen algunas fibras al núcleo rojo (fibras globosoemboliformes rúbricas) y al núcleo ventral lateral del tálamo, estas últimas se proyectan a la corteza motora primaria. A partir del núcleo rojo y de la corteza motora primaria emerge el fascículo rubroespinal cruzado y las fibras corticoespinales respectivamente, que alcanzan las motoneuronas contralaterales de la medula espinal, por medio de las cuales influirán en el control de la musculatura distal de las extremidades.

Cerebrocerebelo (Neocerebelo).

Es la última estructura de la evolución filogenética del cerebelo. Sus circuitos están encargados del control y planificación de los movimientos de precisión y destreza en las extremidades, particularmente del miembro superior, y en la organización temporal de dichos movimientos o, más precisamente, lo que se denomina *memoria motora*. De tal modo se puede deducir que, a diferencia de los circuitos anteriores, se encuentra en relación directa con la corteza cerebral ipsilateral.

La vía aferente tiene dos neuronas. La primera es corticopónica. Su cuerpo celular se sitúa en la corteza cerebral, en la circunvolución temporal (fascículo temporopónico), en la circunvolución frontal (fascículo frontopónico) y otros fascículos como los parietopónicos y occipitopónicos. Todos ellos, luego de atravesar la corona radiada, la cápsula interna y los pies del pedúnculo cerebral, terminan en los núcleos pontinos. Desde la segunda neurona nacen axones que, siguiendo las fibras transversales, se decusan en el pedúnculo cerebeloso medio y llegan a la corteza neocerebelosa, situada por detrás de la cisura primaria, la zona lateral del hemisferio cerebeloso.



CEREBROCEREBELO

La vía eferente nace como primera neurona en la corteza cerebelosa y llega al núcleo dentado. La vía de la segunda neurona es cruzada y se extiende desde el núcleo dentado al lateroventral intermedio del tálamo. La tercera neurona une el tálamo con la circunvolución temporal y prerrolándica, de donde partirá la vía motora principal corticoespinal. Este circuito regula el inicio de los movimientos, el control de la distancia y precisión del movimiento y la coordinación de la actividad de los diferentes grupos musculares durante la ejecución de movimientos complejos. Con la repetición del movimiento mejora la exactitud del mismo, hasta llegar a ser realizados automáticamente.

El cerebelo no produce ni ejecuta el movimiento, sino que su función fundamental es coordinar el movimiento y mantener el tono muscular de manera **IPSILATERAL**, asegurando la sinergia o taxia, diadococinesia, y la eumetría de los movimientos, el tono y la postura, y el planeamiento motor.

Se comprende así que las lesiones del hemisferio cerebeloso generan defectos motores en el mismo lado del cuerpo, debido a que la expresión motora de la lesión esta mediada fundamentalmente por las vías homolaterales.

Glosario

Sinergia o taxia: Acción coordinada de músculos agonistas y antagonistas en la ejecución del movimiento.

Diadococinesia: Condición que hace posible ejecutar movimientos sucesivos en forma rápida y alternante, merced a una acción muscular coordinada.

Eumetría: Propiedad que define la exacta medida de un movimiento.

Tono muscular: Es un estado de semicontracción pasiva, se trata de un fenómeno reflejo.

Nota complementaria

El aparato vestibular le informará al cerebelo sobre la postura y desplazamiento de la cabeza; las fibras procedentes de la corteza o frontopontocerebelosas, llevarán información sobre movimientos en marcha o de ejecución próxima, y los haces espinocerebelosos (ventral, dorsal y cuneocerebelosos) transmiten información **propioceptiva** desde los músculos y articulaciones en relación con la postura corporal y la dinámica de los miembros. Estas aferencias cerebelosas establecen una representación somatotópica ipsilateral. **El Haz espinocerebeloso ventral** se origina en las neuronas laterales de la lamina VII, ubicadas por debajo del nivel medio de la medula torácica. Sus axones cruzan la línea media en la medula espinal y nuevamente en el pedunculo cerebeloso superior, para **terminar en la corteza espinocerebelosa ipsilateral a su origen**. Lleva información acerca de la actividad de las interneuronas de la medula espinal, también esta vía se encuentra influenciada por fibras reticuloespinales y corticoespinales descendentes; siendo de este modo una vía eficaz en cuanto al suministro de impulsos aferentes y de retroalimentación al cerebelo sobre la situación en la cual se encuentran los circuitos motores de la medula espinal. **El haz espinocerebeloso dorsal** se origina en la columna de Clarke ubicada en la base del asta posterior entre T1 y L2. Lleva información propioceptiva del miembro inferior y del tronco.

El haz cuneocerebeloso aporta información propioceptiva del cuello y del miembro superior. Este haz se origina en el núcleo cuneiforme externo, equivalente a la columna de Clarke del bulbo caudal, y recibe aferencias propioceptivas desde el cordón posterior.

Estas dos últimos haces informan al cerebelo sobre la posición y movimiento de las extremidades. Esta información es procesada en el cerebelo y luego a través de fibras

que llegan a la corteza motora a través del tálamo, influyen sobre el movimiento y el tono muscular de los miembros

Bibliografía

Delmas A. Vías y Centros Nerviosos. 7ª ed. Barcelona, Masson España, 2001: pp 145 -159.

Argente HA. – Álvarez ME. Semiología Médica, Fisiología, Semiología y Propedéutica. Enseñanza basada en el paciente. Buenos Aires, Ed. Panamericana, 2005: pp 1251 y 1377.

Carpenter MB. Neuroanatomía Fundamentos. 4ª ed. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1998.

Haines DE. Principios de Neurociencia. 2ª ed. Madrid, Elsevier Science España, 2003: pp 435 - 442.

Cingolani HE, Houssay AB y colaboradores. Fisiología Humana de Houssay. Buenos Aires, El Ateneo, 2006: pp 966 -972.

Williams PL. Anatomía de Gray. 38ª ed. Madrid, Harcourt Brace de España, S.A. 1998: pp 1048-1065.