

CAPITULO 15: CEREBELO

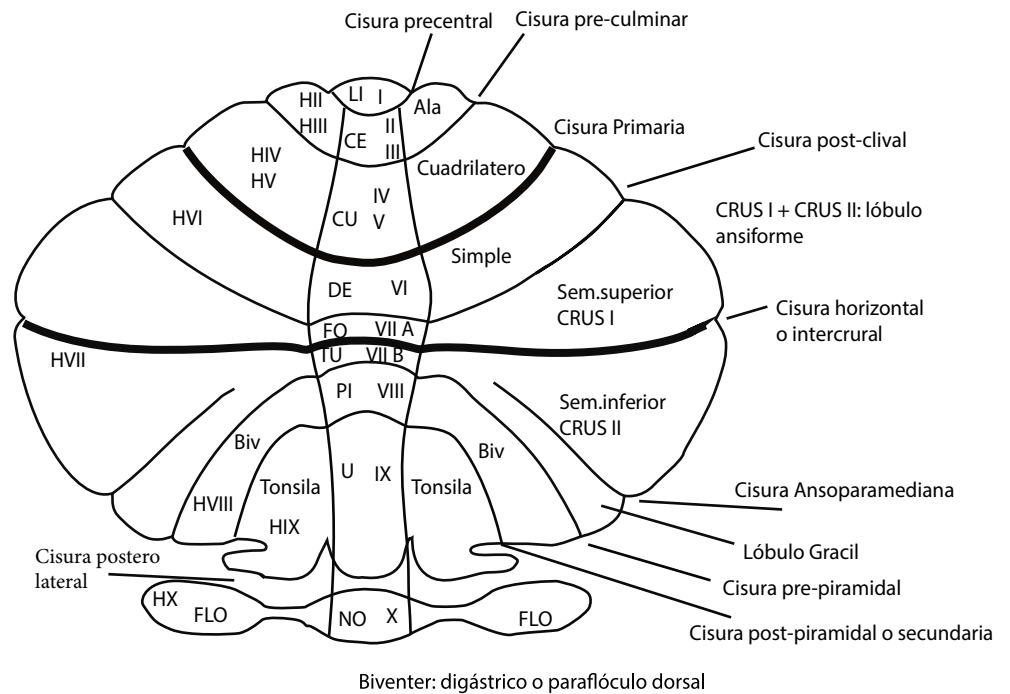
El cerebelo ocupa la fosa posterior (foto 15-1), por debajo del tentorio, y por delante del tronco cerebral al cual está unido sólo por tres estructuras, llamadas pedúnculos cerebelosos. El cerebelo, sólo representa un 10% del peso del encéfalo, pero contiene la mitad de las neuronas del mismo.

Es un optimizador de la actividad motora, un regulador dispuesto en paralelo entre las vías sensitivas y motoras. El cerebelo genera correcciones permanentes entre el movimiento deseado y el movimiento realmente ejecutado para llevar a una actividad coordinada y suave. El cerebelo controla la excitación automática de los músculos antagonistas hacia el final del movimiento, con inhibición simultánea de los agonistas que iniciaron el movimiento, llevando así a un movimiento suave y prolijo.

Los movimientos coordinados se generan por la modulación inhibitoria de la actividad neuronal en los núcleos cerebelosos profundos, por el freno que ejercen las células de Purkinje. Asimismo se conoce cada vez con mayor énfasis el papel fundamental del cerebelo en el aprendizaje motor (cambio en la eficacia del movimiento con la práctica)

MORFOLOGIA

La forma general del cerebelo es el de una mariposa con el



Esquema N° 105 : nomenclatura clásica del cerebelo con sus lóbulillos y cisuras y nomenclatura de Larsell que los numera del I al X

cuerpo de la misma representado por el vermis, y las alas por los hemisferios. Los tres pares de patas de la mariposa estarían representados por los pedúnculos cerebelosos. La arquitectura general del cerebelo es el de folias paralelas, que se organizan en lobulillos (foto 15-2) cerebelosos. Cada hemisferio cerebeloso contiene unas 330 folias. A la descripción clásica de los lobulillos cerebelosos se agrega la división de Larsell que los numera del I al X (esquema 105). La materia blanca cerebelosa se agrupa detrás del cuarto ventrículo, en una zona de confluencia, conocida como



Foto N° 15-1 : Resonancia que muestra el cerebelo ocupando la mayor parte de la fosa posterior. Nótese la estructura de aspecto arborizado.

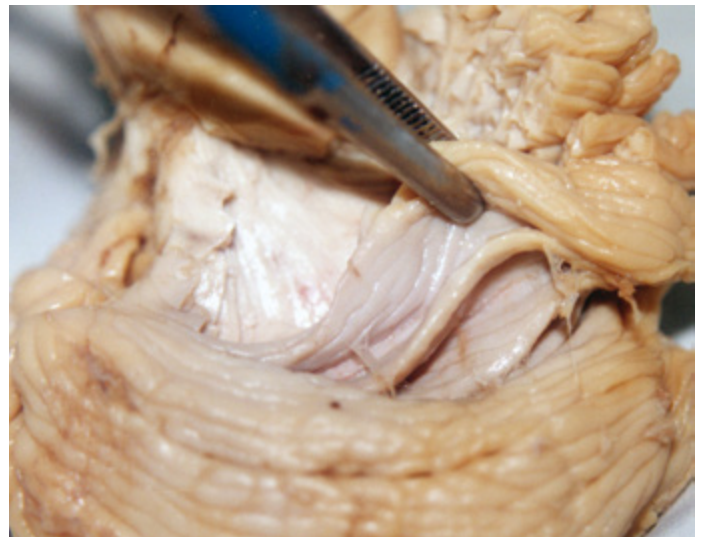
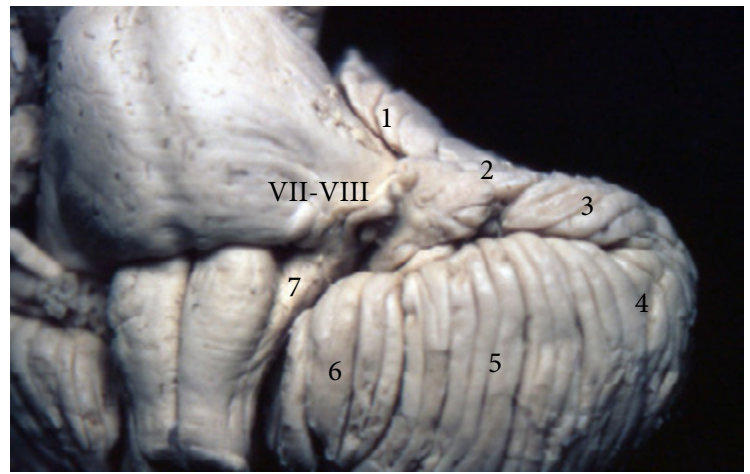
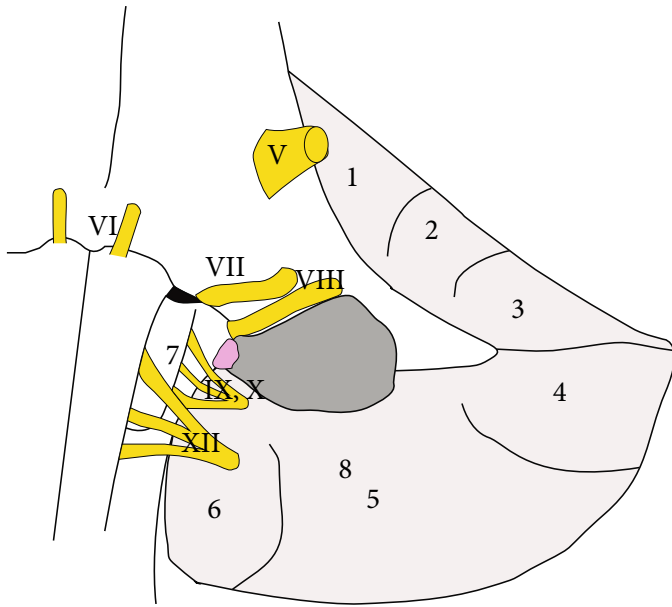


Foto N° 15-2 : Estructura foliar del cerebelo



Esquema N° 106 y foto 15-3: Cara petrosa del cerebelo: 1-Lobulillo cuadrilátero. 2- Lobulillo simple. Lobulillo semilunar superior. 4- Lobulillo semilunar inferior. 5-Lobulillo biventer 6- Amígdala. 7-Oliva bulbar

corpus medullare.

Se reconocen 3 caras en la estructura macroscópica del cerebelo: una cara superior o tentorial, una cara inferior o suboccipital y una cara anterior o petrosa. La cara superior da al tentorio (foto 15-4) y tiene una parte medial vermiana y 2 laterales, hemisféricas. La parte vermiana está constituida de adelante atrás por la llingula (I), el lobulillo central (II-III), con las aletas del lobulillo central en el hemisferio, luego el culmen (IV-V) con el lobulillo cuadrilátero lateralmente. La cisura primaria, separa a estos últimos del declive (VI), el cual se continúa lateralmente con el lobulillo cuadrilátero posterior o simple. La cisura primaria marca además el límite posterior del lóbulo anterior del cerebelo. La cisura post-clival es la separación entre el lobulillo simple y el semilunar superior lateralmente y el declive (VI) con el folium (VII A) medialmente.

