

CAPITULO 19: TALAMO Y GANGLIOS BASALES

El diencefalo está constituido por 4 zonas:

-Epitálamo: comprende **complejo habenular**, **glándula pineal** y **tenia thalami** o **estria medular**.

-Hipotálamo

-Tálamo ventral o subtálamo. Sus componentes son la **zona incerta**, el **núcleo reticular** y el **núcleo subtalámico**.

-Tálamo dorsal: a este último, nos vamos a referir a continuación.

TALAMO DORSAL

El tálamo es un complejo nuclear de forma ovoidea, ubicado en el diencefalo, que mide 30 mms en sentido ánteroposterior, 20 mms de altura y 20 mms de ancho. Por su cara superior se relaciona, lateralmente con la cabeza del **núcleo caudado** y el cuerpo del mismo (el **surco optoestriado** los separa conteniendo a la **vena estrío-talámica** y a la **stria semicircularis o terminalis**). Súperomedialmente se ubica la cavidad del **asta frontal** y el **cuerpo del ventrículo lateral** por detrás. Por su cara lateral se vincula con la **cápsula interna**. Por su cara inferior apoya en el subtálamo e hipotálamo. La cara medial guarda relación con la cavidad del **tercer ventrículo**. Allí el llamado **surco hipotalámico** separa al tálamo por arriba y al hipotálamo por debajo de dicho surco. El extremo anterior del tálamo, delimita con los **pilares del fórnix**, el **agujero de Monro**, mientras que el extremo posterior del mismo está representado por el **pulvinar**, el cual se expresa en el **atrio ventricular**.

El tálamo presenta lateralmente una vaina de fibras blancas, que lo separa del núcleo reticular, llamada **lámina medular externa**, la cual transporta conexiones tálamo-corticales y córtico-talámicas.

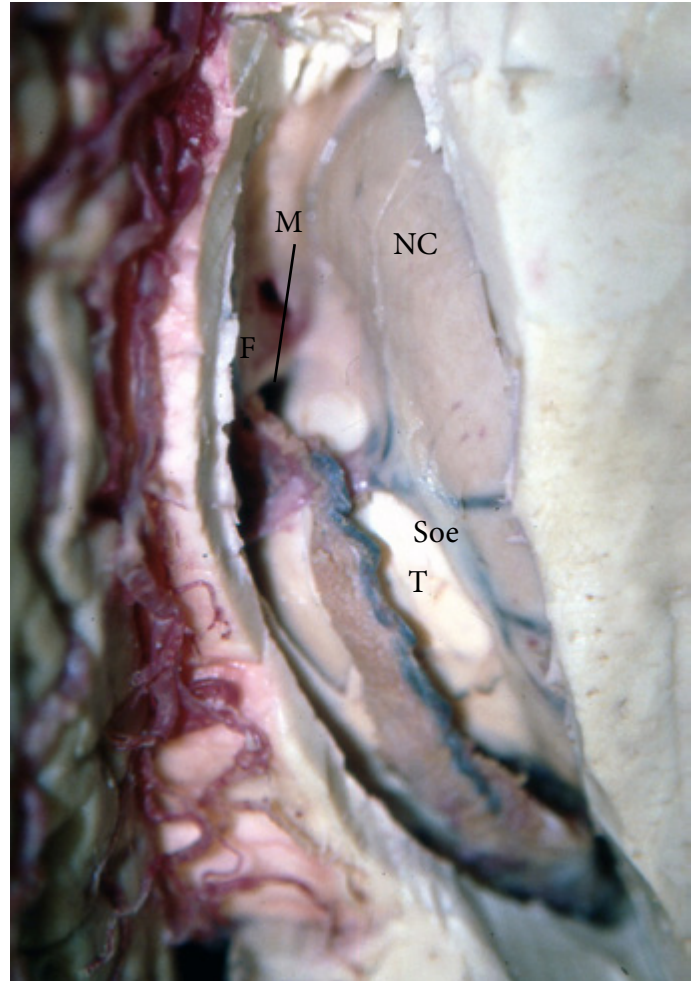


Foto N° 19-1 : Sobresale el tálamo (T) de color blanquecino, en contraste con el color grisáceo del núcleo caudado (NC). El surco optoestriado (Soe) se ubica entre ambas estructuras. Entre el polo anterior del tálamo y el fornix (F) se ubica el foramen de Monro (M)

A su vez, ya en el espesor de la masa talámica otro tabique, denominado **lámina medular interna (LMI)**, divide al núcleo en una porción medial y otra ventrolateral (esquema 122). Dicho tabique se bifurca hacia delante, configurando una especie de Y, entre cuyas ramas queda encerrado el **núcleo anterior del tálamo**. El mencionado tabique, aloja

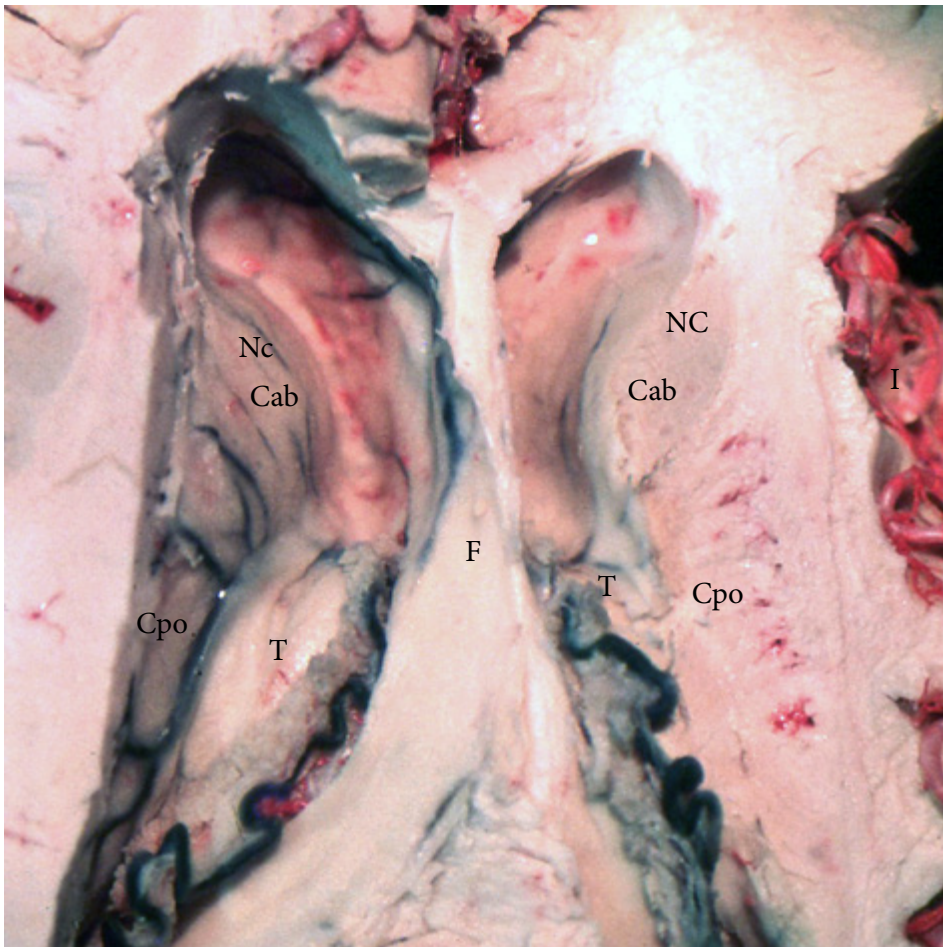


Foto N° 19-2 : corte axial que pasa a la altura de los ventrículos laterales. El corte pasa a diferente altura en ambos ventrículos. A derecha el corte pasa por la cabeza del núcleo caudado (Cab) y más atrás el cuerpo del mismo (Cpo) F: fórnix T: tálamo I: ínsula

los denominados **núcleos intralaminares**. A su vez, desde la cara lateral de la LMI, sale una prolongación horizontal que divide a la porción lateral del tálamo en 2 complejos nucleares: el complejo o grupo lateral y por debajo el complejo o grupo ventral. El grupo lateral consta de los **núcleos lateral dorsal, lateral posterior** y pulvinar, mientras que el grupo ventral está conformado por los **núcleos ventral anterior, ventral lateral**, ventral posterior dividido en una porción lateral y otra medial y el **núcleo ventral postero-inferior** o **suprageniculado**. Entre la LMI y el tercer ventrículo se ubica el voluminoso **núcleo dorsomedio** y los llamados **núcleos periventriculares**. Por último por debajo, y en el extremo posterior del pulvinar, se ubican 2 núcleos muy específicos, como los **cuerpos geniculados medial y lateral**.

Toda la sensibilidad corporal, tanto somatosensitiva como visceral proyecta al tálamo contralateral, y de allí a la corteza

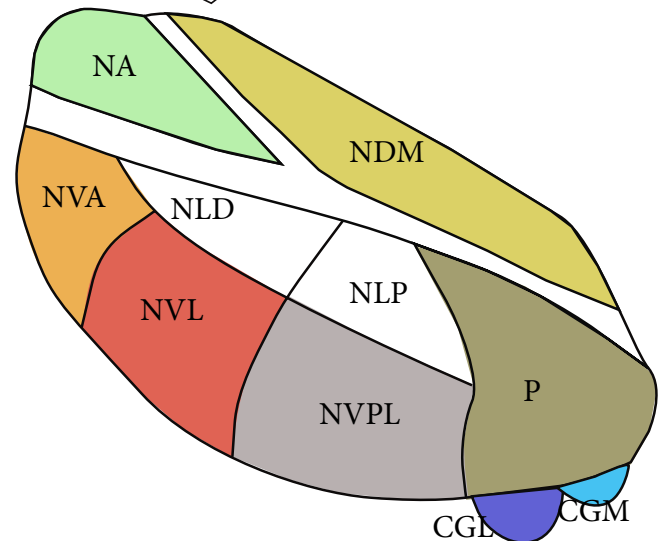
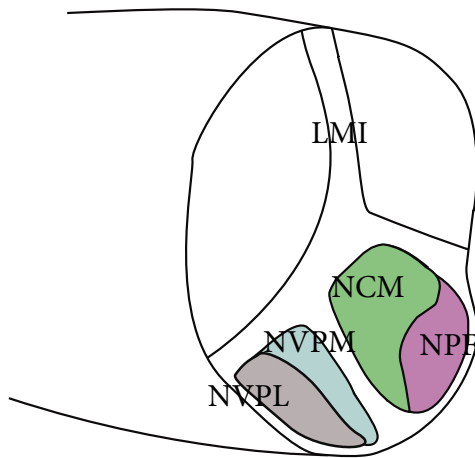
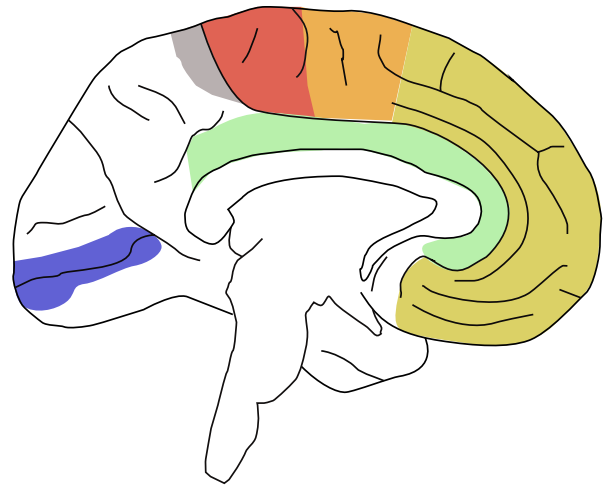
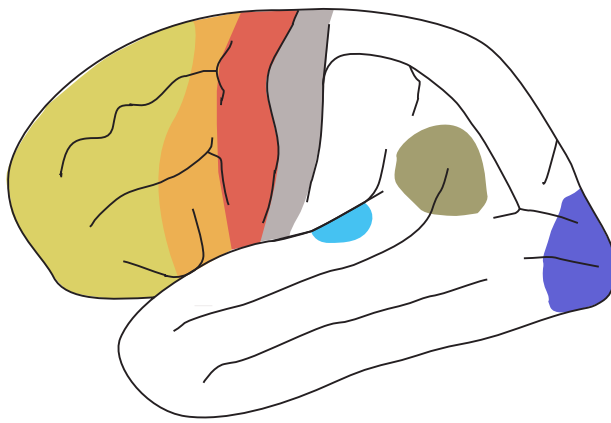
con la única excepción de la sensibilidad olfatoria. Los núcleos que reciben esta información sensorial y la transmiten a la corteza son llamados núcleos talámicos específicos. El resto de los núcleos con funciones modulatorias sobre la corteza, son conocidos como no específicos. Así una forma general de dividir a los núcleos talámicos es:

1- Núcleos de relevo talámicos de primer orden, sensorimotore: Su aferente conductor proviene de la periferia sensorial o bien desde estructuras motoras (cerebelo, etc) Sus influencias modulatorias vienen desde las vías ascendentes y la capa VI de la corteza. Dentro de este grupo contamos a ambos cuerpos geniculados, núcleos ventral posteromedial y posterolateral como sensoriales y núcleos ventral anterior y medial con expresión motora.

2- Núcleos talámicos asociativos, de orden superior: cuyo aferente conductor proviene, desde la capa V de células piramidales corticales (glutamérgico excitatorio). Sus afluentes modulatorios vienen de la capa VI, del **núcleo reticular talámico** y otras estructuras del **prosencefalo basal** y tronco. Estos núcleos funcionan como relevos córtico-tálamo-corticales, jugando su rol en las funciones mentales superiores. Dentro de ellos tenemos al dorsomedio, al núcleo anterior y el complejo lateral, con el látero-dorsal, lateral posterior y pulvinar

3- Un tercer grupo, no específico formado por los núcleos de línea media y los intralaminares: los cuales, constituyen un grupo separado, importante en los mecanismos del despertar y la conciencia

4- Un cuarto grupo representaría el núcleo reticular del tálamo (NRT): que es considerado



Esquema N° 122: Núcleos del tálamo, con las correspondientes áreas corticales con las cuales se conectan (mismo color: área cortical y núcleo) CGL: cuerpo geniculado lateral. CGM: cuerpo geniculado media. LMI: lámina medular interna. NA: núcleo anterior. NCM: núcleo centro-medio. NDM: núcleo dorso-medio. NLD: núcleo lateral dorsal. NLP: núcleo lateral posterior. NPF: núcleo parafascicular. NVA: núcleo ventral anterior. NVL: núcleo ventral lateral. NVPL: núcleo ventral pósterio-lateral. NVPM: núcleo ventral pósterio-medial. P: pulvinar.

dentro del tálamo ventral, junto con la zona incerta.

Recientemente, Vertes ha agrupado los 2 últimos ítem en uno, llamándolos núcleos puente, de manera que ha propuesto clasificar a los núcleos talámicos en 3 grupos:

- Núcleos talámicos sensorio-motores (núcleos de relevo talámico), núcleos límbicos o asociativos y núcleos puente (los inespecíficos).

Dentro del tálamo se observan 2 sistemas de proyección: el core y matrix. El primero, que recibe aferencias de primer orden proyecta a la capa IV de áreas corticales específicas, mientras que el área matrix, que recibe aferencias de orden superior, proyecta difusamente a la capa I cortical, donde

influyen interneuronas inhibitorias y células piramidales. Dado su carácter difuso, al recibir proyecciones de ida y vuelta con otras áreas corticales, la capa I modularía la conectividad funcional cortical.

La masa principal del tálamo o tálamo dorsal, se divide en 2 regiones: Región allotalámica y región isotalámica

La región allotalámica comprende: 1- **Núcleos de línea media: paraventricular (PV), paratenial (PT), reuniens (RE) y romboide (RO).**

2- **Núcleos intralaminares,** con el complejo **centro-medio/parafascicular**, como su componente principal.

