

Imágenes en medicina

ANATOMÍA DEL CEREBELO EN IMÁGENES DE RESONANCIA MAGNÉTICA CEREBRAL CON CORRELACIÓN FUNCIONAL

Luis Manuel Alejandro Acosta Rosas¹, Karen Natalia Nieto Taborda¹, Aura Virginia González Ramírez², Luis Felipe Ovalle Daza¹, Juan Andrés Mora Salazar³, Carolina Tramontini Jens⁴.

¹ Residente de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia.

² Residente de Neurología, Fundación Universitaria Ciencias de la Salud. Hospital San José. Bogotá, Colombia.

³ Médico Radiólogo. Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Clínica Universitaria Colombia. Docente adscrito Radiología, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia.

⁴ Neurorradióloga, Clínica Universitaria Colombia. Docente de Neurorradiología, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia.

RESUMEN

El cerebelo es un órgano motor ubicado en la fosa posterior, en estrecha relación con el tallo cerebral. Su función principal es ser auxiliar en el comienzo de los movimientos voluntarios así como la modulación de estos. Está compuesto por el vermis centralmente y los dos hemisferios cerebelosos laterales al vermis. Se encuentra irrigado principalmente por tres arterias: cerebelosa posteroinferior, cerebelosa anteroinferior y cerebelosa superior. El objetivo de este artículo es realizar una revisión de la anatomía funcional del cerebelo y su correlación en neuroimágenes.

Palabras claves: Cerebelo; Imagen por Resonancia Magnética; Anatomía.

DOI: <https://doi.org/10.26852/01234250.19>

CEREBELLUM ANATOMY IN IMAGES OF CEREBRAL MAGNETIC RESONANCE WITH FUNCTIONAL CORRELATION

ABSTRACT

The cerebellum is a motor organ located in the posterior fossa, in close relation to brainstem. Its main function is in the starting of voluntary movements as well as their modulation. It is composed by the vermis in central location and both cerebellar hemispheres lateral to the vermis. It is irrigated mainly by three arteries: posteroinferior cerebellar, anteroinferior cerebellar and superior cerebellar arteries. The objective of this article is to review the functional anatomy of cerebellum and correlate it with neuroimaging.

Key words: Cerebellum; Magnetic Resonance Imaging; Anatomy.

Recibido: 15 de septiembre

Aceptado: 20 de septiembre de 2018

Correspondencia: ctramontinij@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cerebelo en términos generales es en la actualidad considerado un órgano motor, encargado de la coordinación del inicio y modulación de los movimientos voluntarios, de la regulación del tono muscular y del control de la postura y la marcha. Se encuentra ubicado en la fosa posterior, dividido anatómicamente en dos hemisferios, una región central denominada vermis y puede subdividirse en lóbulos funcional y filogenéticamente. Se encuentra conectado con el tallo cerebral a través de los pedúnculos cerebelosos y tiene estrecha relación con el sistema vestibular y los tractos sensitivos ascendentes desde la médula espinal, entre otros. Se encuentra irrigado principalmente por tres arterias de forma bilateral, provenientes del sistema vertebrobasilar, frecuentemente comprometidas en eventos cerebrovasculares isquémicos de origen cardioembólico (1).

SUPERFICIE ANATÓMICA

El cerebelo se encuentra separado en su superficie superior del cerebro por el tentorio (hoja doble de duramadre). En la superficie inferolateral contacta el hueso occipital y en su cara anterior con la superficie posterior del hueso petroso, el tallo cerebral y el cuarto ventrículo (2).

La región central o vermiana es la encargada de la coordinación de los movimientos de la cabeza en el espacio. Se encuentra separada por una fisura horizontal denominada petrosa que lo divide en vermis superior e inferior. El vermis superior contiene los lóbulos de la llingula, lóbulo central, culmen, declive y el lóbulo posterior o folium. El vermis inferior por su parte contiene el tuber, pirámide, úvula y lóbulo nódulo. Cada uno de estos lóbulos del vermis se encuentran en una estrecha relación con lóbulos correspondientes de los hemisferios cerebelosos. La llingula con el ala de la llingula, el lóbulo central con el ala del lóbulo central, el culmen con el lóbulo cuadrangular, el declive con el lóbulo simple, el folium con el lóbulo semilunar superior, el tuber con el lóbulo semilunar inferior, la pirámide con el lóbulo biventral, la úvula con la tónsila o amígdala y el nódulo con el flóculo (Figuras 1, 2 y 3).