La cisura horizontal o gran surco circunferencial, separa al lobulillo semilunar superior del inferior y es considerado como el límite entre la cara superior y la inferior.

La cara superior forma parte del complejo neurovascular superior de la fosa posterior, con la llingula (foto 15-6) como elemento neural especial, los pares IV y V y la arteria cerebelosa superior. La relación cisternal de este complejo, es con la cisterna cuadrigémina.

La cara inferior o suboccipital (foto 15-5), es la cara más frecuentemente expuesta en la cirugía, ya que da a la escama occipital. De arriba abajo, encontramos en su constitución, al lobulillo semilunar inferior y el lobulillo gracilis o delgado, continuado medialmente en el tuber (VII B), el lobulillo biventer o digástrico con su prolongación medial, la pirámide (VIII) y la amígdala o tonsila con la úvula (IX) como representación medial. La hoz cerebelosa se encuentra a nivel de la depresión formada por el vermis. Las amígdalas que ganan fama, a partir de su relación con el foramen magno son estructuras ovoideas que miden de 10 a 18 mm de alto y 5 a 10 mm de ancho. Entre ambas amígdalas se encuentra la vallécula, espacio de ingreso al 4to ventrículo. Esta cara forma parte del complejo neurovascular inferior de la fosa posterior, con la amígdala y la úvula como estructuras neurales de referencia, los pares bajos, (IX, X y XI) y la arteria cerebelosa pósteroinferior. La cisterna magna y la cerebelo-medular son las cisternas vinculadas.

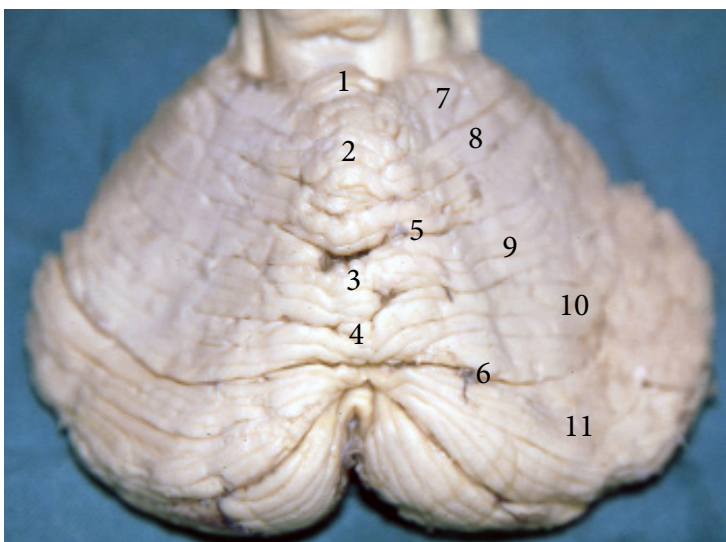


Foto N° 15-4 : Cara tentorial del cerebelo. 1-Lobulillo central 2- Culmen 3-Declive 4-Folium 5- Cisura primaria 6-Cisura horizontal 7- Aletas del lobulillo central 8-Lobulillo cuadrilátero 9- Lobulillo simple 10- Lobulillo semilunar superior 11- Lobulillo semilunar inferior.

La cara petrosa (esquema 106 y foto 15-3) recibe su nombre, por el hecho de relacionarse con el peñasco. Está dominada por la presencia del voluminoso pedúnculo cerebeloso medio abrazado por arriba y por abajo, por lamelas cerebelosas dispuestas perpendiculares a dicha estructura. Por su labio superior encontramos de medial a lateral a los lobulillos cuadriláteros y al semilunar superior y por su labio inferior de afuera adentro, los lobulillos semilunar inferior, delgado, biventer y la amígdala. Esta cara forma parte del complejo neurovascular medio de la fosa posterior, con el flóculo como referencia, los pares VII, VII bis y VIII y la arteria cerebelosa ántero-inferior. Es bañada principalmente por la cisterna cerebelo-pontina.

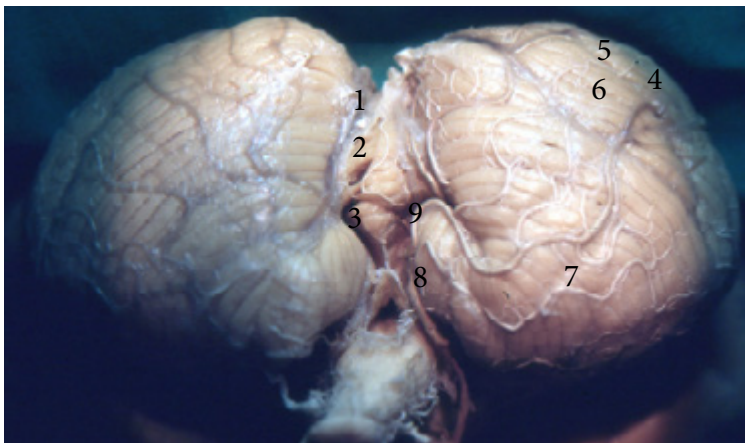


Foto N° 15-5 : Cara suboccipital del cerebelo. 1-Tuber 2-Piramide 3-Uvula 4- Lobulillo semilunar superior 5-Cisura horizontal 6-Lobulillo semilunar inferior 7-Lobulillo biventer o digástrico 8- Amígdala. Nótese la irrigación de ésta cara del cerebelo por la arteria cerebelosa pósterio-inferior (9)

ORGANIZACIÓN CORTICAL

La corteza cerebelosa (esquema 107) se organiza en 3 capas: una capa externa o molecular, poco celular, formada por las fibras paralelas, que son los axones de las células granulosas dispuestos paralelamente a las folias, pasando a la manera de cables de teléfono a través de las dendritas distales de las células de Purkinje. En esta capa también se encuentran las células en cesta y las células estrelladas, que son interneuronas de efecto inhibitorio sobre las células de Purkinje.

La capa intermedia es una monocapa de células de Purkinje (CP) una al lado de otra, con un árbol dendrítico aplanado,

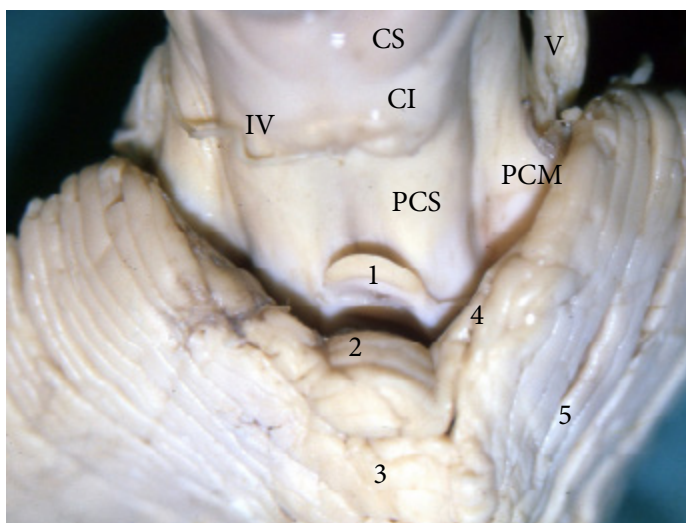


Foto N° 15-6 : Imagen de la cisura cerebelo-mesencefálica, con la lengua (1) sobre el velo medular superior. Se visualiza el lobulillo central (2) y el culmen (3). Mas lateralmente las alas del lobulillo central (4) y el lóbulo cuadrilátero (5). CI: colículo inferior CS: colículo superior PCM: pedúnculo cerebeloso medio PCS: pedúnculo cerebeloso superior.

dispuesto en sentido anteroposterior o perpendicular a las fibras paralelas o bien al eje de las lamelas. La CP es la unidad de procesamiento clave de la corteza cerebelosa. Cada célula de Purkinje se conecta con hasta 175.000 fibras paralelas y con una fibra trepadora.

La capa más profunda o de células granulosas es un mar compacto de células pequeñas (menos de 10 micras) con sus axones formando las fibras paralelas y sus dendritas yendo a constituir los glomérulos.

La única fibra eferente de la corteza es el axón de la célula de Purkinje que ejerce un efecto inhibitor (GABA) sobre el núcleo cerebeloso profundo.

FIBRAS AFERENTES

Las fibras aferentes al cerebelo son de 2 tipos: fibras musgosas y fibras trepadoras. Las primeras terminan en los glomérulos de la capa de células granulosas haciendo sinapsis con éstas células y emiten además, una colateral a los núcleos cerebelosos profundos. Las trepadoras terminan haciendo sinapsis con las dendritas lisas de la célula de Purkinje. Cada fibra trepadora se conecta con una sola célula de Purkinje, estableciendo cientos de sinapsis, con el árbol dendrítico de dicha célula. Ambas trepadoras y musgosas, son excitadoras (glutamato), tanto de la célula de Purkinje como de los núcleos cerebelosos profundos.