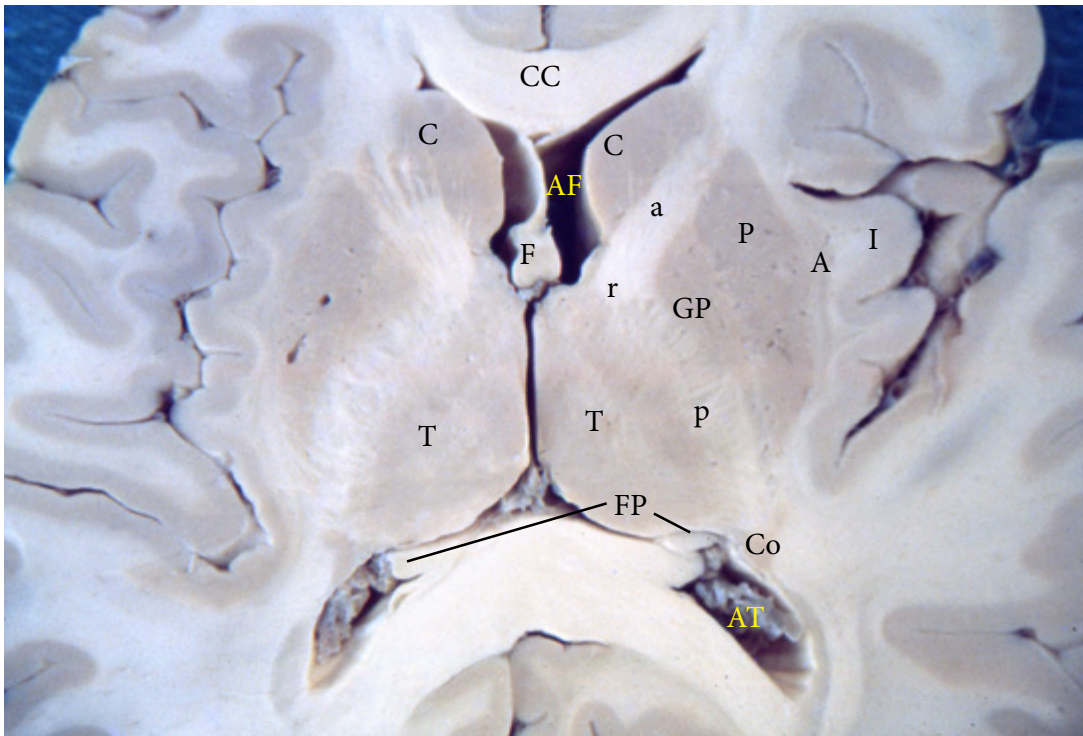


Foto N° 19-3 : Corte clásico a través de los ganglios basales y el tálamo. El corte pasa por el asta frontal (AF) del ventrículo lateral. C: cabeza del caudado; P: putamen GP: globus pallidus; T: tálamo; La cápsula interna muestra su brazo anterior (a), rodilla (r) y brazo posterior (p). AT: atrio ventricular CC: cuerpo calloso; Co: cola del núcleo caudado.; F: fórnix; FP: pilar posterior del fórnix; I: ínsula.

Vamos a considerar los núcleos individualmente, haciendo una sucinta descripción de sus conexiones.

REGION ALLOTALAMICA

NUCLEOS DE LINEA MEDIA

El **núcleo reuniens** es el mayor de estos núcleos, situándose medialmente en la porción ventral del tálamo, inmediatamente por encima del III ventrículo. Es un núcleo esencial en el sistema límbico, conectando la **corteza prefrontal medial** con la región CA1 del **hipocampo**. Este circuito es primordial en la navegación espacial dirigida a una meta, la memoria de trabajo espacial, la organización temporal de la memoria y las funciones ejecutivas. Este núcleo guarda una estrecha relación con la comisura gris o **adhesio intertalámica**. *Ya se mencionó en anatomía del tercer ventrículo, que la ausencia de dicha comisura ha sido asociada a esquizofrenia y otros trastornos psiquiátricos. Al lado de esta función preferentemente cognitiva de los núcleos RE y RO, los núcleos PV y PT conectan sobre todo con estructuras límbicas subcorticales como la amígdala*

o el núcleo accumbens, participando así mayormente en tareas afectivas como el manejo de stress y ansiedad o conducta alimentaria.

NUCLEOS INTRALAMINARES

Los núcleos intralaminares se dividen en un grupo anterior y otro posterior. El grupo anterior consta de los **núcleos central medial, paracentral y central lateral**.

El grupo posterior corresponde al complejo nuclear centro-medio parafascicular, conocido también como tálamo

central. Este importante grupo participa en las vías neurales reponsables del despertar cortical, recibiendo proyecciones desde los sistemas moduladores del tronco (colinérgicos, serotoninérgicos, noradrenérgicos, etc) actuando como osciladores endógenos, lo que permite a nivel cortical el procesamiento de la información, influyendo así en las funciones mentales superiores. También el **núcleo centromedio**, participa en el componente motivacional y afectivo del dolor, recibiendo impulsos directos de la vía espino-talámica y de la formación reticular, conectándose a su vez, con la corteza límbica. Por ende ha sido blanco de tratamiento, para el dolor central, como en el síndrome de Dejerine Roussy.

También hay una fuerte conexión de estos núcleos con todas las porciones de los ganglios basales, participando en diferentes circuitos entre aquellos, el tálamo y la corteza, describiéndose que el núcleo centromedio se vincularía con la porción sensorimotora de los ganglios basales, mientras que el **núcleo parafascicular** lo haría con el sector

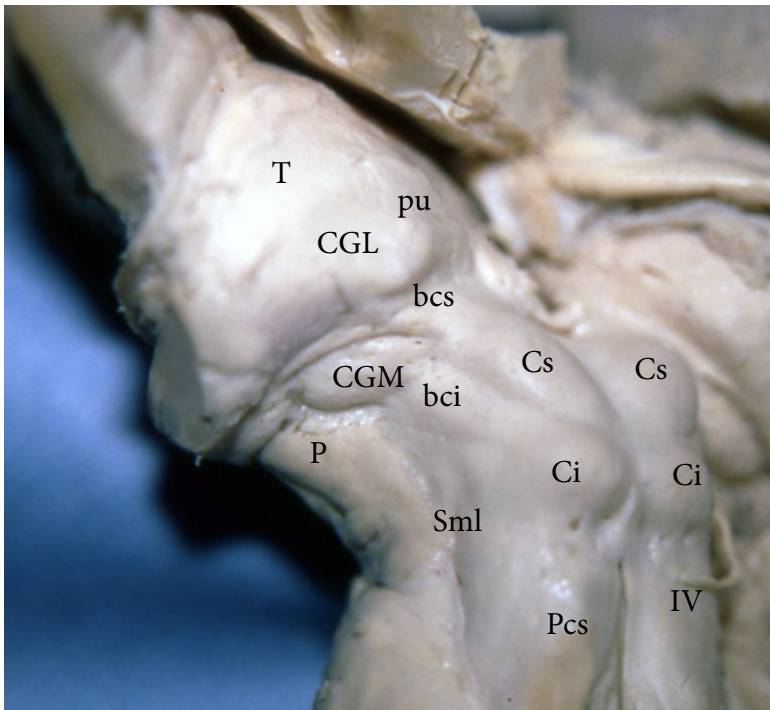


Foto N° 19-4 : Cara pósterio-lateral del tronco donde se observa el cuerpo geniculado lateral (CGL), unido mediante el brazo conjuntival superior (bcs) al colículo superior (Cs) y el cuerpo geniculado medial (CGM), al colículo inferior (Ci) a través del brazo conjuntival inferior (bci). Se visualizan también el pedúnculo cerebral (P), el surco mesencefálico lateral (sml) y el pedúnculo cerebeloso superior (Pcs). Debajo del CI nace el IV par. Hacia arriba se hace evidente la masa del tálamo (T) con el pulvinar (pu).

asociativo-límbico.

También se ha descubierto que el núcleo centromedio, participaría en la generalización de episodios convulsivos, por lo cual, ha sido también blanco de estimulación cerebral.

REGION ISOTALAMICA

NUCLEO ANTERIOR

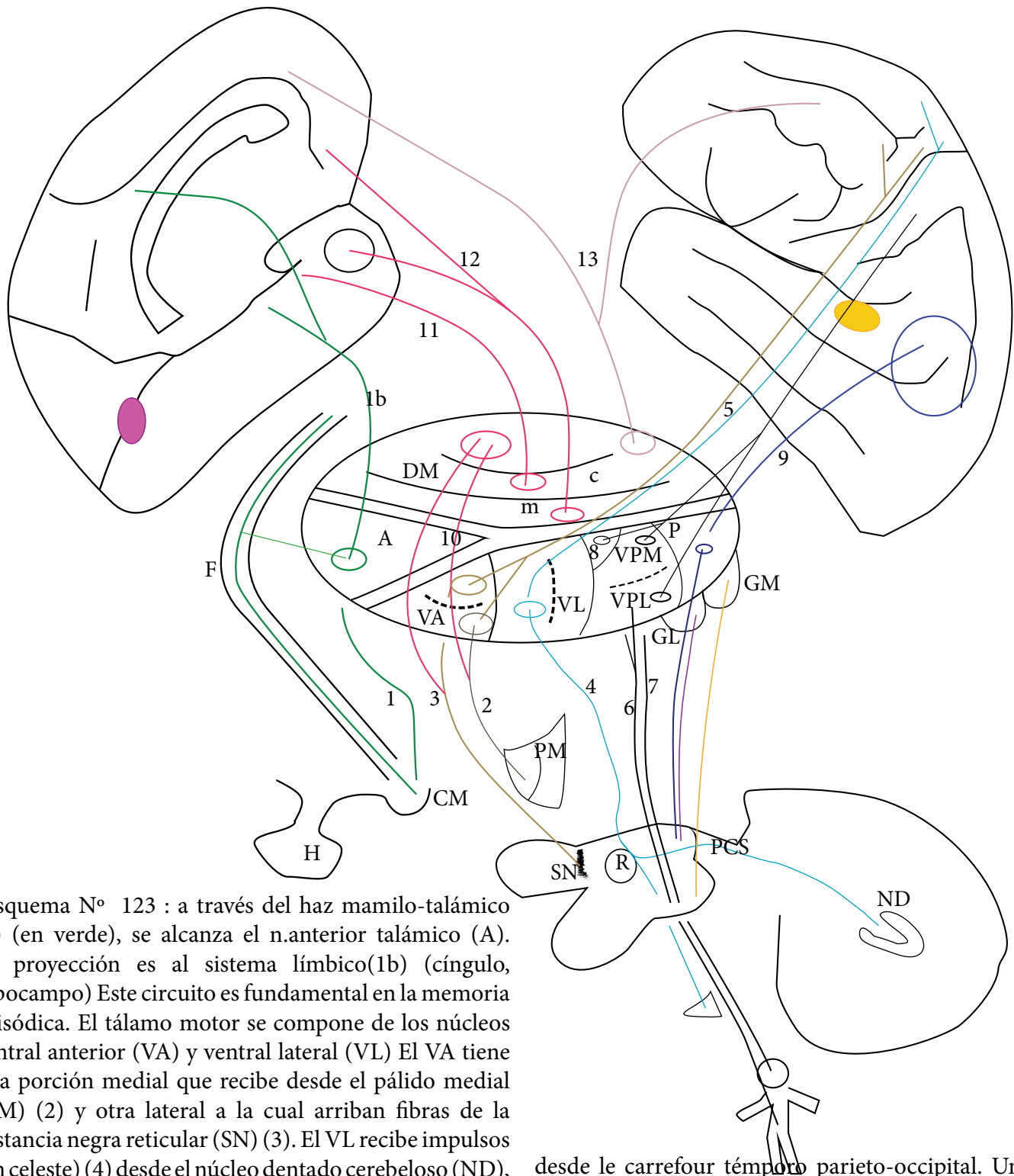
Como ya se mencionó, este núcleo se ubica entre los 2 brazos en Y de la LMI. Consta de 3 subnúcleos, llamados antero-ventral (AV), ántero-dorsal (AD) y ántero-medial (AM). El núcleo anterior juega un rol fundamental en los circuitos hipocampales de la memoria episódica. Sus aferencias llegan vía **fornix** postcomisural en forma directa o bien mediante relevo en el **tubérculo mamilar** a través del **haz mamillo-talámico**. Sus eferentes viajan a través del **cíngulo** y por su posición juega un rol clave en la relación formación hipocampal-corteza retrosplenial,

que controla mecanismos de navegación espacial y memoria visual y con el cortex prefrontal medial y cíngulo anterior, vinculados a las emociones y control ejecutivo. Su núcleo AV promueve la actividad rítmica theta, que facilitaría la actividad sináptica en el **hipocampo**. El daño del núcleo anterior o sus circuitos generaría el déficit de memoria vinculado al **síndrome de Wernicke- Korsakoff** o al stroke talámico. El núcleo anterior del tálamo forma parte del llamado cerebro visceral, comunicado en 1908 por el neuropatólogo germano-argentino Christofredo Jakob y erróneamente atribuido a James Papez. Este circuito, conocido por el nombre de este último investigador es clave en la memoria y su procesamiento.

NUCLEO DORSOMEDIO:

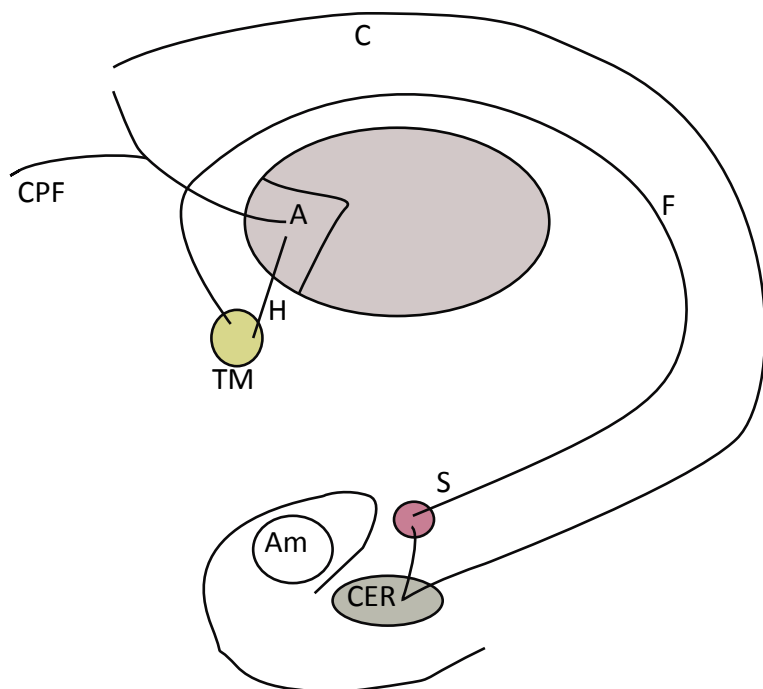
Tiene 3 porciones: lateral o paralaminar, central y medial, formando 3 unidades funcionales: el DM lateral con actividad motora, el DM central con funciones olfatorias y el DM medial de carácter límbico. El DM lateral recibe aferencias del **pálido medial** y la **pars reticulada de la sustancia negra**, conectando con la **corteza prefrontal dorsolateral**. El DM central recibe aferencias de la **corteza piriforme**, conectando con la corteza orbital lateral, mientras que el DM medial recibe aferencias límbicas provenientes de la **amígdala**, **núcleo accumbens**, **cortex entorrinal** y **pars compacta de la sustancia negra**. A su vez la conexión se hace con la **corteza prefrontal medial**. *Este ultimo circuito es importante en los cambios conductuales en respuesta a contingencias cambiantes (flexibilidad conductual) y en la llamada memoria de reconocimiento, es decir la capacidad de reconocer estímulos en base a experiencias previas con dichos estímulos.*

El núcleo dorsomedio es considerado, un relevo talámico de alto orden, que transmitiría información procesada a través de la ruta transtalámica a otras áreas corticales. La corteza prefrontal medial y dorsal envía el aferente conductor. De acuerdo a esto, este núcleo es fundamental en los procesos cognitivos y en el aprendizaje. También sería esencial en la conducta dirigida a una meta y en el correcto funcionamiento



Esquema N° 123 : a través del haz mamilo-talámico (1) (en verde), se alcanza el n. anterior talámico (A). La proyección es al sistema límbico (1b) (cíngulo, hipocampo) Este circuito es fundamental en la memoria episódica. El tálamo motor se compone de los núcleos ventral anterior (VA) y ventral lateral (VL) El VA tiene una porción medial que recibe desde el pálido medial (PM) (2) y otra lateral a la cual arriban fibras de la sustancia negra reticular (SN) (3). El VL recibe impulsos (en celeste) (4) desde el núcleo dentado cerebeloso (ND), haciendo estación en el núcleo rojo (R), arribando al mismo desde el pedúnculo cerebeloso superior (PCS). Ambos núcleos motores proyectan (5) a la corteza motora (primaria, pre-motora y suplementaria). El tálamo sensorial se compone de los núcleos ventro-pósterolateral (VPL), ventro-pósteromedial (VPM), el pulvinar (P) y los cuerpos geniculados medial (GM) y lateral (GL). VPL recibe al lemnisco medial (6) y VPM al lemnisco trigeminal (7). El CGL recibe desde el colículo superior y el CGM desde el colículo inferior. El pulvinar cumple una función asociativa recibiendo

desde el carrefour tónico parieto-occipital. Un área específica (8) receptiona las fibras cinestésicas. El tálamo dorso-medio (DM) tiene tres partes: lateral (l) con función motora recibiendo conexiones del pálido medial y sustancia negra (10), central (c) con función olfatoria, con aferentes desde corteza piriforme (11) y medial (m) de naturaleza límbica, recibiendo estímulos desde amígdala, núcleo accumbens (12), entre otras áreas límbicas (todas en rojo). El DM se proyecta a la corteza prefrontal dorsolateral y prefrontal medial (13, en marrón). Este circuito es fundamental en los procesos cognitivos y en el aprendizaje.