FIGURA 1. Esquema anatómico del cerebelo, cara superior (a) e inferior (b).

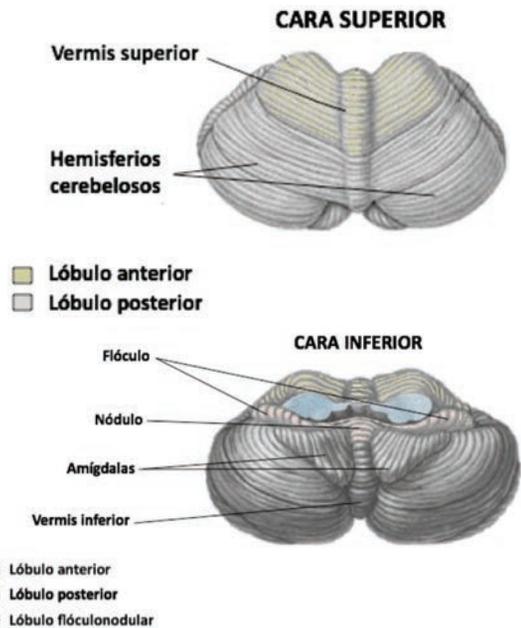


FIGURA 2A. Secuencia coronal de resonancia magnética, potenciada en T2. Se observa el vermis cerebeloso (1), el hemisferio cerebeloso (2) y la fisura primaria (flecha blanca), que separa el lóbulo posterior del lóbulo anterior.

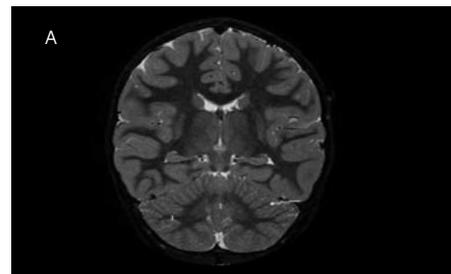


FIGURA 2B. Secuencia coronal de resonancia magnética, potenciada en T2. Se observa la amígdala cerebelosa (1), pedúnculo cerebeloso medio (2), el nódulo (flecha blanca), la fisura horizontal o petrosa (flecha roja), pedúnculo cerebeloso superior (flecha verde) y la el agujero de Magendie (cabeza de flecha)

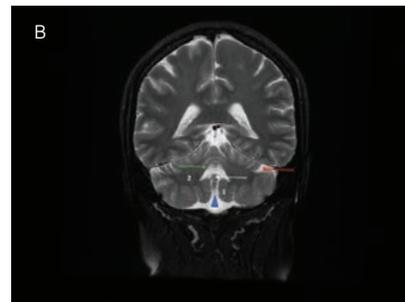
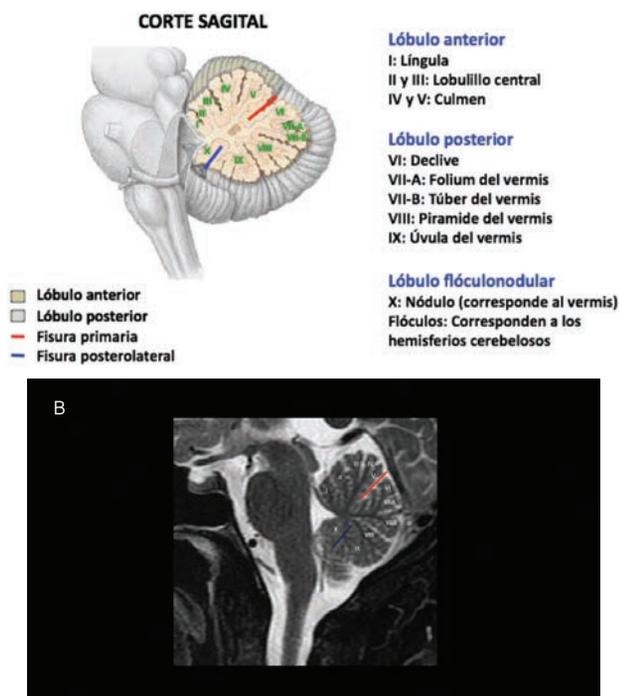


FIGURA 3A y B. Esquema anatómico del vermis con lóbulos del vermis (a) Imagen sagital de resonancia magnética, potenciada en T2 (b). Lóbulos del vermis enumerados del I al X, fisura primaria (línea roja), fisura posterolateral (línea azul)



La región lateral se asocia con la coordinación de los movimientos finos de las extremidades (2). Finalmente, la región intermedia o paravermiana recibe aferencias centrales y periféricas para el control del tono postural.