El principal contingente de fibras musgosas procede de los núcleos del puente, estación de relevo de las fibras cortico-ponto-cerebelosas (llegando desde diferentes áreas corticales: cognitivo-asociativas como corteza prefrontal dorsolateral y giro parietal inferior; áreas motoras como corteza motora primaria, área motora suplementaria y corteza pre-motora; sensitivas como S1 y giro parietal superior; auditivas como giro de Heschl y visuales como la corteza visual primaria y campos oculares frontales) Otro grupo importante de fibras musgosas son los haces espino-cerebelosos ventral y dorsal que llevan información táctil, propioceptiva y cinestésica de los grupos musculares al cerebelo. El núcleo vestibular también aporta a las fibras musgosas, arribando las mismas al lóbulo flóculo-nodular. La formación reticular del tronco (núcleo reticular lateral) a través de un circuito espino-retículo-cerebeloso suministra asimismo fibras musgosas (ver médula espinal). En resumen las fibras musgosas provienen de:

1. Núcleos pontinos
2. Médula espinal: haces espino-cerebelosos
3. Medula oblongada: núcleo vestibular
4. Núcleo reticular lateral
5. Núcleo del trigémino
6. Fibras vestibulo-cerebelosas

Las fibras musgosas terminan en la capa de células granulosas formando rosetas o glomérulos, uniéndose allí, con las dendritas de esas células y axones de las células de Golgi (interneuronas).

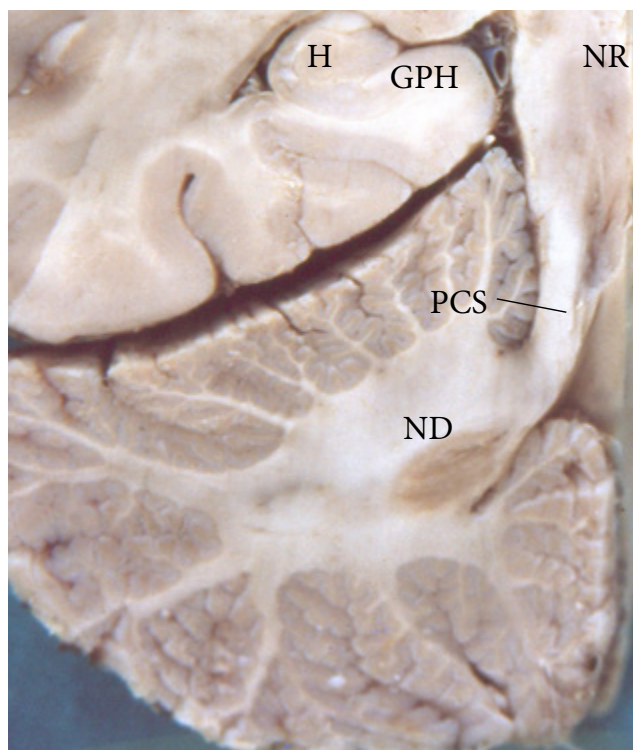


Foto N° 15-7: Corte coronal del cerebelo. El núcleo dentado (ND) se ubica en el recesso posterolateral del cuarto ventrículo. El pedúnculo cerebeloso superior (PCS) es el principal eferente del cerebelo, conectando con el núcleo rojo (NR) GPH: giro parahipocampal H: hipocampo o asta de Ammon.

Las fibras trepadoras provienen exclusivamente de la oliva bulbar contralateral y son paralelas a los axones de las células de Purkinje.

El tándem células de Purkinje-fibras trepadoras se dispone en hileras longitudinales dispuestas en ángulo recto al eje de las folias. Se constituyen así, bandas sagitales paralelas de 0,2 a 2 mm de ancho por 10 mm de largo. A su vez cada banda está dividida en microzonas de 200 micras o menos de ancho, la cual está constituida por un número de células de Purkinje (aprox. 1000 células) + las fibras trepadoras + células blancas de los núcleos cerebelosos profundos + las neuronas de la oliva inferior que originan las fibras trepadoras. A su vez habría microcomplejos multizonales, es decir múltiples microzonas separadas espacialmente, o como un mismo campo receptivo en diferentes zonas corticales (somatotopía en mosaico), que proyectan hacia un mismo grupo de neuronas nucleares profundas. Habría de 5000 a 15.000 de estos microcomplejos en la corteza cerebelosa. Estos microcomplejos serían los encargados de copiar modelos de pensamiento consciente para luego volverlos automáticos. (ej: al aprender a andar en bicicleta, inicialmente pensamos en cada uno de los pasos que estamos efectuando, pero luego los mismos se van haciendo automáticos). Estructuras de pensamiento relacionados a funciones del lenguaje, procesamiento de imágenes o conceptos son almacenadas en áreas asociativas frontales o parietales. El utilizar con el pensamiento en forma repetida dichos engranas, hace que sean copiados por los circuitos cerebelosos, lo cual permitiría la respuesta instantánea

ante determinadas situaciones, volviéndose dicha respuesta automática.

NUCLEOS CEREBELOSOS

Los núcleos cerebelosos constituyen el principal elemento de salida de fibras eferentes del cerebelo. Dado su alto contenido en hierro es fácil visualizarlos en cortes T2 de resonancia. Se reconocen 4 núcleos pares: que de adentro afuera son el fastigial, el globoso, emboliforme y el dentado. El núcleo fastigial se vincula al arquicerebelo, el globoso y emboliforme (núcleos interpósitos) con el paleocerebelo y el dentado con el neocerebelo. Esta distribución se relaciona con las áreas longitudinales paralelas de Jansel y Brodal que reconocieron una zona vermiana (arqui) conectada al núcleo fastigial, una zona intermedia (paleo) conectada a los núcleos interpositos y una zona lateral (neo) con conexiones al dentado. El mayor y más importante de ellos es el dentado, el cual se dispone de lateral a medial abrazando el recesso pósterolateral del cuarto ventrículo (foto 15-8). Podemos reconocer 2 caras en el dentado: una dorsal o superior, relacionada medialmente con el pedúnculo cerebeloso superior y más lateralmente con las fibras del pedúnculo cerebeloso medio (foto 15-10). La cara ventral o inferior se relaciona anteriormente con la porción más medial del flóculo, ántero-medialmente con el nidus avis y a través de él con el polo superior de la amígdala y pósteromedialmente con la uvula. Dado que la lesión del núcleo dentado genera trastornos motores, es importante tener en mente que el borde lateral del núcleo se ubica a 20 mm de la línea media, a 23 mm (promedio) del borde posterior del hemisferio y a 26 mm del borde lateral del mismo. También desde el polo inferior de la amígdala a la superficie basal del núcleo dentado hay 20 mm. La cisura horizontal del cerebelo constituye un buen camino hacia el

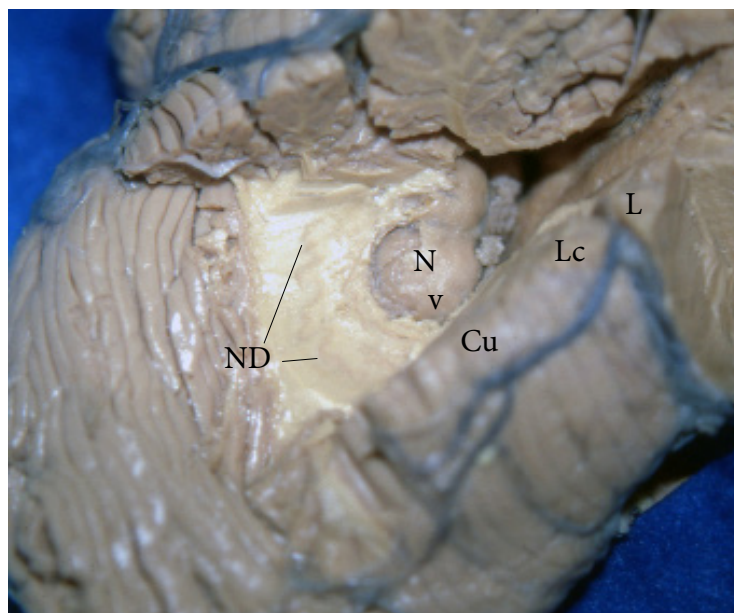
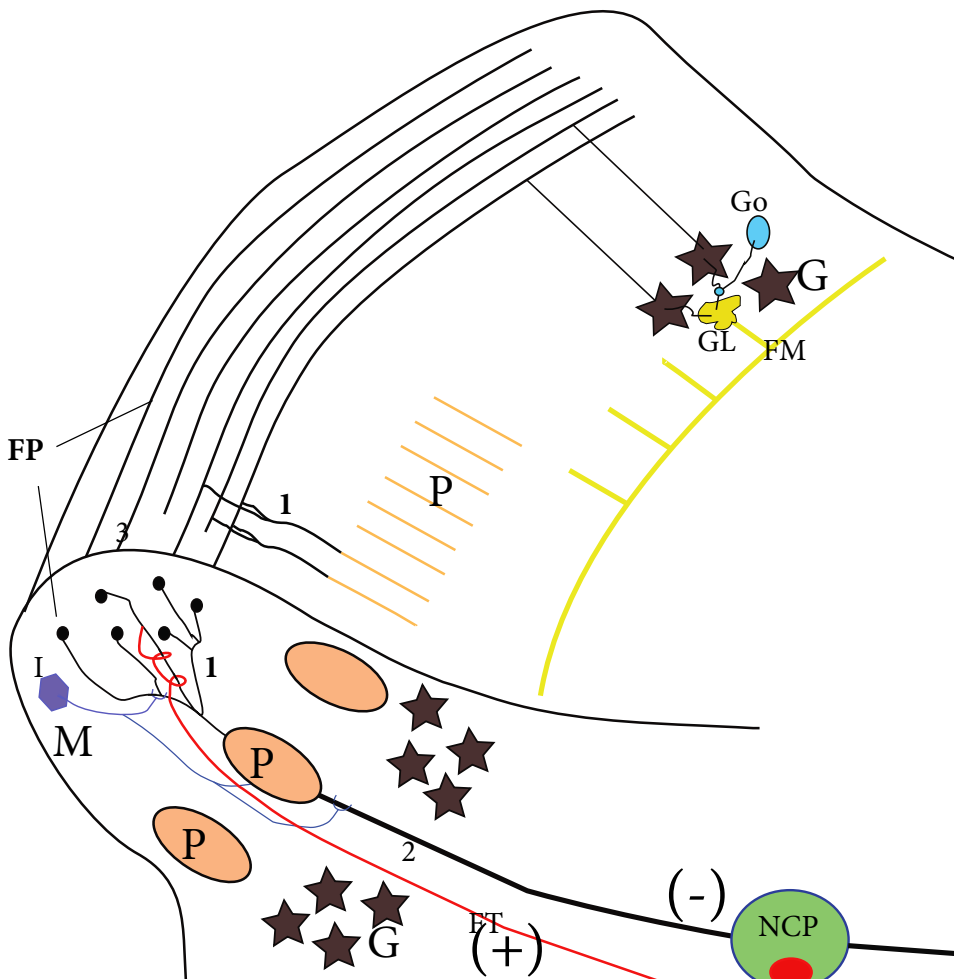