COMPLEJO NUCLEAR LATERAL

NUCLEO VENTRAL ANTERIOR (NVA)

Es encargado de vehicular información desde la pars reticulada de la **sustancia negra** (porción medial del núcleo ventral anterior, cercana al **haz mamilotálamico**) y desde el **globus pallidus** medial (a la porción lateral del NVA) hacia la corteza premotora, motora, suplementaria y somatosensorial. Es importante mencionar que las 2 divisiones se proyectan a áreas corticales diferentes sin superponerse. Las fibras palidales ingresan al tálamo, mediante el compacto **fascículo talámico**.

NUCLEO VENTRAL LATERAL

A este núcleo arriban fibras desde los núcleos cerebelosos profundos a través del **pedúnculo cerebeloso superior** y también desde el sistema vestibular. Está dividido en una zona anterior y otra posterior. Esta última, también conocida como **area VIM** o **ventral intermedia** tiene neuronas tremoro-sincrónicas, que es una zona blanco estereotáxica para tratar algunos desordenes del movimiento. Este núcleo conecta con la **corteza**

Esquema N° 124 : circuito de Papez. Es un circuito de ida y vuelta con el hipocampo. Parte del subiculum (S) y es vehiculado por la fimbria y el fórnix (F), hasta el tubérculo mamilar (TM). Desde este, mediante el haz mamilotálamico (H) se alcanza el núcleo anterior del tálamo (A). El circuito retorna mediante el haz del cíngulo (C), hasta la corteza entorrinal (CER), desde la cual se cierra el circuito por medio de la vía trisináptica. La amígdala (Am) y la corteza prefrontal participan indirectamente en el circuito.

de la memoria de trabajo. El daño del núcleo dorsomedio, tendrá como consecuencia, una disfunción de la corteza prefrontal (CPF), lo cual generará, primordialmente trastornos en la función ejecutiva. Así se hace evidente el rol de apoyo del núcleo dorso-medio, a la corteza prefrontal durante procesos cognitivos superiores, modulando la sincronía de diferentes grupos neuronales de dicha corteza. El núcleo dorso-medio del tálamo constituye una de las porciones talámicas más accesibles quirúrgicamente, ya que puede alcanzarse a través de un abordaje interhemisférico transcalloso.

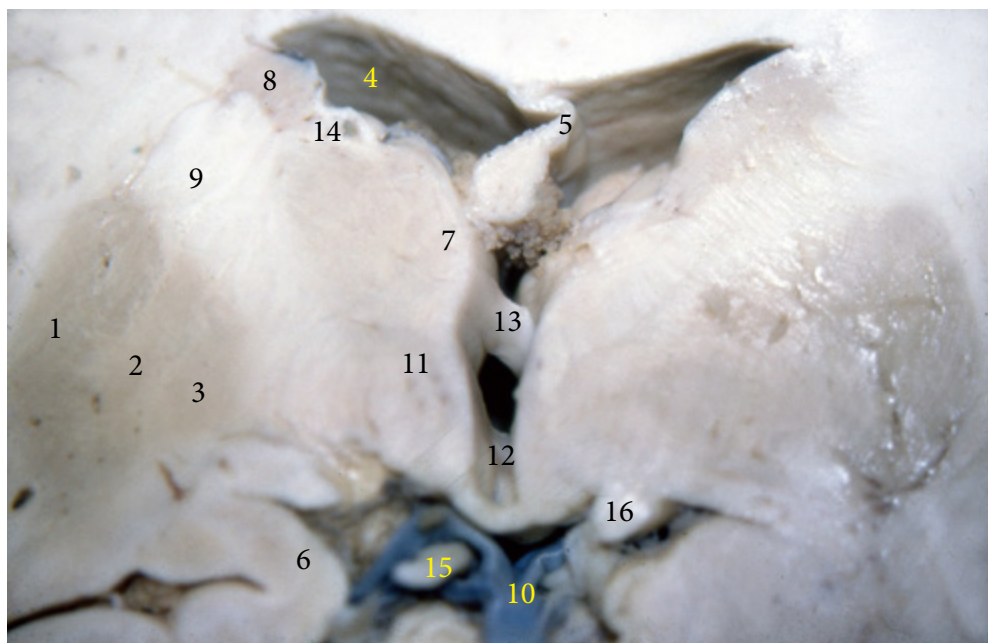


Foto N° 19-5 : Corte que pasa por el tercer ventrículo. 1- Putamen. 2- Globus pallidus lateral 3- Globus pallidus medial 4- Ventrículo lateral 5- Septum 6- Giro uncinado. 7- Tálamo (núcleo dorso-medio). 8- Núcleo caudado 9- Cápsula interna 10- Tronco basilar 11- Núcleo subtalámico 12- Tercer ventrículo 13- Adhesio intertalámica 14- Surco optoestriado y estricta semicircularis 15- Tercer par 16- Tracto óptico

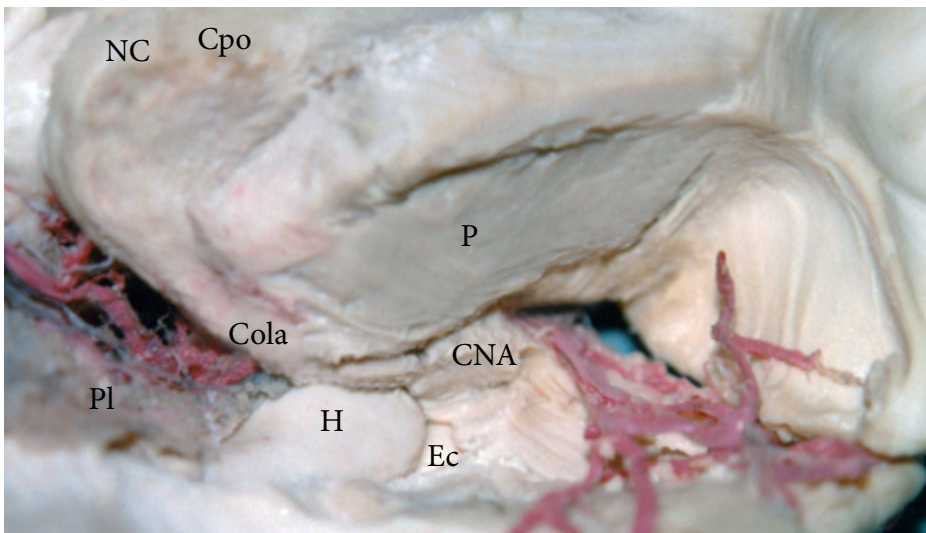


Foto N° 19-6 : Relaciones del lóbulo temporal con los ganglios basales. NC: núcleo caudado con su cuerpo (cpo) y su cola. P: putamen CNA: complejo nuclear amigdalino. Nótese como confluyen este último, el hipocampo y la cola del núcleo caudado. Ec: eminencia colateral Pl: plexo coroideo. Se observa la arteria cerebral posterior a través de la cisura coroidea

motora primaria, la corteza premotora y el área motora suplementaria.

NUCLEO VENTRO-POSTERO-LATERAL (VPL)

Se ubica lateral a la LMI, con el núcleo reticular por fuera. A la porción posterior de este núcleo arriba el sistema del **lemnisco medial** haciéndolo en la porción infero-medial del núcleo, proyectando de allí a la **corteza somatosensorial primaria**. Las fibras propioceptivas o cinestésicas de la sensibilidad profunda alcanzarían un área anterior y dorsal a los núcleos VPM y VPL en el límite con el ventral lateral.

NUCLEO VENTRO-POSTERO-MEDIAL (VPM)

Se ubica medial al VPL y recibe el **lemnisco trigeminal**. Se ubica inmediatamente por fuera del núcleo centro-medio, separados ambos por una rama de la LMI, llamada lamella intermedia.

Tanto el núcleo ventral pósterolateral y el pósteromedial tienen una pequeña extensión parvocelular. Así la extensión del pósteromedial se ubica debajo del **núcleo centromedio**, medial al ventro pósteromedial y hacia él confluirían aferentes viscerales generales y especiales. Es también considerado como el área talámica del gusto, ascendiendo las fibras gustativas con el lemnisco trigeminal. Existiría un núcleo llamado ventromedial posterior o supragenikulado

situado pósteromedial al VPL, anterior al pulvinar y ánterosuperior al CGM, que sería relevo de sensaciones termalgésicas. Sus fibras procederían de las láminas I y V del asta posterior.

METATALAMO:

CUERPOS GENICULADOS

CUERPO GENICULADO LATERAL:

Aloja al núcleo del mismo nombre, especialmente a su porción dorsal, dado que la porción ventral del núcleo forma el núcleo pregeniculado. El núcleo geniculado dorsal tiene 6 capas, recibiendo fibras retinianas ipsi y contralaterales.

CUERPO GENICULADO MEDIAL:

De forma ovoidea, es el eslabón final de la vía auditiva y del cual surgen las **radiaciones auditivas**. Es evidente como una prominencia sobre la cara ventral y lateral del pulvinar. (ver sistema auditivo)

PULVINAR

Corresponde al polo posterior del tálamo, ocupando un 30% del volumen talámico. Está dividido en 4 subnúcleos: anterior, medial, lateral e inferior. El anterior se conecta con la **corteza somatosensorial**. La porción ventrolateral del lateral y la parte lateral del inferior tienen organización retinotópica y conexiones con diversas áreas de la **corteza visual**, que corresponde al tronco visual ventral (sistema qué). La porción centromedial del inferior, por el contrario se conecta con áreas visuales que corresponden al tronco dorsal (sistema donde) visual. La porción dorsal del lateral se vincula con áreas asociativas polimodales, como la **corteza prefrontal** y **parietal inferior**, mientras que el subnúcleo medial está relacionado con áreas multimodales de asociación como el **córtex prefrontal dorsolateral**, **córtex órbito-frontal**, **córtex cingulado**, **hipocampo**

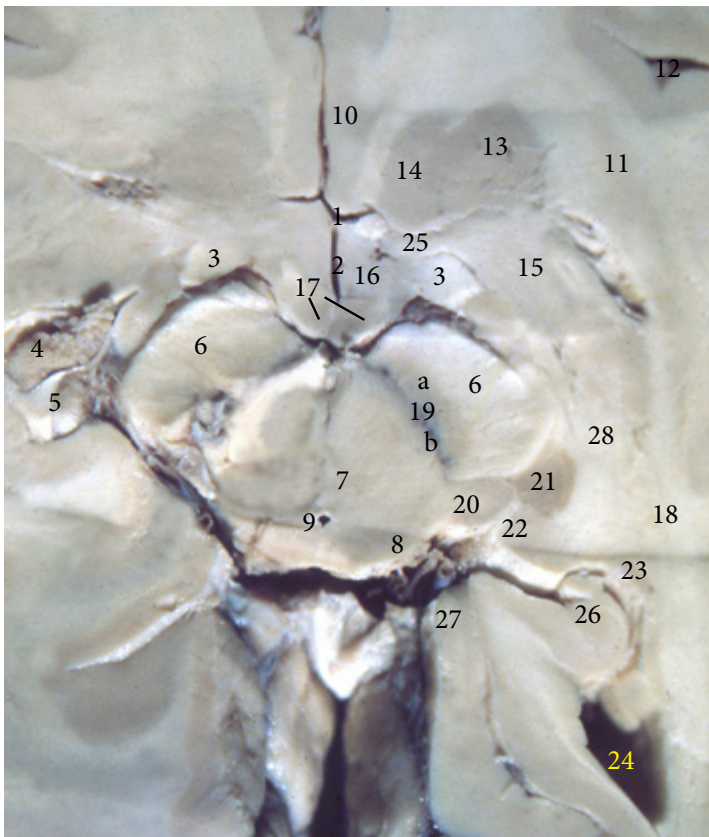


Foto N° 19-7 : Corte basal a través del cuerpo mamilar y pedúnculo cerebral. Se observa el núcleo accumbens (14) en el extremo antero-inferior del putamen (13). Algo más posterior se evidencia el globus pallidus (15). 1-Lámina terminalis; 2-Receso infundibular del III ventrículo con el hipotálamo (16) a ambos lados y los tubérculos mamilares detrás (17). El tracto ótico (3) envía sus fibras al cuerpo geniculado lateral (21) y de este parten las radiaciones ópticas (18). 4-Asta temporal con el plexo coroideo; 5- Fórnix; 6-Pedúnculo cerebral; 7- Zona de decusación de los pedúnculos cerebelosos superiores; 8-Pedúnculo cerebeloso superior; 9-Acueducto de Silvio; 10-Corteza cingular cercana a área subcallosa; 11- Antemuro o claustrum; 12-Corteza insular 19-Locus niger con su pars reticulada (a) y su pars compacta (b); 20-Cuerpo geniculado medial; 22- Núcleos del pulvinar; 23- Cola del caudado; 24-Atrio ventricular; 25-Comisura blanca anterior; 26-Hipocampo; 27-Giro parahipocampal; 28-Porción retrolenticular de la cápsula interna

y **amígdala**. Mediante el núcleo medial se integrarían estímulos multisensoriales con influencias límbicas para el procesamiento visual atencional. Por su conectividad con el hipocampo se ha vinculado al núcleo medial con la epilepsia del lóbulo temporal mesial.

Así este núcleo, regula la sincronía neural oscilatoria, entre

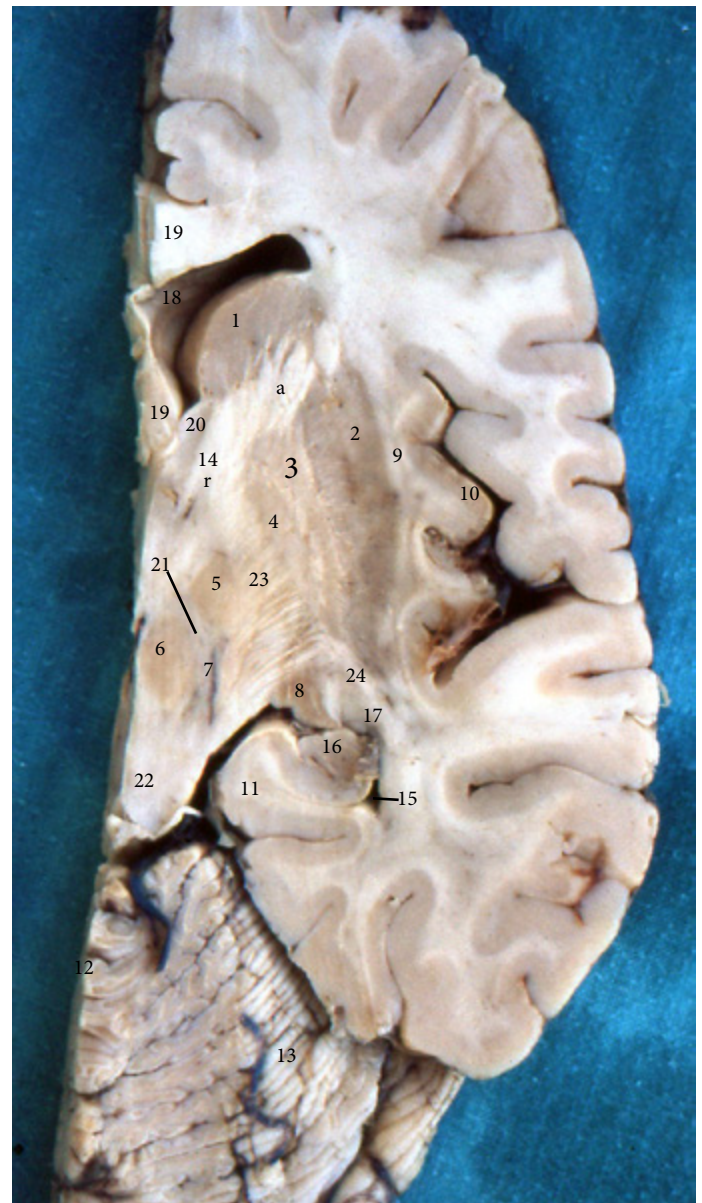


Foto N° 19-8: corte axial del cerebro y cerebelo pasando por la cabeza del caudado y el cuerpo geniculado lateral. 1-Cabeza del núcleo caudado; 2-Putamen; 3-Globus pallidus lateral; 4-Globus pallidus medial; 5-Núcleo subtalámico; 6-Núcleo rojo; 7-Sustancia negra 8-Cuerpo geniculado lateral; 9-Antemuro; 10-Corteza insular; 11- Giro parahipocampal; 12-Vermis cerebeloso; 13-Hemisferio cerebeloso; 14-Cápsula interna, a: brazo anterior, r: rodilla; 15-Atrio ventricular; 16-Giro dentado; 17-Cola del caudado; 18-Asta frontal del ventrículo lateral 19-Fórnix; 20-Corte transversal haz mamillo-talámico; 21-Haz prosencefálico medial; 22-Colículo inferior; 23-Fibras de conexión entre el núcleo subtalámico y el pálido; 24-Radiaciones ópticas.