Teniendo en cuenta lo anterior se pueden clasificar los síndromes cerebelosos en dos grandes grupos:

- Síndrome del vermis cerebeloso: caracterizado por inestabilidad estática, trastornos de la marcha y trastornos del lenguaje.
- Síndrome del hemisferio cerebeloso: dado por signos y síntomas unilaterales con afectación de los músculos ipsilaterales al hemisferio cerebeloso afectado y caracterizado por dismetría, discronometría, disdiadococinecia, temblor, hipotonía y trastornos de la escritura (3).

NOMENCLATURA

Los lóbulos del cerebelo se numeran en números romanos de I - X, siendo el lóbulo rostral del 4º ventrículo el I y el caudal el X, entre los lóbulos V y VI se encuentra

la fisura primaria que separa el lóbulo posterior del lóbulo anterior (4) (Figura 3).

Anatómica y filogenéticamente se divide en 3 lóbulos:

1. Lóbulo floclonodular o arquicerebelo: también llamado vestíbulo cerebelo, localizado en su porción inferior, es la región más antigua del cerebelo y está separado del resto de la masa cerebelosa por la fisura posterolateral. Recibe impulsos propioceptivos desde los núcleos vestibulares e información de los movimientos oculares. Se encarga del control del equilibrio.
2. Lóbulo anterior o paleocerebelo: también llamado espinocerebelo, es la región rostral en relación con la fisura primaria, es pequeño y está conformado por el vermis anterosuperior y la corteza paravermiana. Recibe información propioceptiva de los músculos y tendones de las cuatro extremidades, encargándose de la postura y el tono postural.
3. Lóbulo posterior o neocerebelo: comprende las divisiones medias del vermis y sus extensiones laterales (hemisferios cerebelosos). Se encarga de la coordinación de los movimientos que se inician en la corteza cerebral (5).

Funcionalmente el cerebelo se divide en tres regiones:

1. Vestibulocerebelo: Conformado por el lóbulo floclonodular, este recibe aferencias provenientes de los núcleos vestibulares y de la corteza visual a través de los núcleos de la protuberancia, cuyas eferencias van directamente a los núcleos vestibulares, siendo el área responsable de controlar y regular el equilibrio y los movimientos de los ojos.
2. Espinocerebelo: conformado por dos partes de la corteza cerebelosa, las bandas vermiana y paravermiana. La banda vermiana conformada por el vermis superior e inferior (excepto el nódulo), el cual recibe aferentes somatosensoriales medulares, vestibulares, visuales y acústicas, cuyas eferencias viajan a través del núcleo fastigial con el fin de controlar el movimiento muscular de la cabeza, el cuello, el tronco y las porciones proximales de las extremidades. Por otro lado, se encuentra la banda paravermiana, la

cual se encuentra a cada lado de la banda vermiana, y recibe aferentes somatosensoriales de la médula espinal y del núcleo sensorial trigeminal, cuyas eferencias viajan a través del núcleo interpuesto, con el fin de controlar el movimiento de las porciones distales de las extremidades.

3. Cerebrocerebelo: consta de los hemisferios cerebelosos laterales y recibe aferentes de la mayor parte del neocórtex a través de los núcleos pónicos. Envía eferencias que llegan al tálamo a través del núcleo dentado, y de ahí a la corteza cerebral. Se encuentra involucrado en las funciones cognitivas (percepción visuoespacial, lenguaje, procesamiento y modulación de las emociones), planificación general de las actividades motrices y el aprendizaje motor secuenciado (3).

ESTRUCTURA DE LA CORTEZA CEREBELOSA

La corteza cerebelosa está dividida en tres capas: la más superficial o capa molecular, la capa intermedia o de células de Purkinje y la capa más profunda o capa granular. En estas capas se encuentran cinco tipos celulares: las células granulares con sinapsis excitatorias, las células de Purkinje, células en cesta, estrelladas y de Golgi las cuales tienen un tipo de sinapsis inhibitoria.