Foto N° 15-8 : Siguiendo la cisura horizontal, se alcanza el núcleo dentado (ND), el cual con su aspecto festoneado típico rodea el recesso posterolateral del cuarto ventrículo. Se advierte el nódulo (N) y el velo medular inferior (v). Por delante del nódulo el plexo coroideo apoyado sobre el piso del cuarto ventrículo. L: língula Lc: Lobulillo central Cu: culmen



Esquema N° 107 : Esquema de la corteza cerebelosa la cual, presenta una capa externa o molecular (M) formada por las fibras paralelas (FP). En esa capa hay interneuronas (I) que inhiben a la célula de Purkinje.

La capa intermedia es la capa de células de Purkinje (P), las cuales se disponen en hilera, con el cuerpo celular perpendicular al eje largo de la folia (3). Su arbol dendrítico es aplanado (1). El axon de la misma (2) es el único elemento de salida de la corteza cerebelosa y su efecto es siempre inhibitorio sobre el núcleo cerebeloso profundo (NCP). la tercera capa es la de células granulosas (G, estrellas negras) cuyo axón forma las fibras paralelas (FP) y sus dendritas van a formar el glomérulo (GL) A este último también arriban interneuronas, como las células de Golgi (Go) y las fibras musgosas (FM) dispuestas a lo largo del eje de las folias. Las fibras trepadoras (FT, en rojo) vienen de la oliva contralateral y como las fibras musgosas tienen efecto excitador de la célula de Purkinje. Las fibras trepadoras se disponen en tándem con los axones de las células de Purkinje.

polo posterior del núcleo dentado. Dicha cisura es fácilmente reconocible en un abordaje suboccipital, por su disposición paralela al seno lateral y por la presencia habitual de venas hemisféricas sobre ella. Disecando en la profundidad de la cisura horizontal hallaremos la masa de sustancia gris a una distancia de 20-23 mm (foto 15-9) . Si proyectamos hacia adelante la cisura, el dentado se encuentra ligeramente por arriba de ese plano de proyección.

PEDUNCULOS CEREBELOSOS

Los pedúnculos cerebelosos (foto 15-10/11) representan las estructuras que permiten la entrada y salida de fibras del cerebelo. El inferior consiste, de una porción aferente o cuerpo restiforme y otra principalmente eferente o cuerpo yuxtarestiforme. El mismo ocupa la cara dorsolateral del bulbo, pasa delante del núcleo dentado y cabalga sobre el pedúnculo cerebeloso superior, para distribuirse en la corteza del vermis. Transporta el haz espino-cerebeloso dorsal y las fibras olivo-cerebelosas (fibras trepadoras).

El pedúnculo cerebeloso medio es el pedúnculo aferente por excelencia y transporta las fibras ponto-cerebelosas. Ingresado, al corazón cerebeloso sus fibras se abren en abanico cubriendo al núcleo dentado y los pedúnculos cerebelosos superior e inferior. Es como un manto que cubre a los otros 2 pedúnculos.

El pedúnculo cerebeloso superior es principalmente eferente surgiendo de la parte más medial del núcleo dentado, tal como si fuera el brazo del puño, representado este por el núcleo dentado.

DIVISION FUNCIONAL

Desde el punto de vista funcional clásicamente se ha dividido al cerebelo en 3 porciones: archicerebelo, paleocerebelo y neocerebelo. Si bien un estudio detallado de las conexiones escapa al espíritu de este libro, es necesario tener una noción básica de la organización del sistema.

El archicerebelo, para algunos autores cerebelo oculomotor o vestibulocerebellum, tiene su representación cortical en el flóculo, nódulo y parte de la uvula. Los conductos semicirculares informan al cerebro de desplazamientos de la cabeza en el espacio (aceleración angular), mientras el utrículo y el sáculo reportan cambios en la posición de la cabeza en relación a la gravedad (aceleración lineal). Existen

así, fibras vestibulo-cerebelosas primarias que directamente, alcanzan el flóculo-nódulo y fibras vestibulo-cerebelosas secundarias que hacen estación en los núcleos vestibulares superior, medial e inferior, abordando luego, úvula-nódulo y también el flóculo (esquema 107). Estas serían las fibras musgosas, mientras que las fibras trepadoras, desde porciones optocinéticas de la oliva bulbar arriban al flóculo. Las fibras eferentes directamente, o a través, del núcleo fastigial alcanzan el núcleo vestibular lateral y la formación reticular. El vestibulocerebellum medial (úvula-nódulo),

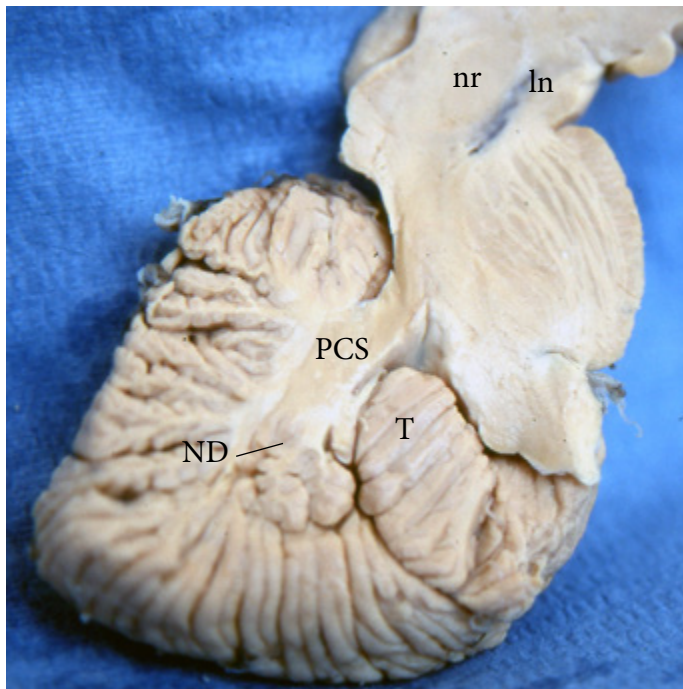


Foto N° 15-9 : El núcleo dentado (ND), a través del pedúnculo cerebeloso superior (PCS), conecta con el núcleo rojo (nr). Ln: locus niger. T: tonsila