áreas corticales funcionalmente relacionadas, recibiendo fibras corticales desde la capa cortical V y conectando a su

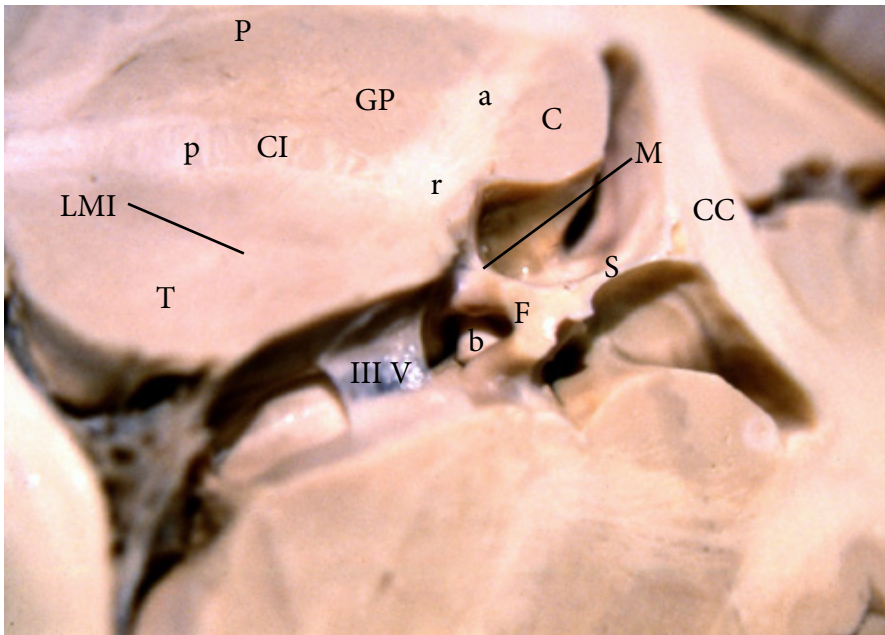


Foto N° 19-9 : Corte axial a través del foramen de Monro (M). Se observa el cuerpo calloso (CC), el septum (S) y el fórnix (F), con sus 2 pilares anteriores. Más abajo la comisura blanca anterior (b) y por detrás la cavidad del III ventrículo. (III V). Se observan la cabeza del caudado (C), el tálamo (T), el putamen (P) y el globus pallidus (GP). La cápsula interna (CI) tiene un brazo anterior (a), una rodilla (r) y un brazo posterior (p). Se insinúa la lámina medular interna (LMI) del tálamo.

vez, con la capa IV de la otra zona cortical.

El pulvinar conecta reciprocamente con todas las áreas de la corteza visual y oculomotora, por lo cual es parte de una red fundamental en la atención visuoespacial. Se considera que el pulvinar es responsable de la generación y modulación del ritmo alfa del electroencefalograma. *La lesión de este núcleo generará hemineglect espacial, o sea la imposibilidad de dirigir la atención al hemicampo contralateral.*

NUCLEOS PERITALAMICOS

NUCLEO RETICULAR TALAMICO (NRT)

Este núcleo pertenece al tálamo ventral. Rodea al tálamo, sobre su cara lateral entre la **cápsula interna** por fuera y la **lámina medular externa** por dentro. Es un núcleo que no proyecta al córtex, conectando con los otros núcleos talámicos, ejerciendo así, una influencia inhibitoria sobre ellos, mediante terminales gabaérgicas. Recibe colaterales de proyecciones talamo-corticales y cortico-talámicas. De ésta forma, este núcleo ejerce una función de monitoreo

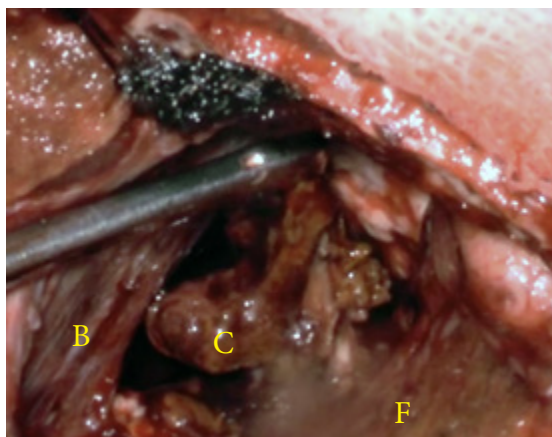
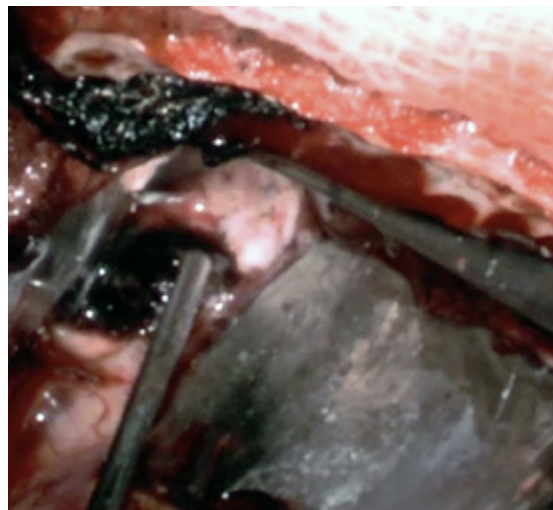
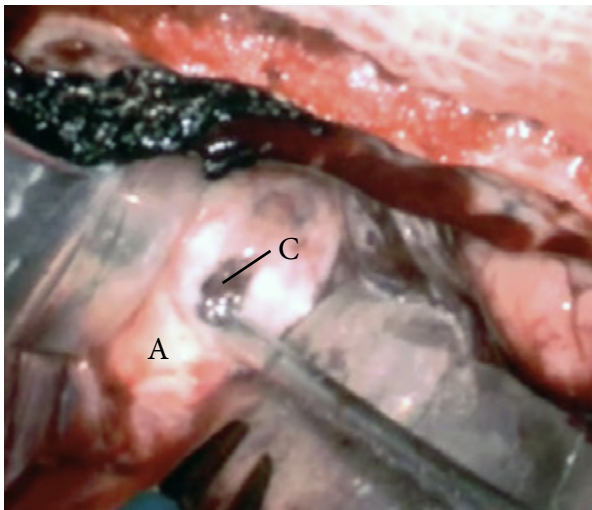
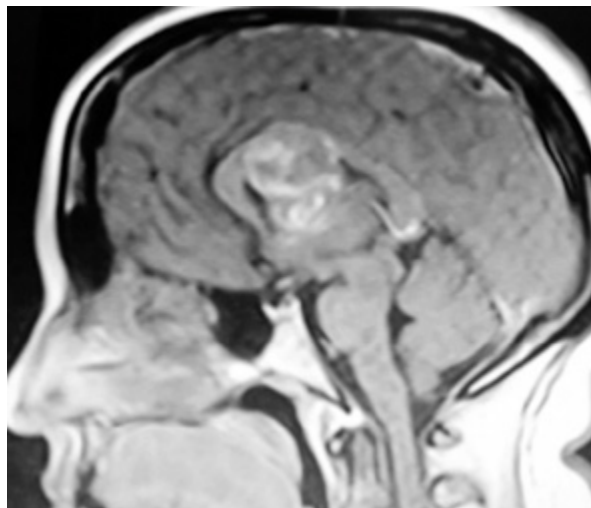
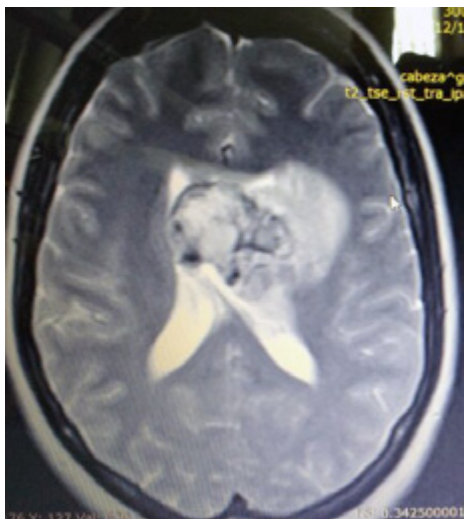
o modulación de los canales talamo-corticales. Existiría un circuito modulador tripartito, que involucra células piramidales neocorticales, neuronas reticulares y neuronas de relevo talamo-cortical. El NRT por medio de dichas neuronas gabaérgicas inhibe a los neuronas talámicas y recibe a su vez influencias desde la corteza y desde las mismas células talámicas. Durante los husos de sueño, las células reticulares talámicas disparan espigas rítmicas de 7 a 14 Hz (oscilador endógeno) por apertura de canales de Ca de bajo voltaje. Esto genera en las células de relevo talámico un potencial inhibitorio post-sináptico (PIPS) rítmico de 7 a 14 hz sobre las neuronas de relevo talámicas, lo que generará en estas células una hiperpolarización, que cuando es suficiente para vencer el PIPS, produce una ráfaga de rebote, la cual es transferida a la corteza induciendo un potencial postsináptico excitador rítmico, en las células piramidales

de la corteza. Esto es el origen de las ondas huso del EEG, las cuales son potenciales de campo de 7 a 14 Hz agrupados en descargas de 1 a 3 seg y que recurren cada 3 a 10 segundos.

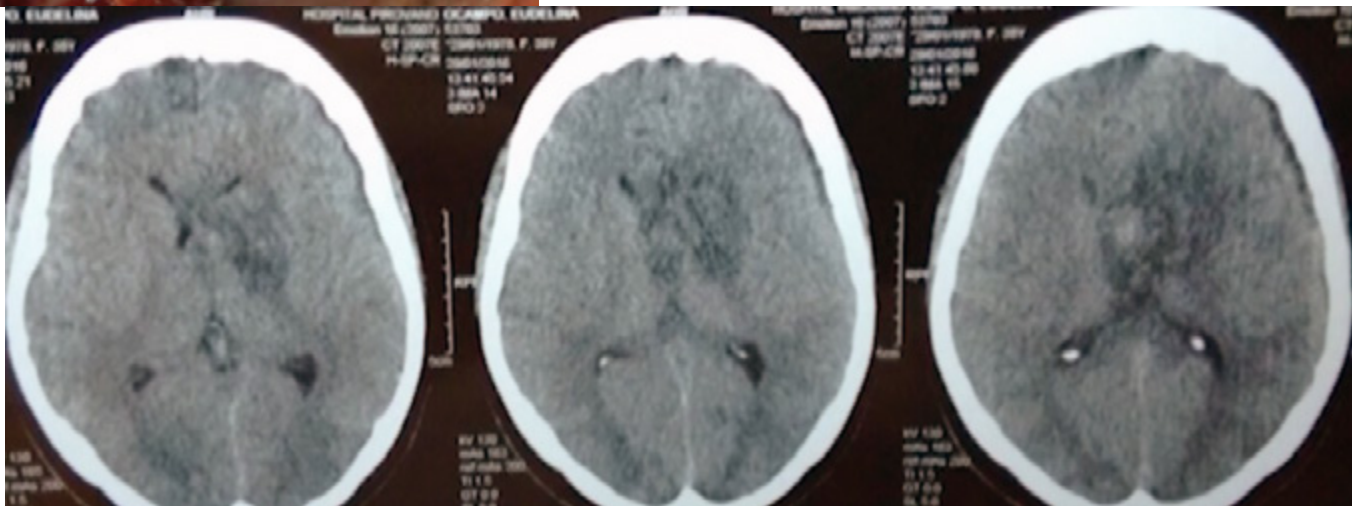
A los fines prácticos podemos dividir a los núcleos específicos del tálamo en 4 grupos

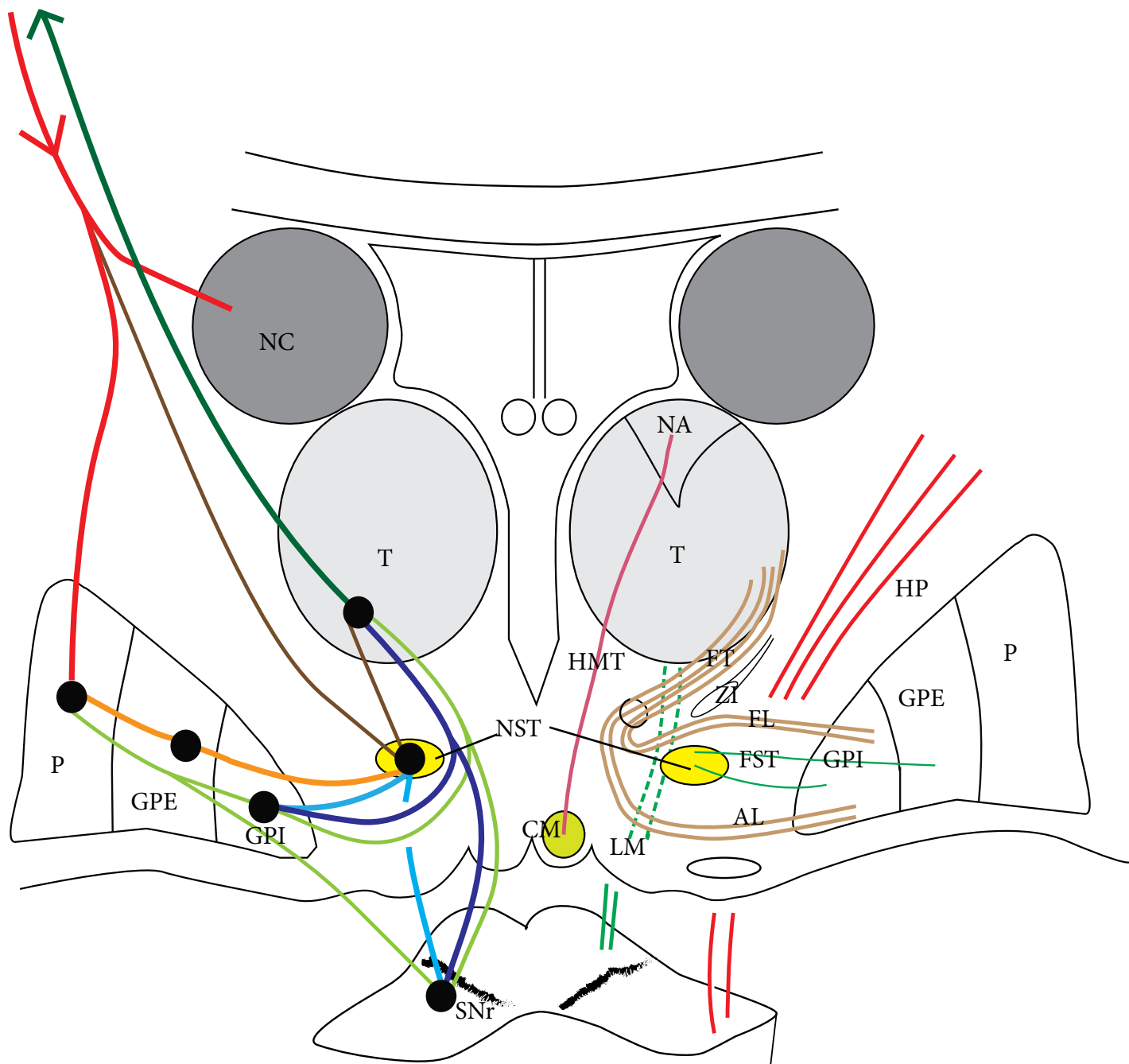
- 1- Grupos de relevo sensorial: núcleo ventropostero lateral y ventropostero medial, CGM y CGL.
- 2- Núcleos de relevo motor: núcleos ventral anterior y ventral lateral
- 3- Núcleos asociativos: núcleo dorsomedio y pulvinar
- 4- Núcleos límbicos: núcleo anterior, núcleos de línea media.

Es indudable que para abordar quirúrgicamente patología talámica, no hay forma de hacerlo sin a travesar alguna estructura anatómica. de esa forma un abordaje transcalloso interhemisférico, alcanzará la cara dorsomedial



Fotos N° 19-10/15 : Gran cavernoma a nivel de ganglios basales y ventrículo lateral. Abordado por vía interhemisférica transcallosa. El cuerpo calloso (A) adelgazado, es seccionado para acceder al cavernoma (C). En la foto de la izquierda se observa la lesión entre la hoz del cerebro (B) y el lóbulo frontal medial (F). La secuencia tomográfica de abajo muestra la resección de la lesión.