La capa molecular contiene las células en cesta y estrelladas, la capa de Purkinje contiene las células de Purkinje y la capa granular contiene las células de Golgi y las células granulares (3).

ORGANIZACIÓN INTERNA

Los núcleos cerebelosos se encuentran localizados en la sustancia blanca central y fueron descritos por primera vez por Stilling en 1864 (6). Al realizar un corte transversal se ponen en evidencia los núcleos profundos de sustancia gris embebidos entre la sustancia blanca del cerebelo. De medial a lateral, se encuentra el núcleo fastigio ubicado en el techo del cuarto ventrículo, que se encarga del control antigravitatorio, la postura y el equilibrio; el núcleo interpuesto el cual incluye el núcleo globoso y emboliforme que reciben aferencias de la corteza cerebral y de la médula espinal a través del tracto espinocerebeloso y finalmente el núcleo dentado

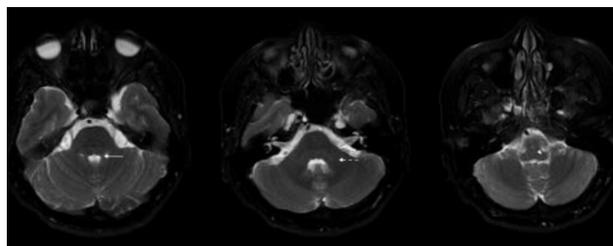
que recibe aferencias de la corteza premotora y motora complementaria para la coordinación del inicio de los movimientos voluntarios y la destreza fina (7).

PEDÚNCULOS CEREBELOSOS

Los pedúnculos cerebelosos están conformados por múltiples fibras de sustancia blanca aferentes y eferentes que conectan el cerebelo con el tallo cerebral. Son pedúnculos pares organizados de la siguiente manera de inferior a superior:

1. Pedúnculo cerebeloso inferior o cuerpo restiforme: La mayoría de sus fibras son aferentes y conecta el cerebelo con el bulbo raquídeo. Contiene los siguientes tractos: espinocerebeloso dorsal, cuneocerebeloso, olivocerebeloso, reticulocerebeloso, arcuato cerebeloso, trigeminocerebeloso, cerebelovestibular y cerebeloreticular.
2. Pedúnculo cerebeloso medio o brachium pontis: Conecta el cerebelo con el puente o protuberancia y es el más grande de los tres. Contiene el tracto pontocerebeloso.
3. Pedúnculo cerebeloso superior o brachium conjunctivum. Conecta el cerebelo con el mesencéfalo y contiene los siguientes tractos: espinocerebeloso anterior, tectocerebeloso, trigeminocerebeloso, ceruleocerebeloso, dento rubral, dento talámico y asa uncinada de Russel (5). (Figura 4)

FIGURA 4. Imágenes axiales potenciadas en T2. Se observa el pedúnculo cerebeloso superior (flecha blanca), pedúnculo cerebeloso medio (flecha interrumpida) y pedúnculo cerebeloso inferior (cabeza de flecha).



IRRIGACIÓN

La irrigación del cerebelo está dada por tres arterias principales originadas del sistema vertebrobasilar, una

de cada lado configurando tres territorios arteriales diferentes. De inferior a superior encontramos:

1. La arteria cerebelosa posterioinferior o PICA, rama de la arteria vertebral, que irriga el pedúnculo cerebeloso inferior, la porción inferior del vermis y la superficie inferior de los hemisferios cerebelosos. Da origen a 2 ramas la rama medial o vermiana que irriga el cerebelo medial y el área dorsolateral del bulbo y la rama lateral que irriga la porción posteroinferolateral del cerebelo.
2. La arteria cerebelosa anterioinferior o AICA, rama de la arteria basilar irriga la superficie petrosa anterior del hemisferio cerebeloso, el flóculo y la porción inferior del pedúnculo medio. Da origen a la arteria auditiva interna que también puede originarse directamente de la arteria basilar.
3. Finalmente la arteria cerebelosa superior, rama de la arteria basilar irriga la superficie superior de los hemisferios cerebelosos, la porción superior del vermis, el núcleo dentado y los pedúnculo cerebelosos superior (5). (Figura 5)