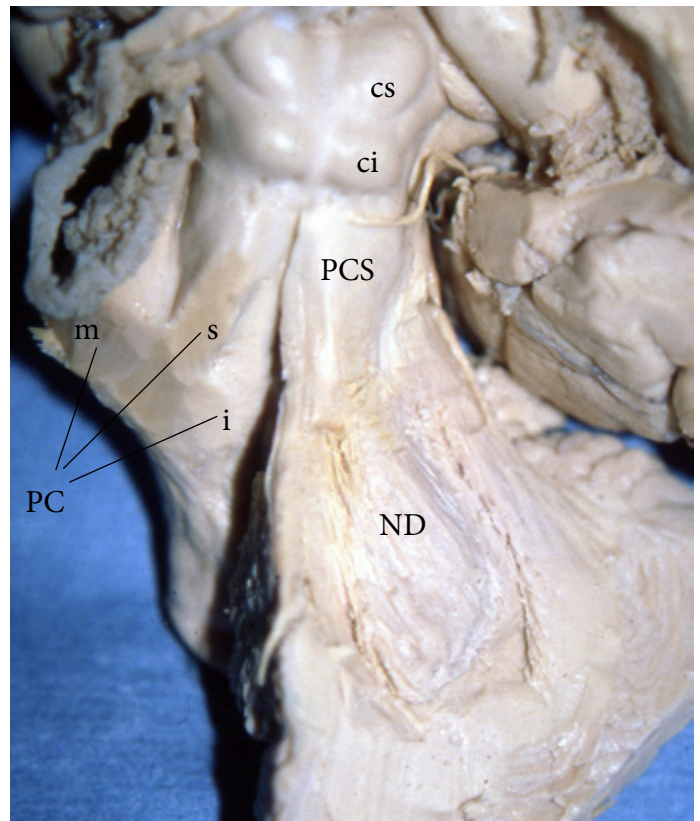
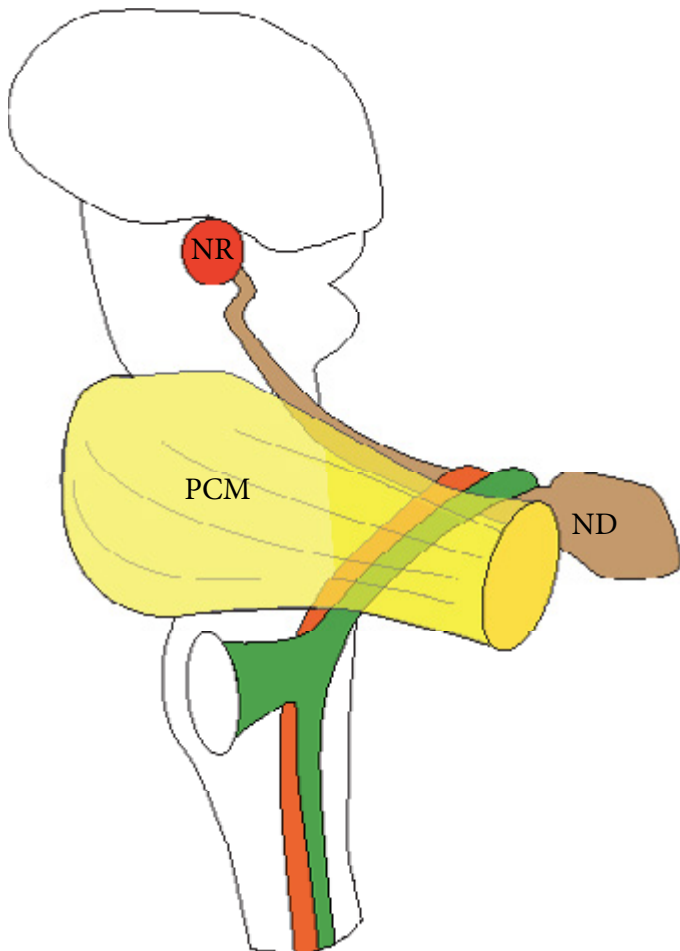


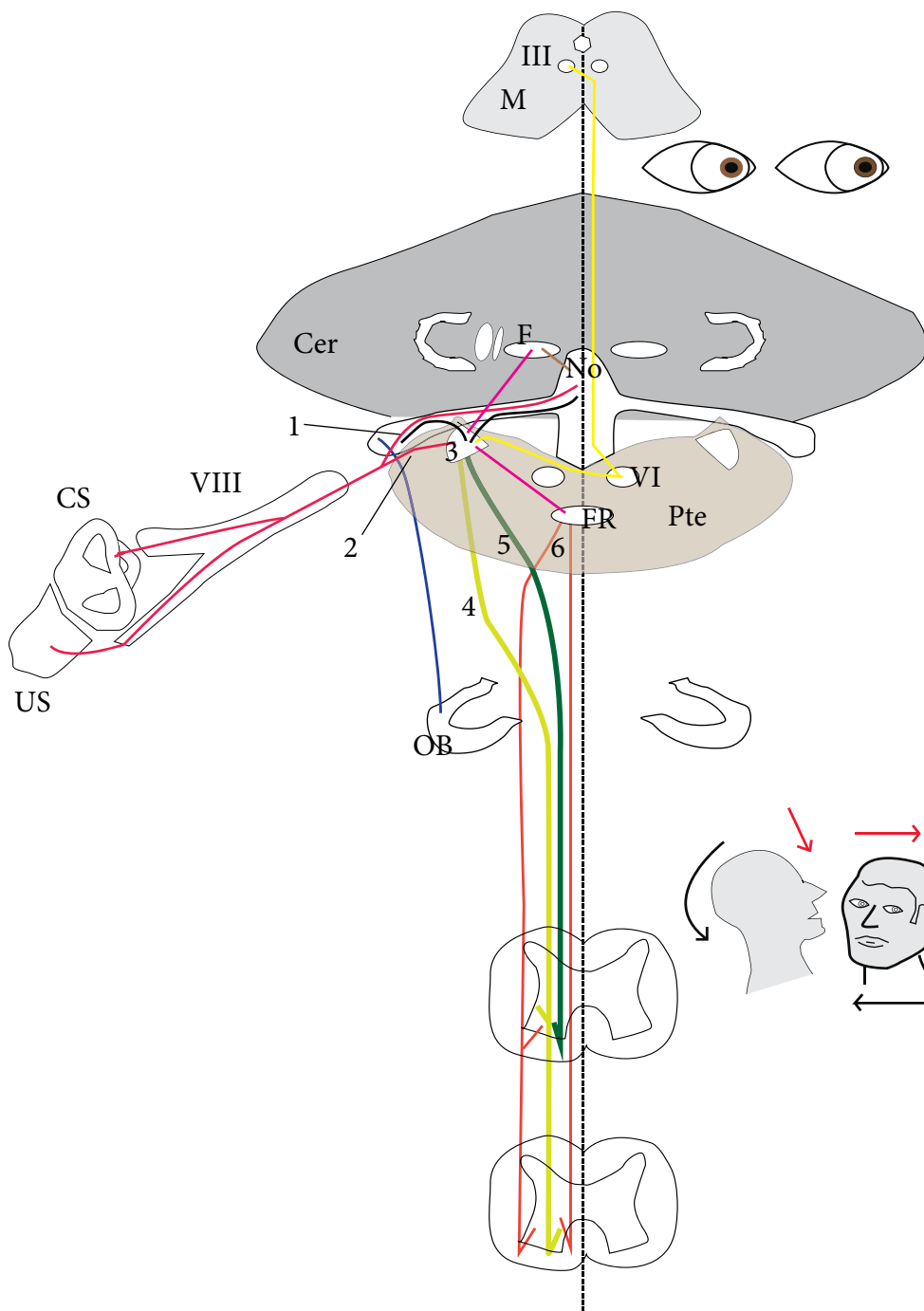
Foto N° 15-10 : La mitad del cerebelo ha sido resecada. Se observa al núcleo dentado (ND), como si fuera el puño del pedúnculo cerebeloso superior (PCS). A la izquierda los pedúnculos han sido seccionados, observándose los pedúnculos (PC), medio (m), superior (s) e inferior (i). Cs: colículo superior. Ci: colículo inferior. El IV par nace debajo del colículo inferior.



Esquema N° 108 : Los pedúnculos cerebelosos. En verde el PCI, que pasa medial al PCM y luego cabalga sobre el PCS. En rojo el haz espino-cerebeloso ventral, que también cabalga sobre el PCS.

controlan la musculatura axial a través de la actividad del núcleo vestibular, mientras que la porción lateral, es decir el flóculo participa en el control de los movimientos oculares de seguimiento y en la coordinación de los ojos con los movimientos cefálicos, para estabilizar la imagen en la retina. En el núcleo vestibular lateral nace el haz vestibulo-espinal lateral, el cual es ipsilateral y excitatorio de la actividad refleja espinal, aumentando el tono de los músculos extensores, mientras que el vestibulo-espinal medial, que sólo llega a los niveles cervicales, actúa favoreciendo la estabilización de la cabeza (ver médula). Desde la formación reticular nacen los haces reticulo-espinales, uno de origen pontino y otro bulbar, que actúan, manteniendo el tono general del cuerpo, mediante ajustes posturales.

También, a través del fascículo longitudinal medial ipsi (inhibitorio) y contralateral (excitatorio) y el haz ascendente de Deiters, conectan con los núcleos oculomotores para la corrección del punto de fijación ocular. Los reflejos vestibulo-oculares estabilizan la imagen en la retina produciendo, movimientos oculares en compensación a movimientos de la cabeza captados por los laberintos. Básicamente los ojos van en dirección opuesta al movimiento cefálico. Los 6 músculos oculares se agrupan de a 2, y esos pares musculares guardan concordancia espacial con cada uno de los 3 conductos



Esquema N° 109 : Circuito arquicerebeloso.