Esquema N° 125 : Circuitos y vías de los ganglios basales. A izquierda, se muestra la circuitería básica. En rojo fibras córtico-estriadas arribando al estriado. Por razones prácticas el circuito ha sido representado sólo con el putamen (P). Desde el estriado, en este caso putamen, pero lo mismo corre para caudado o núcleo accumbens, parte una vía directa (en verde claro) que va al pálido interno (GPI) y a la pars reticulada de la sustancia negra (SNr). Desde estos centros efectores finales parte hacia el tálamo (verde claro), la conexión al núcleo ventral anterior. La vía indirecta alcanza el pálido externo (GPE), el cual conecta con el núcleo subtalámico (NST) (en naranja). Este emite proyecciones (en azul claro) al GPI y a la SNr, inhibiendo estos núcleos, cerrando el circuito al tálamo (azul oscuro). Desde el tálamo parten fibras tálamo-corticales (en verde oscuro) cerrando el circuito. A la derecha se observa el esquema de los fascículos y vías del área. El haz piramidal (HP) cursando en la cápsula interna. El fascículo subtalámico, une el pálido con el núcleo subtalámico. El fascículo lenticular cursa entre la zona incerta (ZI) y el NST. El ansa lenticular lo hace por debajo del NST. La unión del ansa y el fascículo lenticular forman el fascículo talámico que pasa dorsal a la zona incerta. El haz mamilo-talámico une el cuerpo mamilario (CM) con el núcleo anterior del tálamo (NA). El lemnisco medial (LM; en verde punteado) pasa detrás y cercano al NST. La zona incerta se continúa hacia afuera y arriba con el núcleo reticular talámico.

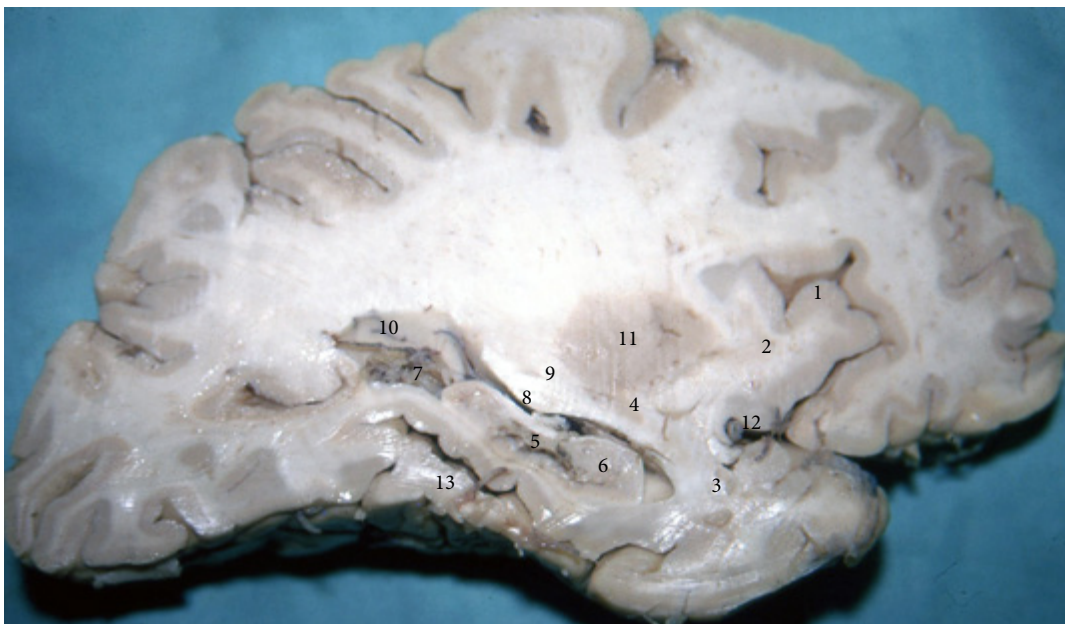


Foto N° 19-16 : Corte sagital a través porción lateral del putamen. 1- Corteza insular. 2-Antemuro o claustrum. 3-Complejo nuclear amigdalino. 4-Cola del caudado. 5-Giro dentado. 6-Hipocampo o asta de Ammon. 7-Plexo coroideo del ventrículo. 8-Estría semicircularis. 9-Cápsula interna. 10-Atrio ventricular 11-Putamen. 12-Cisura silviana con arteria silviana. 13-Giro occípito-temporal lateral.

del núcleo. Para patología que involucra el polo posterior o pulvinar, debe ingresarse al atrio ventricular, dado que como sabemos el pulvinar forma parte de la pared anterior del atrio ventricular (ver atrio ventricular en capítulo de ventrículos laterales)

IRRIGACION DEL TALAMO

Basicamente está a cargo del circuito vascular posterior. (ver circuito vascular posterior) Existe así un pedículo tálamo-tuberal, procedente de la comunicante posterior, el cual es también conocido como pedículo o **arteria premamilar**, arteria polar o arteria tálamo-subtalámica anterior. Está destinada al polo talámico anterior, principalmente núcleo anterior y ventral anterior. Este pedículo puede estar ausente hasta en un 30 a 40% de los casos. El pedículo tálamo perforante, es constante y nace en la porción P1 de la cerebral posterior, en el segmento de la arteria, que es denominado arteria mesencefálica. Este ramillete tiene en promedio entre 3 y 5 ramos, ingresando por la **sustancia perforada posterior**. Irriga porción ventral de núcleo dorsomedio, núcleos intralaminares y de línea media, como el centro-mediano y el parafascicular. Su ramo más famoso es la **arteria de Percherón** que, naciendo de un sólo lado,

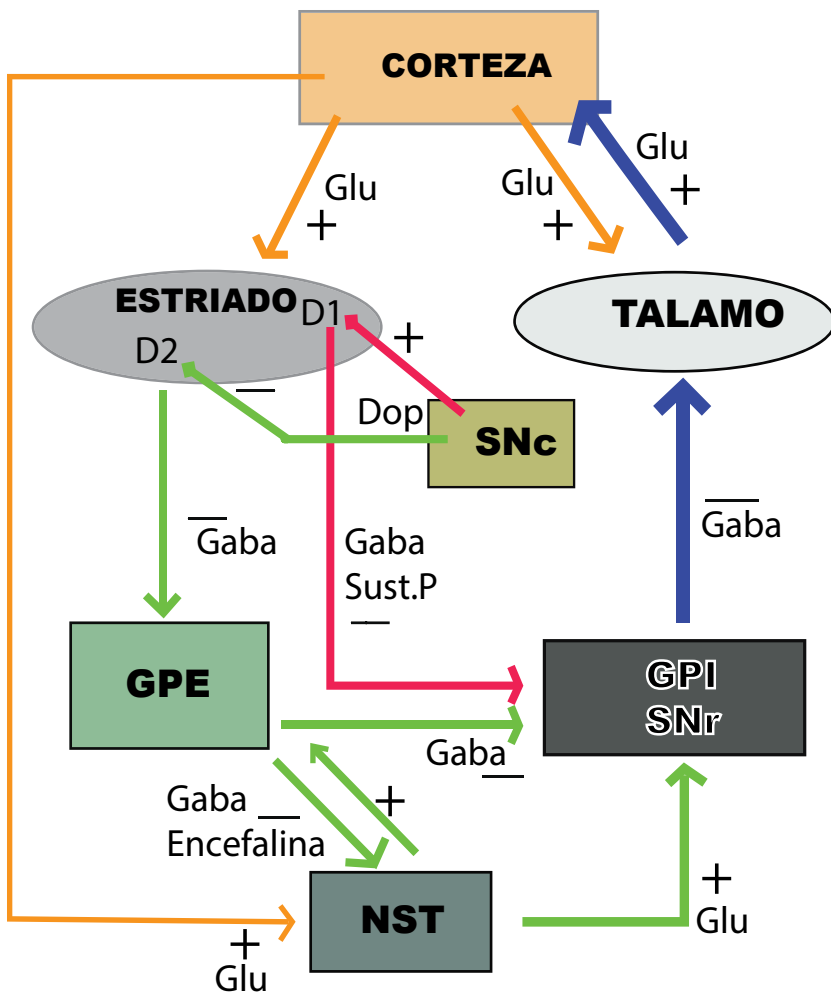
irriga en forma bilateral el territorio talámico. Así, su lesión generará un infarto talámico en alas de mariposa de ambos tálamos. El pedículo tálamo-geniculado constituido por 5 a 6 ramas, nace de la cerebral posterior, en su trayecto perimesencefálico (70% en P2A), a la altura del cuerpo geniculado lateral, irrigando este y el pulvinar. Finalmente las **arterias coroideas postero-laterales y mediales** contribuyen a alimentar el pulvinar y la porción dorsal del núcleo. Así podemos considerar 4 territorios en

la irrigación talámica: anterior a cargo de la comunicante posterior con su ramo tálamo-tuberal, un territorio medial alimentado por el pedículo tálamo-perforante, el territorio lateral nutrido por el pedículo tálamo-geniculado y un territorio posterior vinculado a las coroideas posteriores.

CONSIDERACIONES FUNCIONALES

La visión clásica de considerar al tálamo, solo como una estación de relevo ha cambiado y hoy se concibe a este núcleo como un filtro dinámico de información a la corteza cerebral.

Como ya se mencionó, toda la información sensorial, excepto la olfatoria pasa por el tálamo. Esa información llega a las neuronas talámicas (también llamadas tálamo-corticales o NTC), las cuales transmiten el mensaje a la corteza mediante sinapsis tálamo-corticales. Las NTC reciben sinapsis inhibitorias desde las neuronas del **núcleo reticular (NRE)** y desde interneuronas propias del tálamo. Desde la corteza llegan fibras córtico-talámicas, excitadoras que alcanzan tanto las NTC como las NRE. Finalmente influencias moduladoras desde la formación reticular estimulan las NTC. Así fibras colinérgicas, procedentes



Esquema N° 126 : Funcionamiento de los ganglios basales. El estriado tiene 2 tipos de neuronas espinosas (NEM), llamadas D1 y D2. Las D1 generan la vía directa (en rojo) y reciben impulsos excitadores desde la pars compacta de la sustancia negra. Las neuronas D2 originan la vía indirecta (en verde) en la cual participa el núcleo subtalámico (NST). Este normalmente activa al pálido interno y sustancia negra reticular, de manera que en la vía indirecta se produce una inhibición de la inhibición, ya que el estriado bloquea al pálido externo, de manera que se suprime la inhibición de aquel sobre el NST, liberándose este. La sustancia negra compacta mediante conexiones dopaminérgicas excita las neuronas D1 e inhibe las D2. El fallo de este circuito sería la génesis de la enfermedad de Parkinson

del **núcleo parabraquial** y noradrenérgicas desde el **locus coeruleus** arriban al tálamo. Las aferencias inhibitorias (NRE) producen potenciales post-sinápticos inhibitorios (PPSI) que hiperpolarizan la neurona y los excitadores tienden a despolarizar la NTC mediante potenciales post-sinápticos excitatorios (PPSE). Estos potenciales post-sinápticos, generan oscilaciones en la excitabilidad de la membrana, lo cual puede ser registrado en el electroencefalograma.

Esto producirá 2 modos de descarga de la NTC: un modo tónico y un modo fásico. La diferencia entre ambos modos se basa en la presencia en la NTC de canales T de calcio de bajo umbral, que se activan, cuando la neurona está hiperpolarizada. En esa situación la entrada de calcio, termina despolarizando la membrana y generando una meseta, que dispara espigas mediadas por sodio (descarga en ráfagas). La continua entrada de calcio activará un canal de potasio activado por Ca, que devolverá la célula a su estado de hiperpolarización. Repitiéndose sucesivamente el ciclo. Esto es típico durante el sueño de ondas lentas, en el cual se ven brotes de potenciales de acción separados por silencios (alternancia oscilatoria de excitación-inhibición). Durante la vigilia predominan las aferencias excitadoras y los PPSE, de manera que, las NTC descargan en forma tónica, mediante potenciales de acción lineales, mediados por sodio. Por otra parte los axones córtico-talámicos tienen la función de seleccionar o filtrar los estímulos sensoriales. También dichas conexiones tienen la función de vincular áreas corticales entre sí, a través del tálamo, permitiendo así la actividad oscilatoria sincronizada, de áreas corticales vinculadas funcionalmente.

GANGLIOS BASALES

Los ganglios basales, comprenden el cuerpo estriado con los núcleos lenticular y caudado, (dividido en **neostriatum** (**putamen** más **núcleo caudado**) y **paleostriatum** (**globus pallidus**), más el **núcleo subtalámico** y el **locus niger**. El **núcleo accumbens** también es incluido en esta categoría. Una forma práctica de clasificación de los GB es dividirlos en núcleos aferentes, eferentes e intrínsecos (núcleos de relevo). Dentro de los aferentes (recibiendo información de la corteza principalmente) están el **núcleo caudado**, el **putamen** y el **núcleo accumbens**. Los eferentes (envían información al tálamo) son el **globus pallidus** medial y la

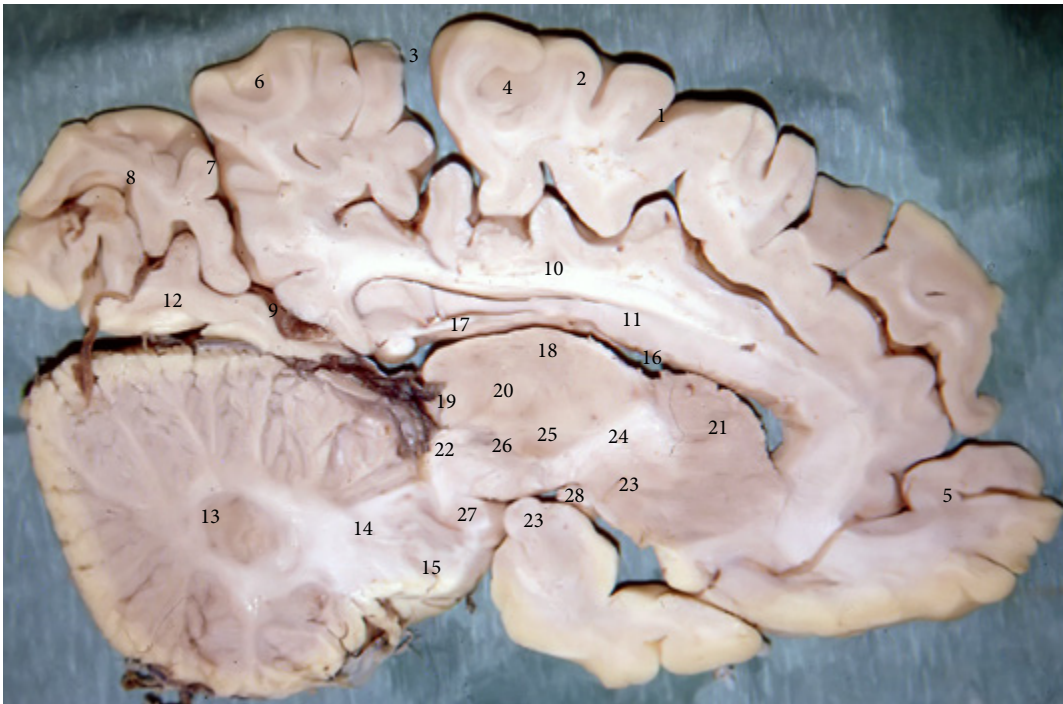


Foto N° 19-17 : Corte sagital que pasa a través de la cabeza del núcleo caudado y la porción medial del tálamo. 1- Surco precentral. 2-Surco central 3- Brazo marginal del surco cingulado 4- Lobulillo paracentral 5-Polo frontal 6-Giro parietal superior 7-Surco parieto-occipital 8-Giros occipitales 9-Cisura calcarina 10-Cíngulo 11- Cuerpo calloso 12- Giro occipital medial 13-Núcleo dentado del cerebelo. 14-Pedúnculo cerebeloso medio 15- Puente 16- Ventrículo lateral 17-Pilar posterior del trígono 18-Núcleo ventral lateral 19-Pulvinar 20-Núcleo centromedio 21-Cabeza del caudado 22- Area colicular 23-Uncus 24- Rodilla de la cápsula interna 25-Núcleo subtalámico 26-Sustancia negra 27-Pedúnculo cerebral.

sustancia negra reticulada. Por último los intrínsecos son el globus pallidus lateral, el **núcleo subtalámico** y la sustancia negra compacta.

El estriado a su vez, por sus aferencias puede clasificarse en 3 porciones: dorsal, intermedio y ventral. El estriado dorsal comprende las porciones dorso-laterales del putamen (post-comisura blanca anterior) y de la cabeza del caudado, las cuales actúan gestionando información sensori-motora. El territorio intermedio asociativo, que procesa información cognitiva corresponde al putamen pre-comisura blanca anterior y a la mayor parte del caudado. Por último una porción límbica o ventral que elabora información motivacional o emocional y que está constituido por las porciones ventromedianas del putamen y el caudado, el núcleo accumbens y el **tubérculo olfatorio**.