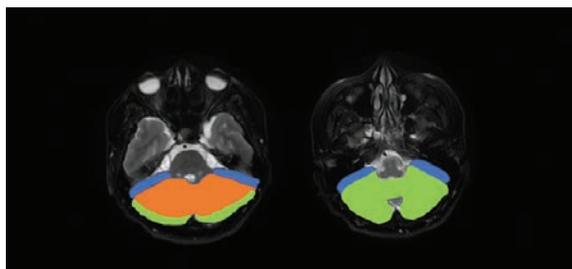
FUNCIONES DEL CEREBELO

Desde hace años, el cerebelo se ha vinculado con el control y la coordinación del movimiento, y su importancia es indiscutible. Pero desde los años 80, Henrietta Leiner, Alan Leiner y Robert Dow entre otros, sugirieron la vinculación de regiones del cerebelo con las áreas de asociación cerebral (8).

Gracias a las neuroimágenes obtenidas en pacientes con patologías cerebelosas, se ha confirmado la teoría propuesta por estos investigadores y comprendido muchas otras funciones en las que el cerebelo se encuentra involucrado. Adicionalmente, se ha encontrado que las redes neuronales cerebelosas juegan un papel importante en la plasticidad sináptica a largo plazo, lo que indica que procesos adaptativos y de aprendizaje dependientes de la experiencia involucran al cerebelo (9).

Otras de las funciones en las que se encuentra involucrado el cerebelo son: la generación de palabras, la comprensión y el procesamiento semántico,

FIGURA 5A. Reconstrucción MIP (proyección de máxima intensidad) de una angiografía por resonancia magnética. Se identifican la anatomía vascular de la irrigación arterial del cerebelo. Tronco de la arteria basilar (flecha blanca), arteria cerebelosa posterioinferior (flecha puntada) y la arteria cerebelosa superior (flecha roja); la arteria cerebelosa anterioinferior no se visualiza. 5b. Imágenes axiales potenciadas en T2. Territorios vasculares de las arterias que llevan la irrigación al cerebelo, arteria cerebelosa anterioinferior (Azul), arteria cerebelosa postero inferior (verde) y arteria cerebelosa superior (naranja).



el reconocimiento verbal, la planificación cognitiva no verbal, imaginación, discriminación y atención entre otras.

Desde el punto de vista motor el cerebelo está involucrado en el control del equilibrio, control de la postura y la marcha, así como de la coordinación de movimientos rápidos. Estudios de neuroimagen funcional han demostrado la activación del hemisferio cerebeloso ipsilateral en las tareas motoras, así como su activación bilateral en la planificación y coordinación motora fina (3).

CONCLUSIONES

El cerebelo es un órgano clave para la coordinación y ejecución de los movimientos además de estar involucrado estrechamente con las funciones del lóbulo frontal. Es importante tanto para el clínico como para el radiólogo conocer la anatomía, la irrigación y la relación con estructuras vecinas para una adecuada aproximación a las patologías del cerebelo.

REFERENCIAS

1. Baehr M, Frotscher M. Duus' Topical Diagnosis in Neurology. 4th ed. New York: Thieme G, editor; 2005.
2. Osborn A, Hedlund G. Posterior fossa malformations. In: Osborn's Brain. Salt Lake City UT. Editor Osborn AG, Elsevier; 2018:1169-1172.
3. Structural and Functional anatomy of cerebellum . More than a motor conception. [Internet] Barahona M., Mora J., Querol R., Alvarez J., Gañan Y., Fernandez M. European Society of Radiology. Electronic Presentatios Online System. 2011. [citado 15 de septiembre de 2018] Disponible en: https://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&task=&pi=105607
4. Brazis, P., Masdeu, J., Biller J. Localization in clinical neurology. In: Wilkins PLW, editor. 6th ed; 2011: 425-36.
5. Voogd J. The human cerebellum. J Chem Neuroanat. 2003;26(4):243-52.
6. Adel K. Afifi R. Neuroanatomía funcional texto y atlas. Interamericana M-H;1999.
7. Buckner R. Perspective The Cerebellum and cognitive function : 25 Years of insight from anatomy and neuroimaging. Neuron. 2013;80(3):807-15.
8. Apps R, Garwicz M. Anatomical and physiological foundations of cerebellar information processing. Nature Rev Neurosci. 2005;6 (4):297-311.