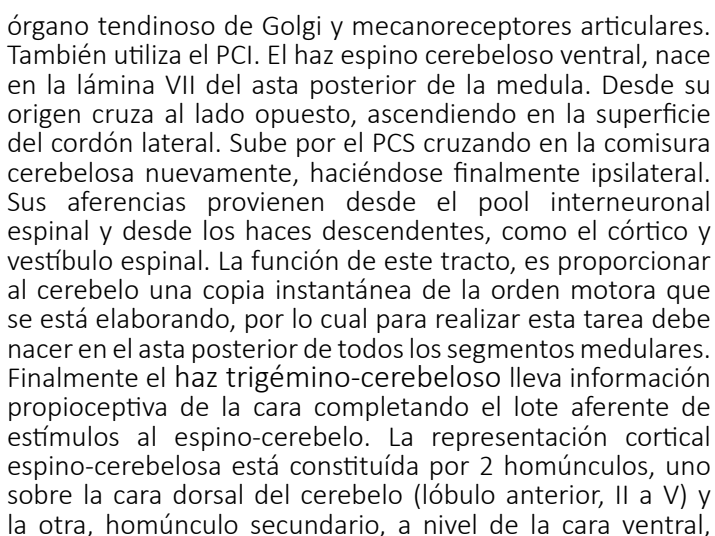
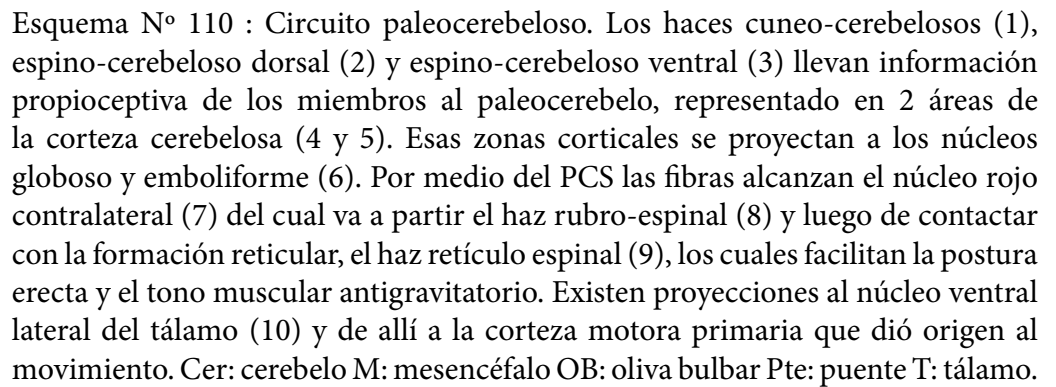
Existen fibras vestibulo cerebelosas directas desde los conductos semicirculares (CS: aceleración angular) y utrículo-sáculo (US: aceleración lineal) al complejo úvula-nódulo (1) y otras que hacen sinapsis en el núcleo vestibular (3) (líneas en rojo) Y de éste a nódulo- úvula y flóculo (líneas negras) El nódulo (No) conecta con el núcleo fastigial o del techo (F), el cual proyecta al núcleo vestibular (3). Finalmente de este salen los haces vestibulo espinal lateral (4 verde claro) que desciende por el cordón anterior de la médula y a cada nivel activa los músculos extensores y el vestibulo-espinal medial (5 verde oscuro) que desciende sólo hasta niveles cervicales, para mantener la estabilidad de la cabeza. Desde la formación reticular (FR) parten (en naranja) los haces retículo espinal lateral (activa extensores) y medial (inhibe flexores). Desde la oliva bulbar (OB), las fibras trepadoras (en azul oscuro) alcanzan el flóculo. Desde el núcleo vestibular (3) parten fibras al VI par contralateral (líneas amarillas) y de allí por el fascículo de Deiters o el fascículo longitudinal medial alcanzan el núcleo del III par, generando así el movimiento compensatorio de los ojos al desplazamiento de la cabeza. Dicho movimiento es en dirección opuesta y de la misma intensidad que el desplazamiento cefálico.

semicirculares (CS)(ej: conducto semicircular horizontal con el par recto medial-recto externo o CS posterior con el par oblicuo mayor IL y recto inferior CL) Así las conexiones necesarias con los núcleos de los pares III, IV y VI se hacen vía FLM o tracto de Deiters. El cerebelo participa en este sistema, inhibiendo desde el flóculo las células de relevo de los conductos semicirculares en el núcleo vestibular. Así el arquicerebelo participa en el control del balance corporal y en los movimientos oculares.

El paleocerebelo (esquema 110) o espinocerebelo comprende el lóbulo anterior + lobulillo simple (declive + lóbulo cuadrilátero posterior) + lobulillo grácil o delgado + porción medial de lobulillo digástrico.

La información propioceptiva del aparato locomotor es traída por 4 haces: el cuneo-cerebeloso, el espino-cerebeloso rostral, el espino-cerebeloso dorsal y el espino-

cerebeloso ventral. El tracto cuneo-cerebeloso, lleva la información por el fascículo cuneatus e ingresa por el PCI transportando información propioceptiva de los miembros superiores y cuello, hasta C7. El espino cerebeloso rostral es el equivalente en los miembros superiores al espino cerebeloso ventral. El haz espino-cerebeloso dorsal, nace en la columna de Clarke entre los niveles T1 a L2 transportando las señales propioceptivas desde miembros inferiores y tronco. Este haz recibe sus aferencias desde los husos neuromusculares, el



Esquema N° 111 : Circuito neocerebeloso. Las fibras musgosas están representadas por el potente contingente córtico- pónico (flecha verde descendente) que hace sinapsis en los núcleos del puente. De allí por el PCM las fibras alcanzan la corteza neocerebelosa (2), la cual proyecta al núcleo dentado (3). Desde éste por medio del PCS y luego de decusarse en la línea media el circuito involucra al núcleo rojo, luego al tálamo ventral lateral y ventral anterior y desde aquí regreso a las zonas corticales de donde partió el impulso. Desde el núcleo dentado (en naranja) se observa el haz rubro-olivario. Desde la oliva bulbar (OB), y por medio del PCI las fibras trepadoras (en amarillo) alcanzar el neocerebelo.

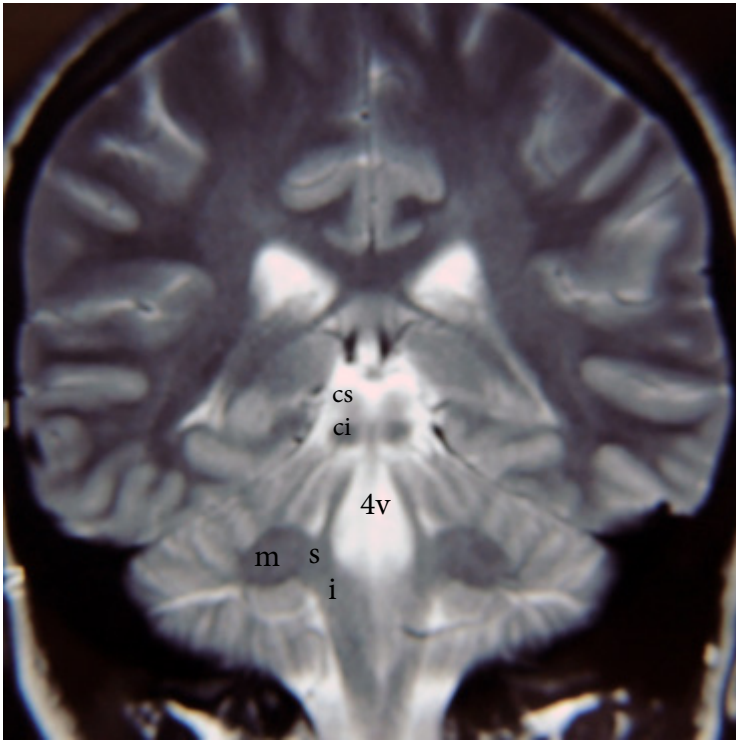


Foto Nº 15-11 : Imagen de resonancia del cuarto ventrículo (4v) y de los pedúnculos cerebeloso, medio (m), superior (s) e inferior (i) Se ven también los colículos superior e inferior (cs y ci)

pegada al vestíbulo-cerebelo (pirámide, lóbulo VIII). El vermis recibe información desde el tronco y porciones proximales de los miembros, mientras que la zona paravermiana asimila información de la porción distal de los miembros. El vermis a través del núcleo fastigial, influencia la actividad de la musculatura axial y proximal, mediante su conexión con los núcleos vestibulares y la formación reticular. La zona paravermiana, por su parte proyecta a los núcleos interposito (globoso y emboliforme). Las fibras desde el núcleo interposito por medio del PCS, previa decusación, alcanzan la porción magno-celular del núcleo rojo, desde donde parte el haz rubroespinal y a su vez también proyecta al núcleo ventrolateral del tálamo, influyendo así mediante su conexión a la corteza, en los movimientos distales de los miembros. Colaterales descendentes alcanzan la formación reticular lateral contribuyendo al haz retículo-espinal lateral. Los haces retículo y rubroespinal facilitan la postura erecta y el tono de los músculos antigravitatorios.

La función del espino-cerebelo sería la de comparar la intención motora (para eso llega la copia colateral a través del haz espino-cerebeloso ventral) con el feedback somatosensorial que se va produciendo instantáneamente. O sea el plan del movimiento que se va a efectuar alcanza el cerebelo por una vía de alta velocidad, 140 mts por segundo, casi al mismo tiempo o poco antes de que se vaya a efectivizar el mismo, con lo cual el cerebelo que recibe la información propioceptiva del movimiento muscular y de la posición de los miembros, puede efectuar las correcciones para que resulte un movimiento suave y preciso. Así mediante un juego alternante de estimular músculos agonistas y antagonistas logra la precisión en el movimiento. Al comienzo del mismo estimula los agonistas, inhibiendo los antagonistas. Mientras que hacia el final del movimiento se