Morfológicamente, el núcleo caudado tiene la forma de una C abierta hacia delante, con una cabeza, que forma la pared

lateral del **asta frontal** del ventrículo lateral, un cuerpo que se ubica en el piso del **cuerpo del ventrículo** y una cola que viaja en el techo del **asta temporal** para unirse en el extremo anterior de la misma con el **núcleo amígdalino**. El putamen se relaciona lateralmente con la **ínsula**, separado de ella, por las **cápsulas extrema y externa** con el **antemuro** interpuesto entre ambas. Medial al putamen se ubica el globus pallidus con la lámina medular lateral separándolos. El globus pallidus tiene 2 partes: medial y lateral divididas por la lámina medular medial, relacionándose medialmente con el brazo posterior de la cápsula interna. Por debajo

del globus pallidus se encuentra la **sustancia innominada** y la **comisura blanca anterior**. La sustancia innominada rostral, puede considerarse como una prolongación ventral del globus pallidus. El núcleo subtalámico, es una pequeña estructura en forma de lenteja situado medialmente a la cápsula interna y por debajo del **fascículo lenticular**. Este núcleo se conecta en forma de ida y vuelta, con el globus pallidus. El fascículo lenticular (lleva fibras desde el pálido lateral al tálamo), separa al núcleo subtalámico de la **zona incerta (ZI)**, la cual se encuentra en el espesor de los **campos de Forel**, entre el **fascículo talámico** por arriba y el **fascículo lenticular** por abajo. Hacia fuera y arriba la ZI parece continuar con el núcleo reticular talámico. El **ansa lenticular** lleva fibras desde el pálido medial al tálamo. La **sustancia negra** se ubica en el mesencéfalo, separando el pedúnculo cerebral de la calota mesencefálica. Tiene 2 porciones: la porción mayor, la pars compacta que es

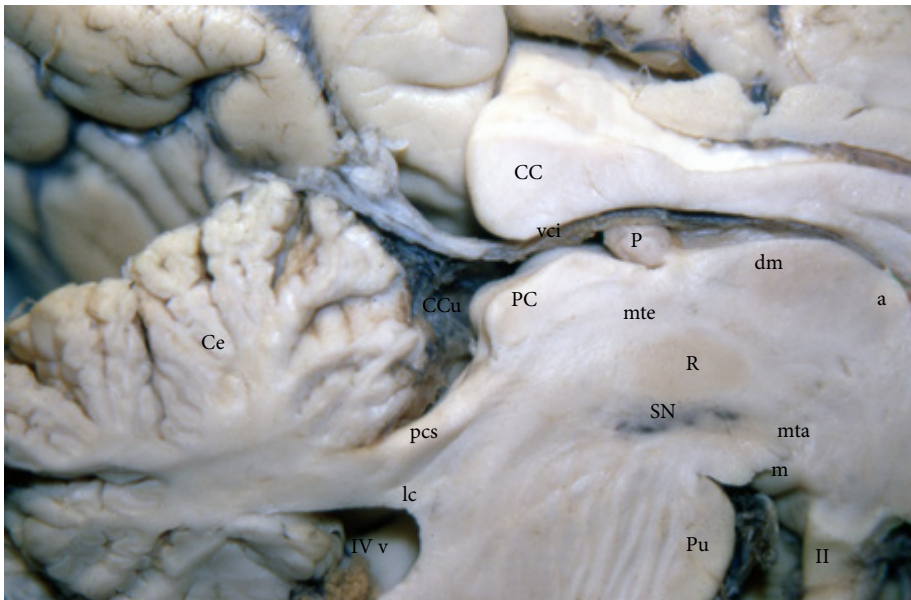


Foto N° 19-18 : Corte de tronco algo lateral a la línea media. a: núcleo anterior del tálamo; CC: cuerpo calloso; CCu: cisterna cuadrigémina; Ce: cerebelo; dm: núcleo dorso-medio del tálamo; lc: locus coeruleus; m: tubérculo mamilar; mta: haz mamilo-talámico; mte: haz mamilo-tegmental; P: glándula pineal; PC: placa cuadrigémina; pcs: pedúnculo cerebeloso superior; Pu: puente con fibras descendentes del haz piramidal entrecruzando los núcleos pontinos; R: núcleo rojo; SN: sustancia negra; vci: vena cerebral interna; IVv: Cuarto ventrículo; II: nervio óptico

postero-superior a la porción menor, la pars reticulada. El **núcleo accumbens** (NA) es como una expansión medial de la cabeza del caudado, ubicándose debajo del piso del asta frontal, casi como una pequeña cuña entre los extremos antero-inferiores de la cabeza del caudado y el putamen.

La relación entre la corteza y los ganglios basales está organizado en un circuito córtico-estriopálido-tálamo-cortical. Para entender esto, comencemos por el final recordando, que existen 2 núcleos o áreas de salida o de eferencias de los ganglios basales: el globuspálido medial o interno y la pars reticulada de la sustancia negra. Ambos proyectan a núcleos talámicos específicos (ventral anterior y ventral lateral, entre otros) en forma somatotópica ejerciendo un efecto inhibitor (neuronas GABA), que es tónico o sea permanente, como una boya en el mar, inhibiendo así en forma potente, dichos núcleos talámicos. La finalidad de esto es limitar la actividad motora espontánea del tálamo, generada desde las **corteza premotora y motora primaria**.

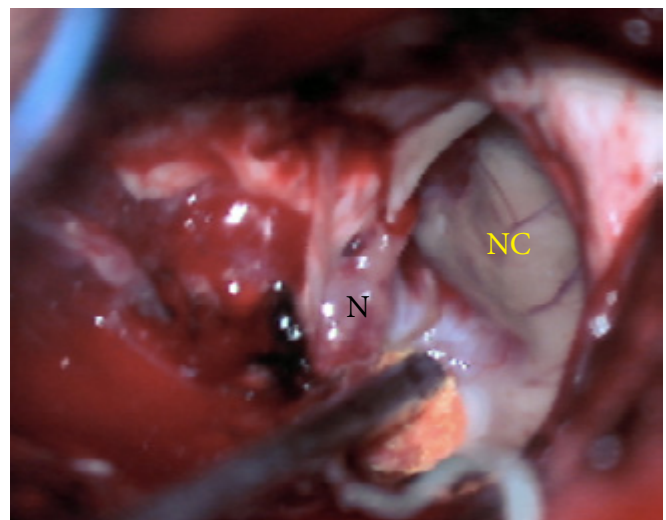
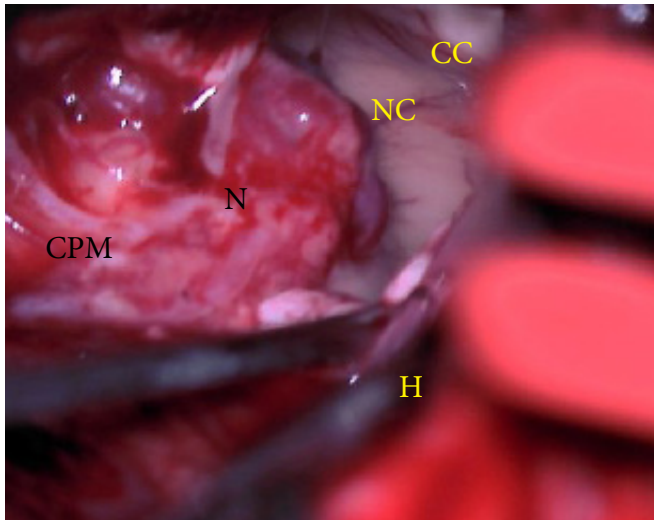
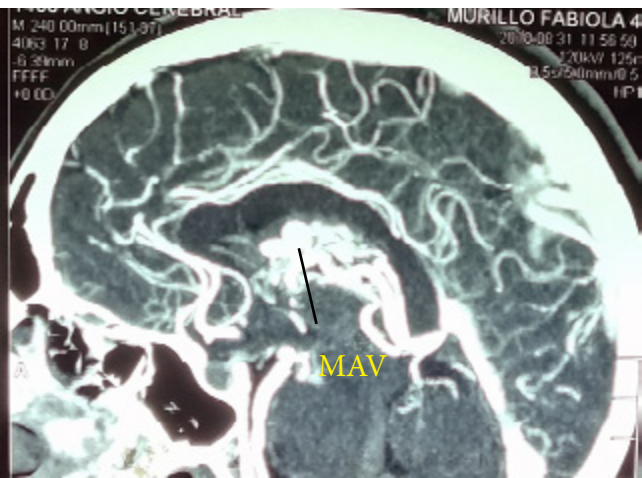
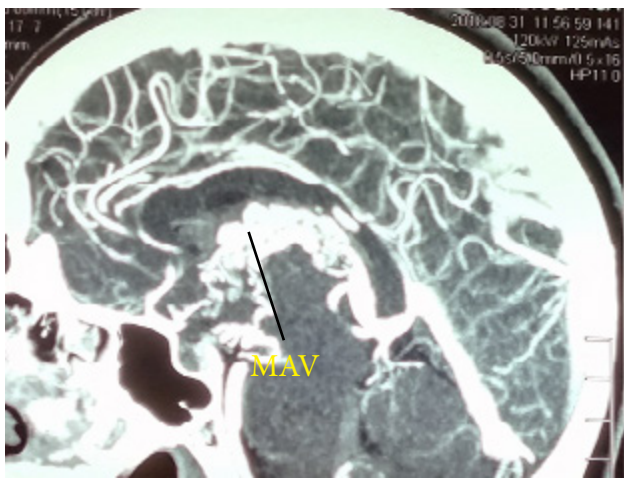
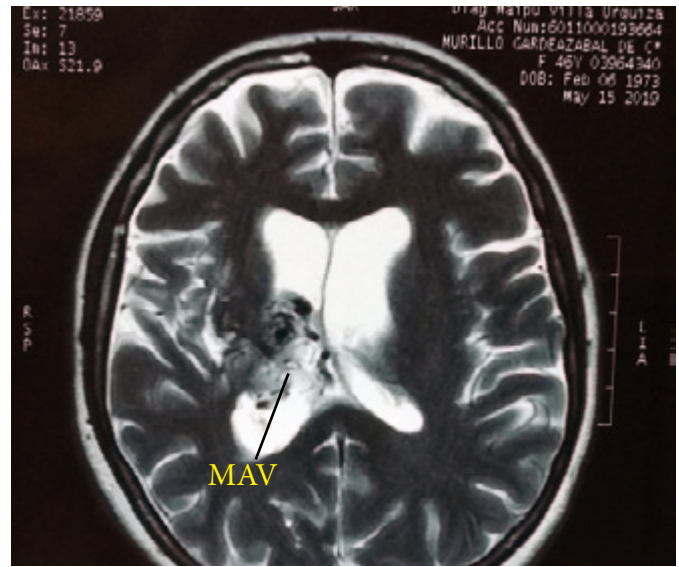
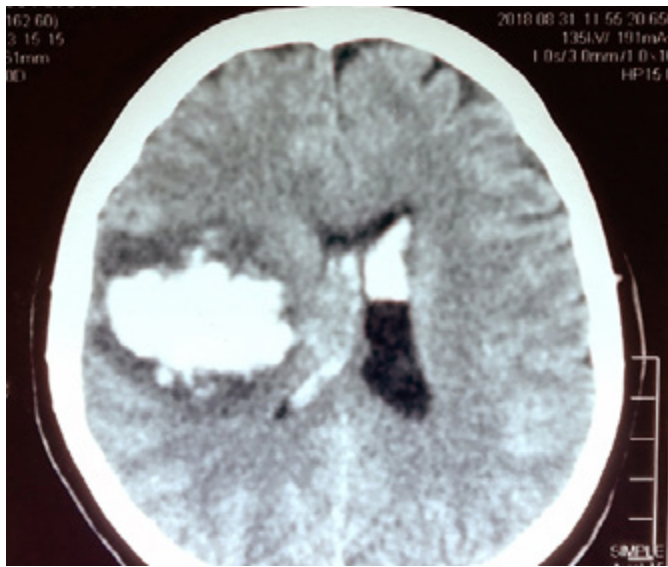
En el estriado, la principal población eferente es la neurona

espinosa de tamaño medio (NEM), la cual recibe influencia excitatoria cortical, pero también proyecciones modulatorias dopaminérgicas de la pars compacta de la sustancia negra. Según el receptor dopaminérgico que posean las NEM, se dividen en D1 o D2. Dado que todas las NEM estriales son inhibitorias ambos receptores responderán con una acción gabaérgica inhibitoria. Las que usan sustancia P como neuromodulador y tienen receptores a dopamina D1 dan origen a la vía eferente estriatal directa, la cual conecta con los eferentes finales del sistema como el pálido interno y la pars reticulada de la sustancia negra. Esta vía directa ejerce un efecto inhibitor fásico, o sea, en el momento en que es requerida, para facilitar una determinada acción, ya que la intervención del estriado suprime momentaneamente el freno inhibitor

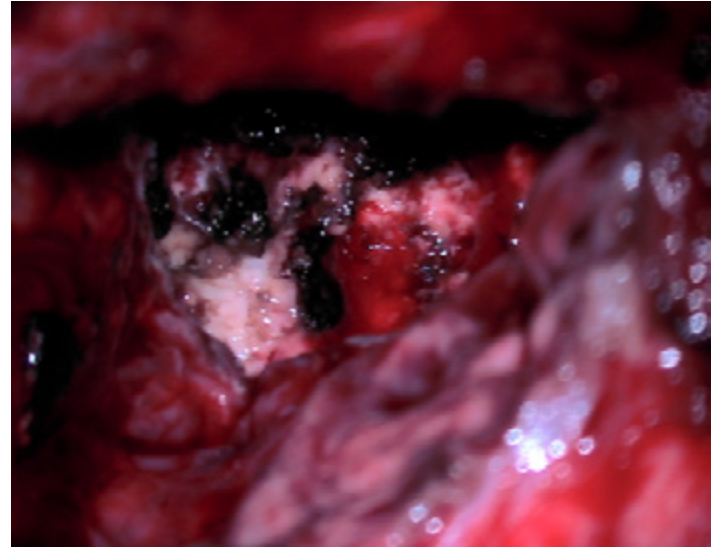
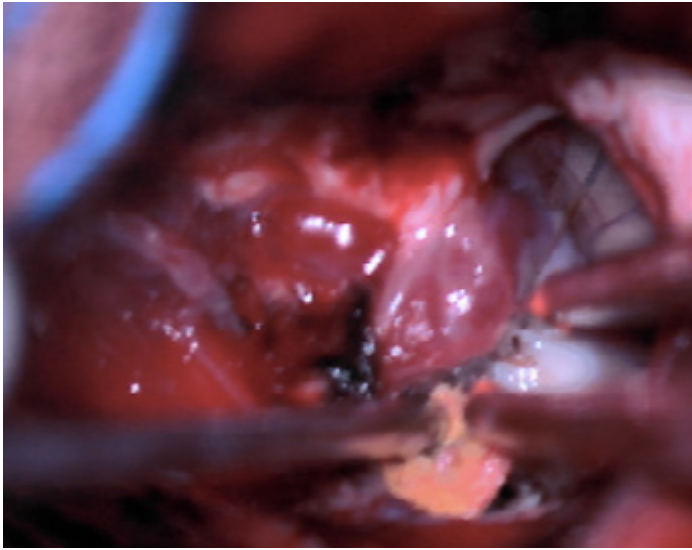
tónico del pálido (apaga la boya). Esto libera al tálamo, activándose la corteza para realizar la acción deseada. La vía indirecta va al pálido externo y usa encefalina y receptores a dopamina D2. Esta vía indirecta actúa sobre el **núcleo subtalámico**, a través del **fascículo lenticular** desde el pálido externo. El núcleo subtalámico, influenciado por la corteza, tiene influencia excitatoria permanente sobre el pálido interno reforzando así la actividad tónica inhibitoria del pálido interno.

Así esta vía indirecta al inhibir el núcleo palidal externo, disminuye la inhibición de este sobre el núcleo subtalámico. Al liberarse este último se refuerza la activación del pálido interno aumentando la inhibición tónica sobre el tálamo. Así podríamos resumir diciendo que la vía directa estimula el movimiento, mientras que la vía indirecta inhibe la actividad motora.

Existe además una vía hiperdirecta que conecta las corteza premotora y motora al núcleo subtalámico (colaterales del **haz córtico-espinal**). Esto permitiría a este núcleo, al ser



Fotos N° 19-19/26 : Paciente que presenta hemorragia vista en TC, arriba a la izquierda, de la cual es operada de urgencia evacuándose el hematoma. Una RMI, arriba a la derecha muestra una MAV talámica dorsal con extensión al ventrículo. La angioresonancia (en el medio) demuestra la extensión de la lesión. En las fotos intraoperatorias, a la izquierda, reclinado el hemisferio (H) y abierto el cuerpo calloso (CC), se expone la cavidad ventricular. El nido (N) de la malformación ocupa el tálamo. Se observa el núcleo caudado (NC). Nótese una corioidea póstero-medial (CPM) nutriendo el nido de la lesión. A la derecha se observa el plano entre el nido y el núcleo caudado. En la página siguiente, arriba a la izquierda comienza a resecarse la lesión, estableciendo un plano entre el nido (N) y el tálamo de color claramente blanquecino contrastando con el color grisáceo del núcleo caudado. En la foto de la página siguiente, la MAV ha sido resecada.



excitado, transmitir a las zonas eferentes de los ganglios basales un violento freno cortical sobre una determinada acción o decisión, o bien cambiar en forma abrupta el plan motor.

Puede interpretarse así, de acuerdo al antagonismo entre la vía directa o indirecta que existe una competencia entre diferentes planes de acción. Así cada plan motor inhibirá a otros planes mediante la vía indirecta y el plan elegido activará el correspondiente loop pálido-talámico, abriendo la puerta para la eferencia talámica a la corteza y la consecuente ejecución del plan motor elegido. La presencia de dopamina, por acción del circuito nigro-estriatal, propiciará hacia donde se inclina el balance, ya sea excitando neuronas D1 (vía directa) o inhibiendo neuronas D2 (vía indirecta). O sea habría una especie de competencia funcional entre las 2 vías. De esta forma, la pars compacta de la sustancia nigra envía fibras dopaminérgicas que actúan excitando, como ya se mencionó, las neuronas espinosas D1 (origen vía directa) e inhibiendo las D2 (origen vía indirecta)

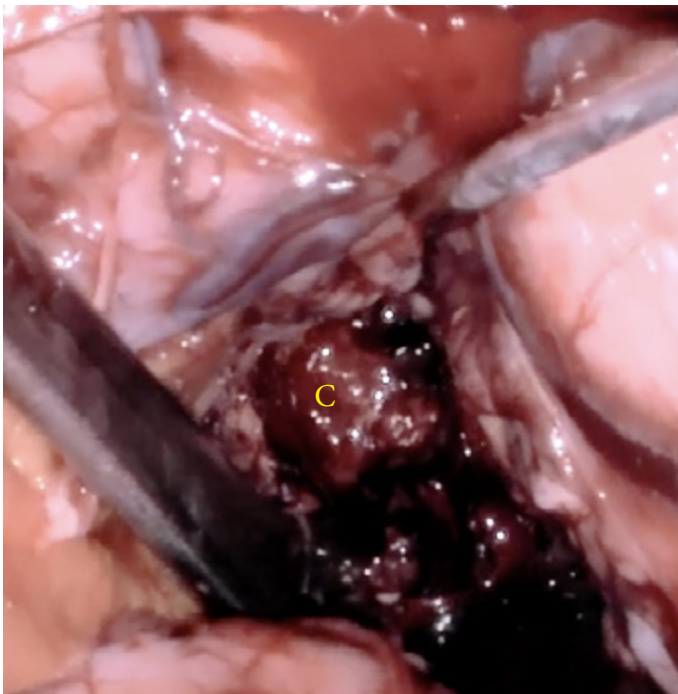
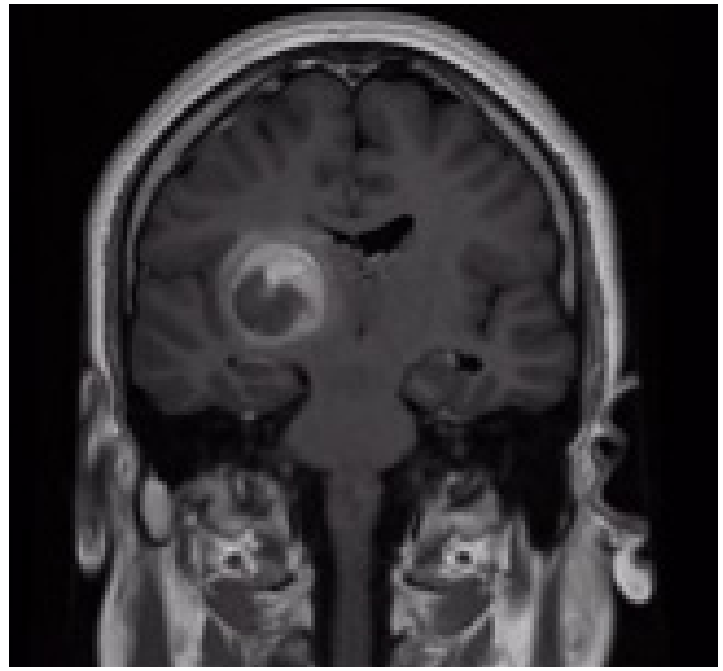
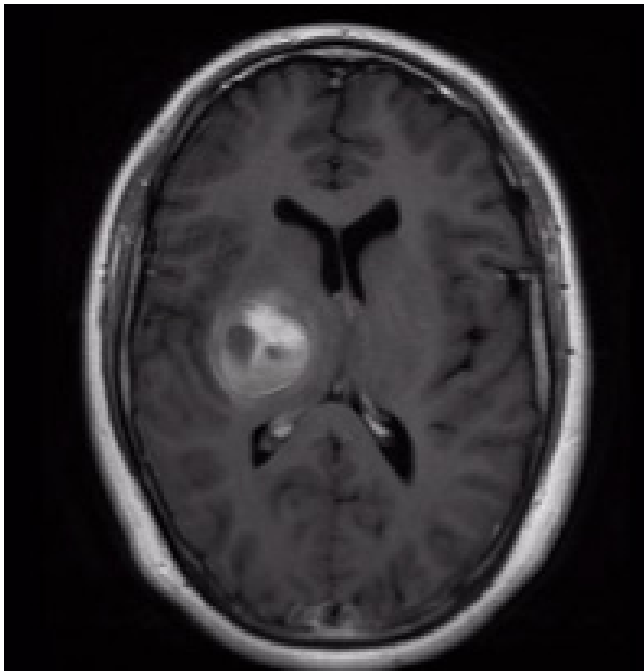
Sería como un mecanismo de relojería dado que al planearse un movimiento, dado su mayor velocidad de conducción, la vía hiperdirecta, inhibiría las neuronas talámicas al comenzar la actividad, impidiendo así, cualquier movimiento innecesario, antes del comienzo de la acción. Luego la vía directa las activaría forzando el acto motor y finalmente la vía indirecta las inhibiría al terminar el mismo. También la vía hiperdirecta e indirecta eliminarían programas motores no deseados o parásitos.

Pero además de cuestiones temporales, también habría una distribución espacial diferente de las fibras. Así la vía directa activaría una porción central limitada del tálamo, mientras que las vías hiperdirecta e indirecta lo harían sobre zonas talámicas adyacentes más amplias, suprimiendo de ese modo programas motores no deseados.

La enfermedad de Parkinson puede ser concebida como una degeneración del circuito nigro-estriatal por destrucción de neuronas dopaminérgicas en la pars compacta de la sustancia nigra. La ausencia de dopamina generará una hiperactividad de la vía indirecta, con aumento de actividad del NST y aumento de la actividad inhibitoria palidal sobre el tálamo. y de la pars reticulada de la sustancia nigra. Esto último es debido a la disfunción de la vía directa inhibidora y al aumento de actividad de la vía indirecta que lleva a que el subtálamo aumente su actividad excitadora sobre el pálido interno.

La cirugía estereotáxica, mediante estimulación cerebral profunda o microlesiones, actúa sobre el pálido interno o el **núcleo subtalámico**. Los resultados de éstas técnicas, son cada vez más promisorios ,para la mejoría de pacientes parkinsonianos.

Volviendo ahora, al comienzo del circuito, este nace en la totalidad de la corteza, presentando una marcada somatotopia en sus proyecciones al estriado. Así por ejemplo, considerando el circuito motor, las fibras arribando desde la **corteza motora primaria** alcanzarían la porción más lateral del **putamen**, mientras que las provenientes



Fotos N° 19-27/30 : Cavernoma en región de ganglios basales. La lesión es abordada por vía transilviana transinsular. En la foto de abajo a la izquierda se observa el cavernoma (C) y restos de sangre coagulada. Abajo a la derecha el cavernoma ha sido resecado.

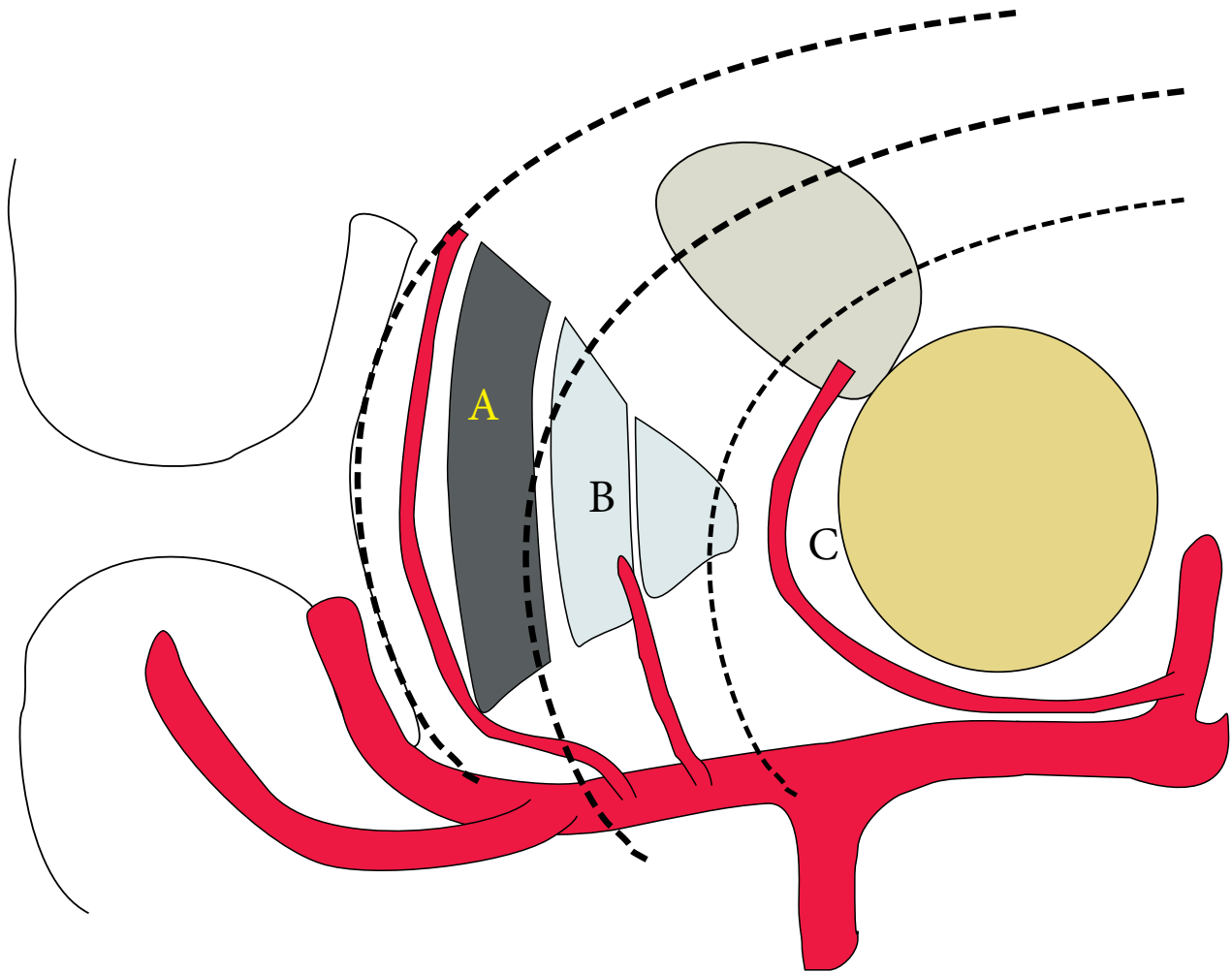
del **área motora suplementaria** se ubicaría en la porción más medial del mismo. Asimismo dentro de estas zonas putaminales somatotópicas, existiría una organización con las piernas situadas dorsalmente, brazos en el medio y la cara dispuesta más ventralmente (ordenamiento somatotópico dorsoventral).

Cerrando el circuito encontramos a la proyección tálamo-cortical, que regresa en forma somatotópica a su área

de origen. Como el sistema recibe una copia de la orden motora que baja por el sistema córtico-espinal, es capaz de generar señales de corrección.

Actualmente se conoce que los ganglios basales están organizados en una serie de loops paralelos, cerrando el circuito comentado: córtico-ganglios basales-tálamo-cortical.

Esa organización somatotópica es tal, que se habla de 5



Esquema N° 127 : Territorios de las perforantes a ganglios basales. Las estriadas laterales irrigan el estriado sensorio-motor (A), las estriadas mediales el estriado asociativo (B) y la recurrente de Huebner el estriado límbico (C). No habría superposición entre los territorios.

loops o bucles dispuestos en paralelo, pero separados que unen diferentes regiones de la corteza. Así es asumido actualmente que los ganglios basales, no sólo juegan su rol en la función motora, sino en las funciones cognitivas, asociativas y emocionales.

Los circuitos conocidos son los siguientes:

-Motor

-Cognitivo

-Asociativo

-Oculomotor

-Límbico

El circuito motor se origina en la corteza motora primaria, el área motora suplementaria, la corteza premotora dorsal

y ventral y las áreas cinguladas motoras. Conectan con el putamen, usando como relevo el **núcleo ventral-lateral** del tálamo, con retorno a las mismas áreas corticales.

El circuito prefrontal dorsolateral cognitivo, nace en las áreas 9, 10, 12 y 46 del córtex, se proyecta a la cabeza del caudado, luego directa o indirectamente al pálido interno dorsomedial y pars reticulada de la sustancia negra. De estas áreas, al **núcleo ventral anterior y dorsomedial** con retorno a las áreas de origen. Este circuito está involucrado en funciones ejecutivas y cognitivas como escoger respuestas conductuales. La disfunción de este circuito generará disfunción ejecutiva y trastornos en la memoria de trabajo.

El circuito orbito-frontal lateral asociativo va del **córtex orbito-frontal** lateral a la porción ventromedial del caudado, usando el núcleo ventro-lateral del tálamo como retorno. Este circuito media en la conducta social apropiada y en la

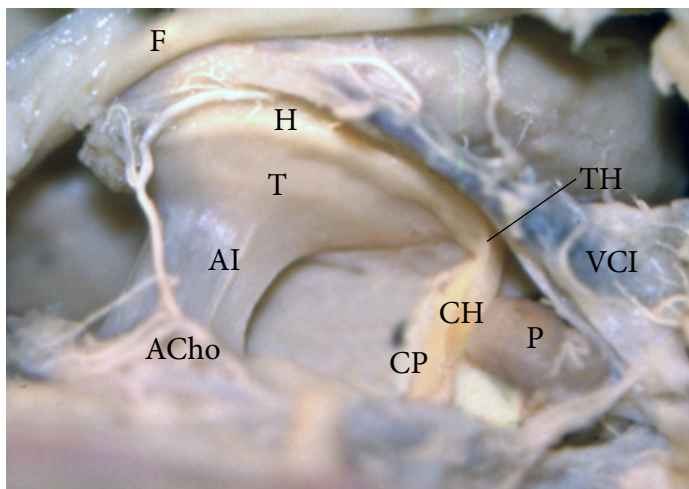


Foto N° 19-31 : Pared medial del tálamo (T). se ve la adhesio intertalámica (AI). En el borde entre la pared medial y la dorsal se ubica la habénula (H), con el trígono habenular (TH) y la comisura habenular (CH). Es visible la comisura posterior (CP) y la pineal. Por debajo del fórnix, desplazado lateralmente, asoma la vena cerebral interna (VCI). ACho: arteria coroidea póstero-medial.

empatía. Alteraciones del mismo producirán desinhibición.

El circuito oculomotor parte de los **campos oculares frontales**, alcanzando en el estriado, el cuerpo del caudado. Este loop, tendría injerencia, en el control de los movimientos sacádicos oculares.

El circuito cingulado nace en la **corteza cingulada anterior** y proyecta al núcleo accumbens. Recibe influencias de la **amígdala, hipocampo y córtex entorrinal**. Aquí el núcleo puente talámico es la porción paramediana del núcleo dorso-medio, volviendo a la corteza cingulada. Este circuito juega un rol importante en la conducta motivada y en el aprendizaje procedimental (aquel que se adquiere con la práctica, vinculado a destrezas, como por ej: andar en bicicleta) El núcleo accumbens es parte del estriado ventral y puede considerarse como un enlace entre la motivación y la consecuente acción motora. Puede considerarse como un área integradora de impulsos dopaminérgicos, provenientes del **área tegmental ventral** e impulsos glutamaérgicos que vienen desde áreas límbicas y corticales como amígdala, cortex prefrontal, hipocampo y tálamo. De acuerdo a dicha integración, envía señales al sistema motor de los ganglios basales, para guiar la conducta

apropiada. Es sabido que el secuestro de este sistema por drogas adictivas desencadena la búsqueda de las mismas por el cerebro y la recaída vista con la abstinencia (ver luego núcleo accumbens). Es importante mencionar que cada uno de estos circuitos está a su vez dividido en múltiples subcircuitos. Es preciso destacar entonces, el papel de los ganglios basales en la facilitación del programa motor deseado, suprimiendo programas que puedan estar en competencia. También tendrían una función fundamental en el aprendizaje de movimientos habituales y de destreza y programas complejos de comportamiento.