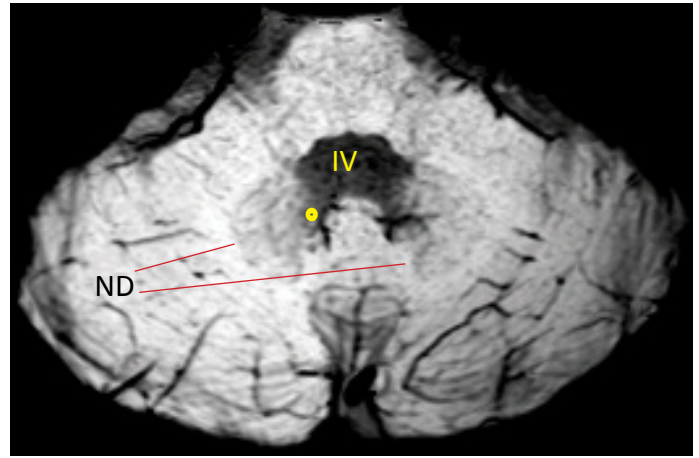
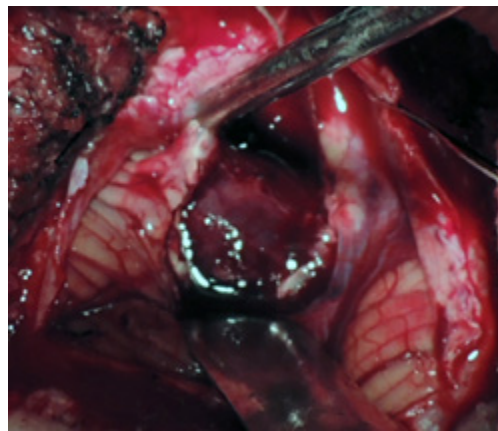
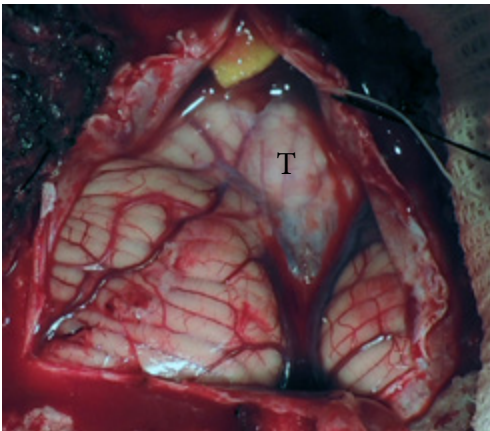


Foto Nº 15-12: Corte axial de resonancia que permite ver el núcleo dentado (ND) rodeando el receso pósterolateral (círculo amarillo) del cuarto ventrículo (IV).

da la inversa, o sea estimula antagonistas e inhibe agonistas, con lo cual logra una finalización suave y precisa del acto motor. Obviamente el tono muscular resulta influenciado y por la misma razón tiene a su cargo, la adaptación postural rápida a circunstancias cambiantes.

El neocerebelo o cerebro-cerebelo (esquema 111) recibe aferencias de toda la corteza a través del voluminoso tracto córtico-ponto cerebeloso que proyecta contralateralmente a la corteza neocerebelosa. De allí al núcleo dentado y por medio del PCS, previa decusación, a la porción parvicelular del núcleo rojo. Desde aquí nace el tracto rubroolivar, que alcanza la oliva bulbar, desde la cual se proyectan fibras trepadoras a todo el cerebelo (Importante en el aprendizaje motor). Por otro lado, la vía continúa hacia los núcleos ventral anterior y ventral lateral del tálamo. El ventral anterior proyecta a la corteza premotora y el ventral lateral a la corteza motora primaria (CMP). El neocerebelo está involucrado en el planeamiento y ejecución de los movimientos. Básicamente planea la secuencia de movimientos que sigue al que se está efectuando, permitiendo así una progresión coordinada del acto motor. Esto último constituye la base del aprendizaje, dado que por ej. el aprender a andar en bicicleta, representa una serie de actos motores encadenados, para un resultado final, que deben ser aprendidos y automatizados y en eso el cerebelo tiene un papel fundamental. Los patrones motores son almacenados en la red neural cerebelosa y luego son ejecutados en forma automática. Dado que toda la corteza asociativa, y no solo la motora envían proyecciones al neocerebelo cada vez hay mayor evidencia de la importancia del cerebelo en funciones cognitivas y emocionales. Así Schmahmann habla de una dismetría del pensamiento en el caso de disfunción cerebelosa, enfatizando el rol fundamental del mismo en el procesamiento sensorial cognitivo y afectivo. El síndrome afectivo-cognitivo de Schmahann en pacientes con lesiones cerebelosas se caracteriza por déficits en la función ejecutiva, procesamiento lingüístico, reconocimiento espacial y regulación de los afectos. El síndrome cerebeloso motor, caracterizado por ataxia y dismetría, estaría vinculado a lesiones del lóbulo anterior (con sus homúnculos sensorio-motores primario y secundario en el lóbulo anterior espino-cerebeloso, lóbulos I a V), mientras que lesiones del lóbulo posterior (lóbulos VI a IX) generarían principalmente síntomas vinculados al síndrome afectivo-cognitivo cerebelar. De acuerdo a esto una lesión



Fotos N° 15-12/13 : A izquierda se advierte una tonsila o amígdala cerebelosa (T) marcadamente agrandada y que excede la línea media. A derecha se expone el tumor para resecarlo.

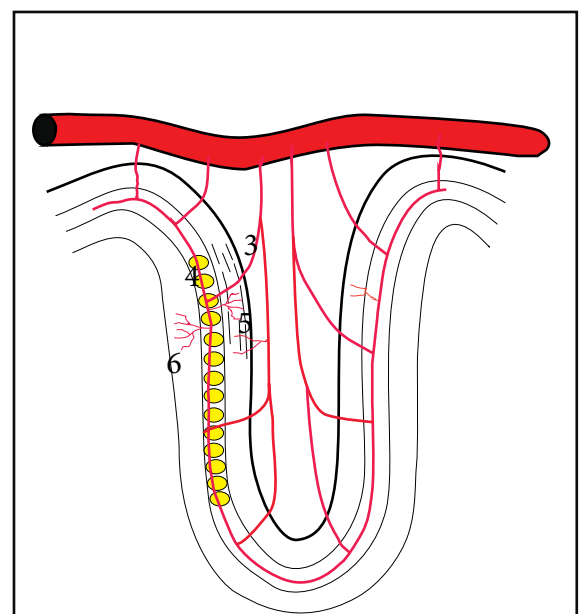
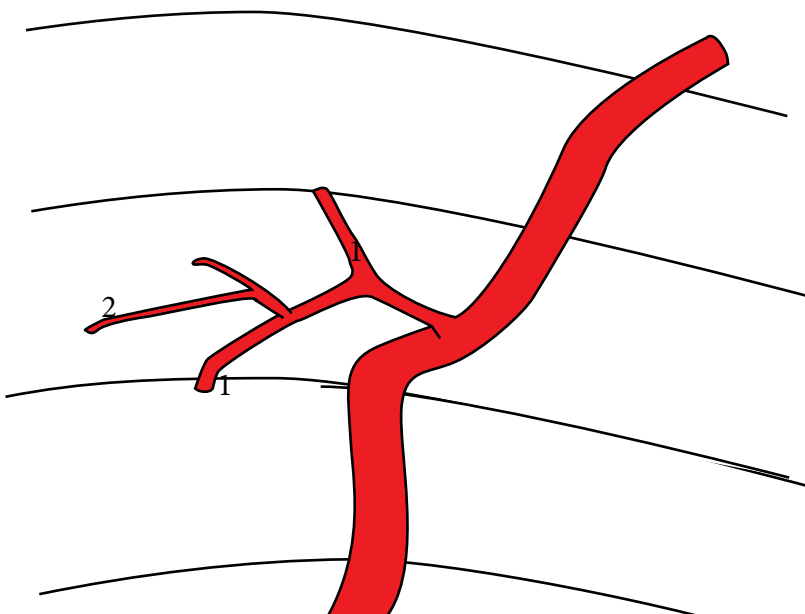
isquémica en el territorio de la PICA se asociará a un síndrome afectivo-cognitivo, mientras que una isquemia en territorio de la cerebelosa superior producirá un síndrome motor cerebelar.

Las funciones cognitivas del cerebelo estarían distribuidas en los hemisferios cerebelares, con las tareas sensori-motoras en posición intermedia y el aprendizaje asociado a tareas emocionales en posición medial.

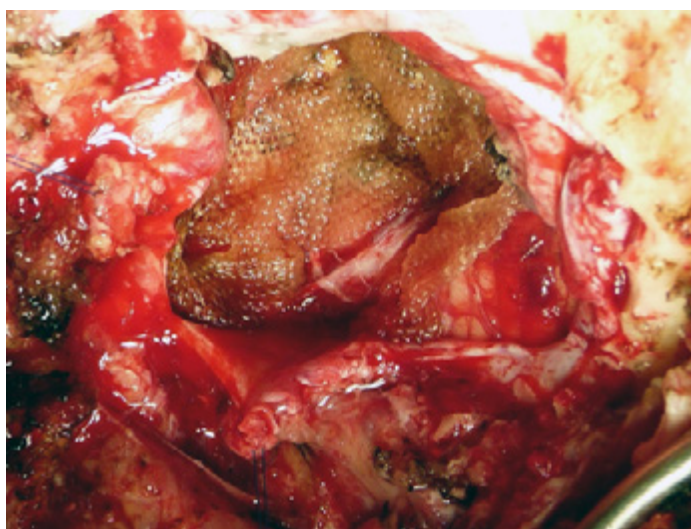
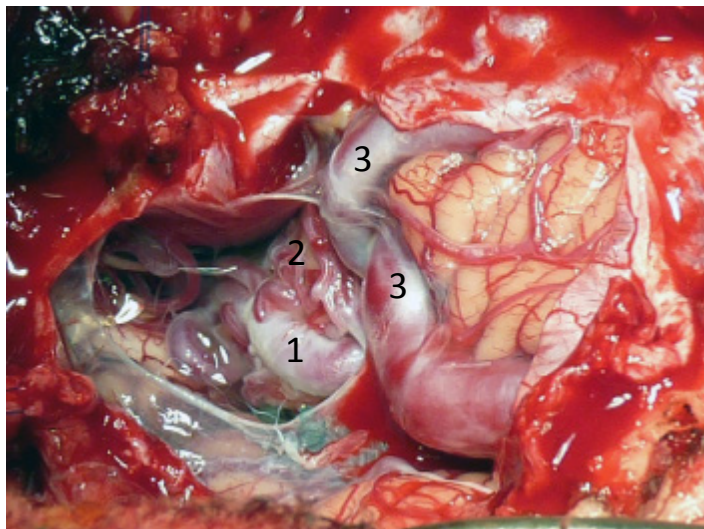
Los modelos internos son como plantillas o registros de memorias motoras almacenados en la corteza cerebelosa. Estas plantillas actúan como módulos motores eferentes que a través del tálamo, influyen en sentido ascendente la corteza motora primaria, origen de las ordenes motoras y también por medio de proyecciones descendentes, los haces rubroespinal y reticuloespinal, influenciando de esa forma el efector motor final, esto es la motoneurona espinal.

La oliva inferior o bulbar actúa en paralelo, comparando las señales sensoriales aferentes (fibras espino-olivares) con las ordenes motoras (aferencias desde el núcleo rojo). De esa manera es la oliva a través de las fibras trepadoras que envía a la célula de Purkinje las señales de error, que aparecen cuando hay discrepancias entre el movimiento deseado y el que realmente está ocurriendo. Por otro lado, las fibras musgosas contactan con las células granulosas, las cuales emiten las fibras paralelas que sinapsan con las dendritas de las células de Purkinje. Este tipo de sinapsis es débil requiriendo la sumación de estímulos para una respuesta, la cual genera un potencial de espiga sencilla.

Esta despolarización de la célula de Purkinje inhibe a las células de los núcleos cerebelosos profundos, las cuales no descargarán información correctora. La fibra trepadora por el contrario se enrolla alrededor de las dendritas de la célula de Purkinje, haciendo contacto multisináptico, lo que produce un potencial de acción complejo y prolongado. Este último potencial inhibe la sinapsis fibra paralela- Purkinje generando la llamada depresión a largo plazo. Al producirse ésta el circuito cortical se anula y los núcleos cerebelosos profundos, se ven liberados de la influencia inhibitoria de la célula de Purkinje, generando señales eferentes que corrigen el error (aprendizaje). Así, la activación simultánea de la célula de Purkinje por parte de las fibras paralelas como de la fibra trepadora genera un fenómeno conocido como depresión a largo plazo en las sinapsis de las fibras paralelas. Esto ha sido estudiado en el reflejo vestibulo-ocular. Este reflejo tiene la función de estabilizar la visión,



Esquema N° 112: a izquierda, las arterias cerebelosas principales cruzan las folias y suministran ramos grandes (1) que penetran en los surcos interfoliares y ramos pequeños (2) que penetran directamente la superficie foliar. A derecha el ramo interfoliar, va dando ramos que forman una especie de arcada vascular a nivel de la capa de células de Purkinje (en amarillo). Vasos recurrentes (5) irrigan la capa molecular y vasos profundos provenientes de la misma arcada vascular irrigan la capa granulosa (6).



Fotos N° 15/14-15: mav cerebelosa, alimentada por la PICA (1), se ve parte del nido (2) y las venas de drenaje (3). A la derecha la mav ha sido resecada.

en el centro del campo visual durante los movimientos de la cabeza. Esto hace que los ojos se desplacen en dirección opuesta al movimiento de la cabeza. Así en la adaptación a largo plazo del reflejo vestibulo-ocular, las fibras trepadoras actúan como detectores de error, siendo activadas al no fijarse la imagen en la fóvea retinal con el movimiento. Este movimiento generará una descarga simultánea de las fibras musgosas y trepadoras sobre las mismas células de Purkinje. El error (la no fijación de la imagen en el centro del campo visual) producirá la inhibición sináptica (depresión a largo plazo) de las uniones fibras paralelas-células de Purkinje, desactivando éstas y por ende activando las neuronas vestibulo-motoras de los núcleos vestibulares (desaparece la inhibición desde las células de Purkinje) que generaran las correcciones necesarias.

IRRIGACION DEL CEREBELO

Para una descripción detallada de la irrigación cerebelosa, ver circuito posterior. Cada una de las caras del cerebelo es irrigada preferentemente por una de las arterias cerebelosas. Así la arteria cerebelosa superior nutre la cara superior o tentorial. Junto con la cisura cerebelo-mesencefálica y los pares craneales IV y V forman el complejo neurovascular superior. La língula se agrega como elemento neural especial. La arteria cerebelosa ántero-inferior (AICA) irriga la cara petrosa y sumado a la cisura ponto-cerebelosa y los pares VII y VIII con el flóculo como elemento distintivo neural constituyen el complejo neurovascular medio. Finalmente la cerebelosa pósterio-inferior (PICA) se vierte sobre la cara suboccipital formando el complejo neurovascular inferior sumado a la cisura cerebelo-medular o cerebelo-bulbar, los pares craneales IX, X, XI y XII y la amígdala como elemento neural especial.

Existe un equilibrio recíproco entre las arterias principales. Así a mayor tamaño y extensión de una rama, menor es el territorio de la arteria adyacente. Esto es muy visible entre la AICA y la PICA a tal punto que en ocasiones la AICA toma gran parte del territorio de la PICA denominándose AICA-PICA. En relación a la arquitectura vascular íntima (esquema 112) de la corteza, digamos que la arteria que recorre la superficie pial suministra 2 tipos de ramas: una rama más grande que penetra el surco interlobulillar y otra de menor calibre que

penetra la superficie cortical de la folia. Una vez dentro de la corteza cerebelosa, la arteria alcanza la capa de células de Purkinje dando ramos a cada lado, los denominados vasos paralelos, que forman una especie de arcada vascular en dicha capa paralelo al eje largo de la folia. La capa molecular, más superficial es alimentada por vasos recurrentes desde los vasos paralelos, mientras que la capa profunda mediante la emisión de vasos profundos desde el mismo origen.

LECTURAS RECOMENDADAS SOBRE

CEREBELO

Akakin A, Peris-Celda M, Kilic T, Seker A, Gutierrez-Martin A, Rhoton AJr: The dentate nucleus and its projection system in the human cerebellum: the dentate nucleus microsurgical anatomical study. *Neurosurgery*. 2014 Apr;74(4):401-24; discussion 424-5.

Buckner RL: The cerebellum and cognitive function: 25 years of insight from anatomy and neuroimaging. *Neuron*. 2013 Oct 30;80(3):807-15.

Haldipur P, Dang D, Millen KJ: Embryology. *Handb Clin Neurol*. 2018;154:29-44.

Hoche F, Guell X, Vangel MG, Sherman JC, Schmähmann JD: The cerebellar cognitive affective/Schmahmann syndrome scale. *Brain*. 2018 Jan 1;141(1):248-270.

Küper M, Thürling M, Maderwald S, Ladd ME, Timmann D: Structural and functional magnetic resonance imaging of the human cerebellar nuclei. *Cerebellum*. 2012 Jun;11(2):314-24.

Naidich T, Duvernoy HM, Delman BN, Sorensen AG, Kollias SS, Haacke EM: Duvernoy's Atlas of the Human Brain Stem and Cerebellum. Springer Verlag, 2009.

Nieuwenhuys, Voogd, Van Huijzen: El sistema nervioso central humano. Panamericana, 2008

Ramos A, Chaddad-Neto F, Dória-Netto HL, Campos-Filho JM, Oliveira E: Cerebellar anatomy as applied to cerebellar microsurgical resections. *Arq Neuropsiquiatr*. 2012 Jun;70(6):441-6.

Perrini P, Tiezzi G, Castagna M, Vannozzi R: Three-dimensional microsurgical anatomy of cerebellar peduncles. *Neurosurg Rev*. 2013 Apr;36(2):215-24; discussion 224-25.

Press GA, Murakami JW, Courchesne E, Grafe M, Hesselink JR: The cerebellum: 3. Anatomic-MR correlation in the coronal plane. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1990 Jan-Feb;11(1):41-50.

Puelles Lopez, Martinez Perez, Martinez de la Torre: *Neuroanatomía*. Panamericana. 2008.

[Rodríguez-Mena R, Piquer-Belloch J, Llácer-Ortega JL, Riesgo-Suárez P, Rovira-Lillo V](#): 3D anatomy of cerebellar peduncles based on fibre microdissection and a demonstration with tractography]. *Neurocirugía (Astur)*. 2017 May - Jun;28(3):111-123.

Schmahmann JD, Sherman JC. The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain: a journal of neurology*. 1998;121(Pt 4):561–579.

Strick PL, et al. Cerebellum and nonmotor function. *Annu Rev Neurosci*. 2009;32:413–434

[Takakusaki K](#): Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *J Mov Disord*. 2017 Jan;10(1):1-17.

[Voogd J](#): Deiters' Nucleus. Its Role in Cerebellar Ideogenesis : The Ferdinando Rossi Memorial Lecture. *Cerebellum*. 2016 Feb;15(1):54-66.

[Voogd J](#): Cerebellar Zones: A Personal History. *Cerebellum*. 2011 Sep; 10(3): 334–350.