REGION PINEAL

EPITALAMO

Comprende la glándula pineal, los núcleos habenulares y las estrías medulares o tenia thalami. La glándula pineal es el centro de una región conocida como región pineal. Esta glándula se ubica en la línea media (marcador de línea media) sobre la placa cuadrigémina, justo por encima de los colículos superiores y entre ambos tálamos, formando

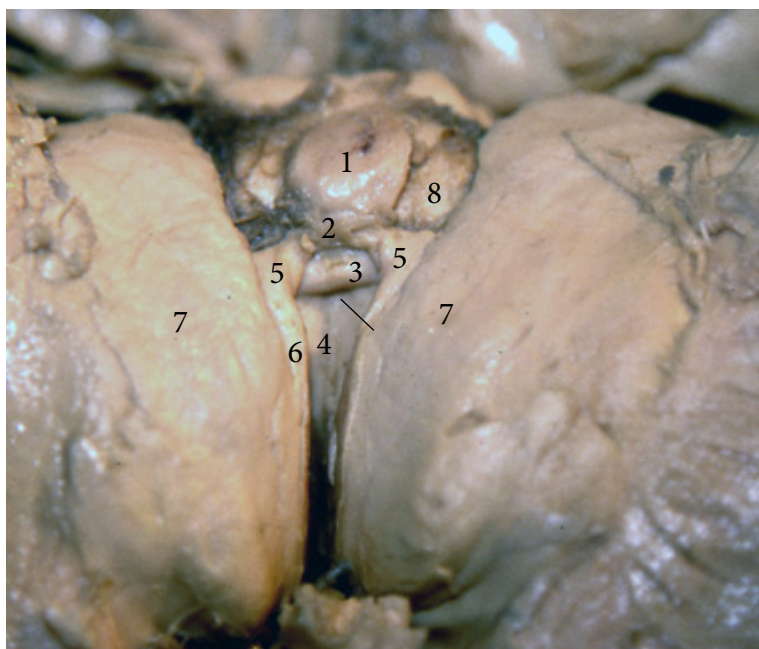


Foto N° 19-32 : La pineal (1) apoya sobre la placa cuadrigémina (8). La comisura habenular (2), une ambas habénulas (5). La comisura blanca posterior (3) completa la pared posterior del III ventrículo. La línea marca el ano del acueducto de Silvio. la estría medular (6) se proyecta hacia adelante desde la habénula. Se visualizan ambos tálamos (7). 4. meséncéfalo.

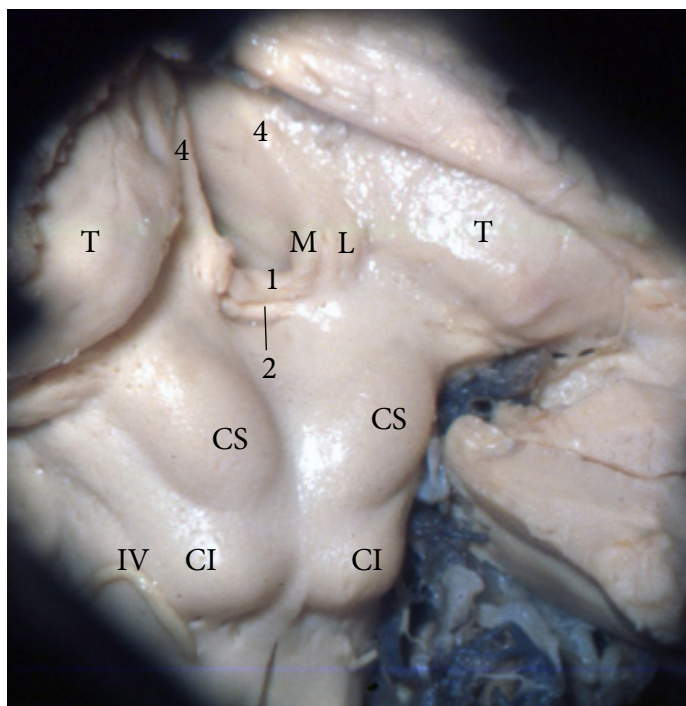


Foto N° 19-33 : Imagen de la placa cuadrigémina, con la pineal reseca. Se observa la habénula con sus porción medial (M) y lateral (L). la comisura habenular (1) une ambas habénulas. Por debajo se insinúa la comisura blanca posterior (2). Hacia adelante se proyecta la estría medular (4). T: tálamo CS: colículo superior CI: colículo inferior IV: nervio troclear

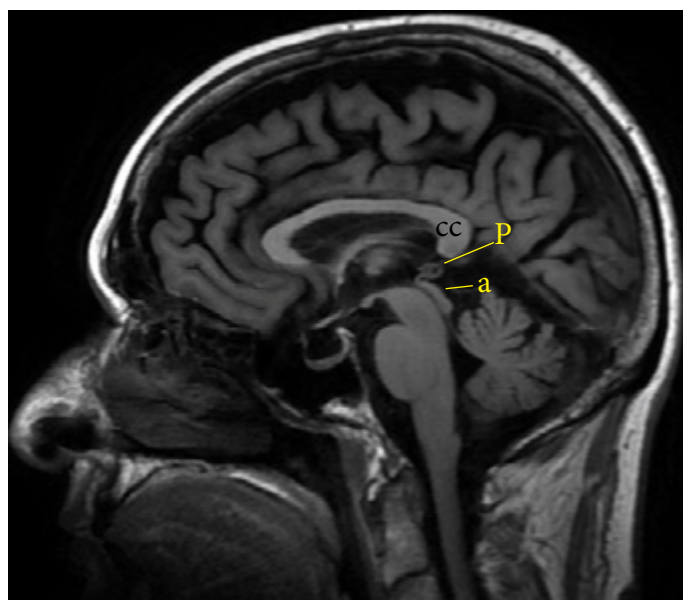
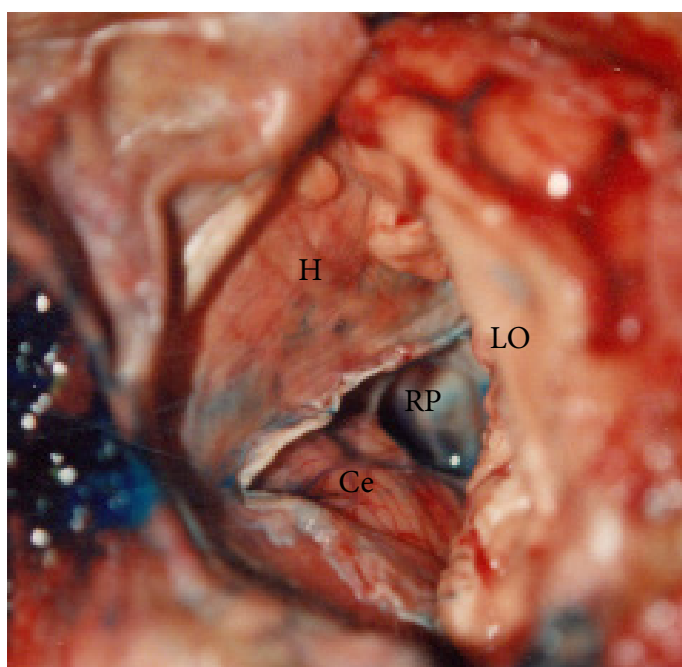
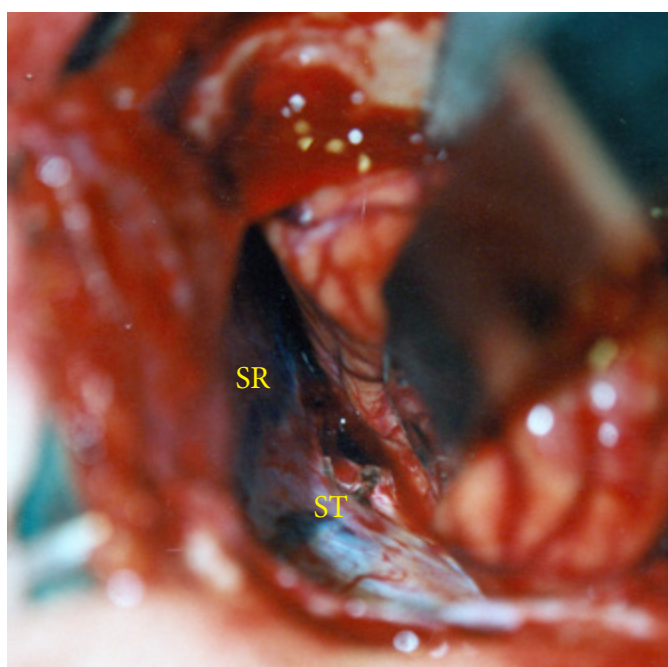


Foto N° 19-34 : imagen sagital de resonancia de la glándula pineal (P), la cual asienta sobre la placa cuadrigémina (a) y bajo el rodete del cuerpo calloso (cc).

parte de la pared posterior del III ventrículo. El rodete del cuerpo calloso forma su techo, con las venas cerebrales internas, inmediatamente por debajo de aquel, cruzando la cara dorsal de la glándula entre las 2 hojas de la tela coroidea. Dicha zona, entre las 2 hojas de la tela coroidea, se conoce



Fotos N° 19-35/36 : Abordaje occipital transtentorial a la región pineal. La craneotomía se hace rasando los senos sagital y transversal. A la izquierda la espátula reclina el lóbulo occipital. Es un área fácil de reclinar por la ausencia de venas puente a ese nivel. Se visualiza el seno recto (SR) y un seno transtentorial. A la derecha la dura tentorial es seccionada paralela al seno recto, lo cual expone la superficie tentorial del cerebelo (Ce) H: hoz del cerebro. LO: lóbulo occipital. Se observan en un segundo plano las estructuras venosas de la región pineal (RP).

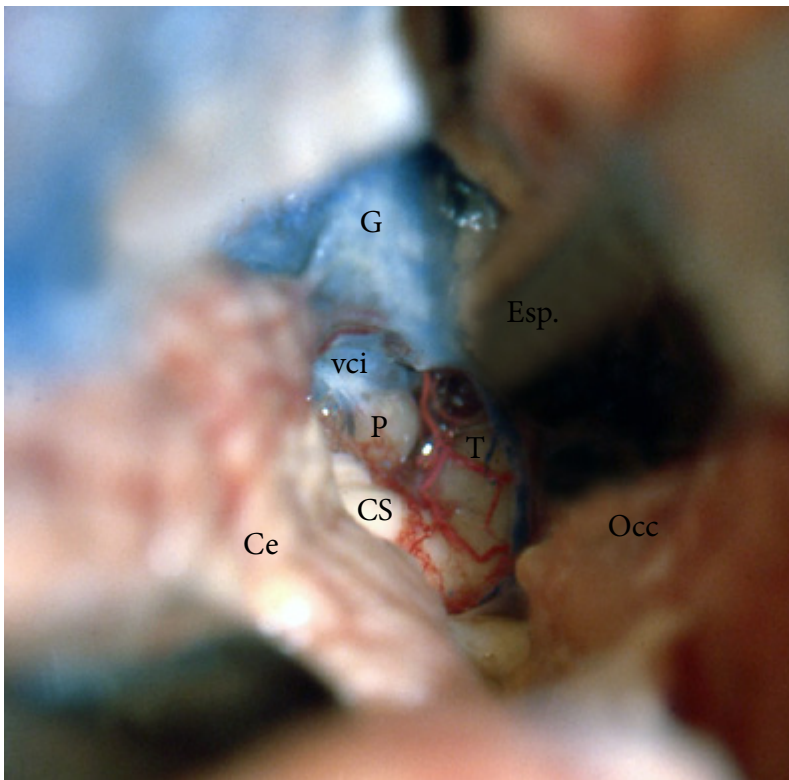


Foto N° 19-37 : Región pineal vista desde un abordaje occipital transtentorial. El lóbulo occipital (Occ) es reclinado con una espátula (Esp) y el tentorio es cortado exponiendo el cerebelo (Ce). Se observa la pineal (P) sobre la placa cuadrigémina, evidenciada por el colículo superior (CS). Las venas cerebrales internas (vci) pasan sobre la glándula y se incorporan a la ampolla de Galeno (G).

como velo interpósito. La glándula pineal mide entre 5 a 10 mms de largo, 5 a 9 mms de ancho y 2,5 mms de altura, pesando de 100 a 180 mgs. Un 50% puede presentar quistes y un 20% calcificaciones.

La función más conocida de la pineal es la producción de melatonina durante la fase sin luz del ciclo día-noche. Es considerada un transductor foto-neuro-endocrino. El ser humano ha perdido la sensibilidad directa a la luz que es notada en vertebrados inferiores. Así, el estímulo lumínico impacta en la glándula a través de una vía multisináptica, que comienza en la retina. Allí, células ganglionares especializadas que contienen melanopsina tienen a su cargo funciones no visuales como la sincronización del ritmo sueño – vigilia, el estado de vigilancia y la constricción pupilar. Las eferencias de estas células alcanzan el núcleo supraquiasmático (reloj interno) del hipotálamo, a través de la vía retino-hipotalámica y luego arriban al

núcleo paraventricular. Este envía el estímulo a las neuronas simpáticas pre-ganglionares de la columna intermedio-lateral de la médula, por medio de la cual, arriban el ganglio cervical superior. Desde allí fibras noradrenérgicas postganglionares, se incorporan a la carótida, como plexo pericarotídeo. De este se desprende el nervio conari que por medio de las arterias pineales terminan en la glándula. Allí la NORA liberada activa receptores adrenérgicos post-sinápticos en los pinealocitos llevando a la producción de melatonina. La pineal desde el punto de vista histológico contiene células gliales y pinealocitos. Estos últimos, son los encargados de transformar la serotonina en melatonina, usando como precursor al triptófano. La glándula produce serotonina, melatonina y NN dimetiltriptamina. Este último es un poderoso alucinógeno derivado del triptófano y elaborado bajo situaciones de stress. Podría ser el responsable de las experiencias evocadas por personas resucitadas luego de paro cardíaco. Este compuesto podría tener algún grado de actividad en la percepción, conciencia, imaginación y ensoñación. Una planta amazónica, contiene NN, dimetiltriptamina y ha sido usada por

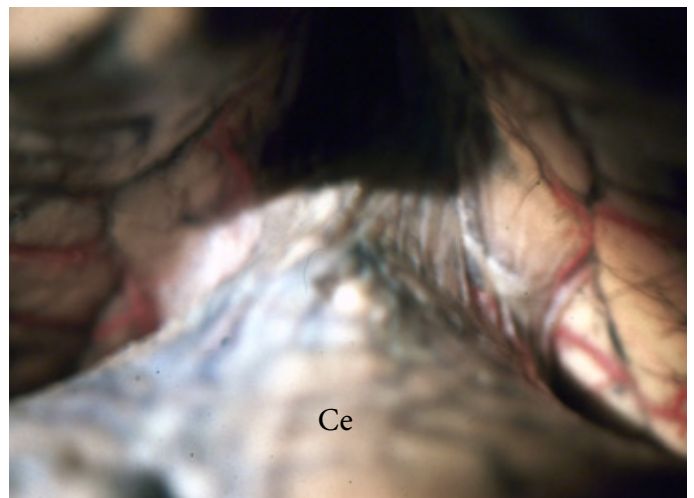


Foto N° 19-38 : la membrana aracnoidal, que recubre el cerebelo, pasa a manera de tienda de campaña uniéndose a la aracnoides de la cisterna pericallosa, encerrando bajo sí todos los elementos que forman la región pineal. Así en un abordaje supracerebeloso infratentorial, vamos a encontrar al deprimir el cerebelo, esta configuración de la aracnoides

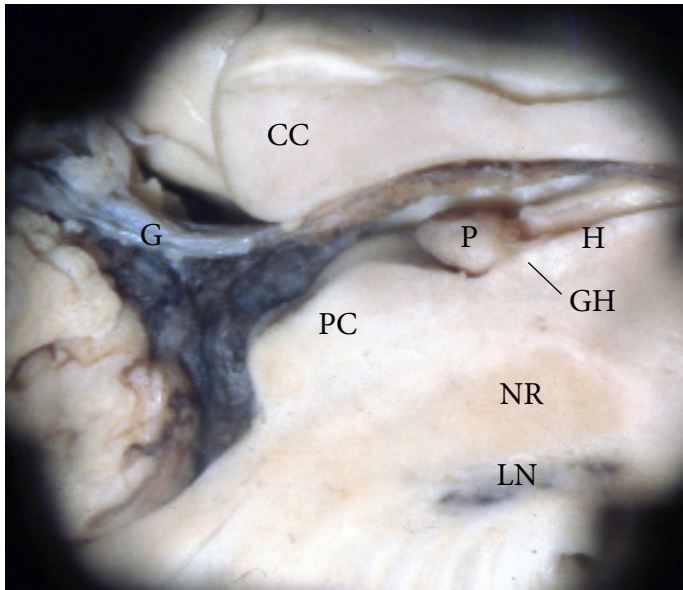


Foto N° 19-39 : corte anatómico sagital que muestra la pineal (P) encima de la placa cuadrigémina (PC). Se observa el ganglio de la habénula (GH) y la habénula (H). CC: cuerpo calloso; G: ampolla de Galeno LN: locus niger; NR: núcleo rojo.

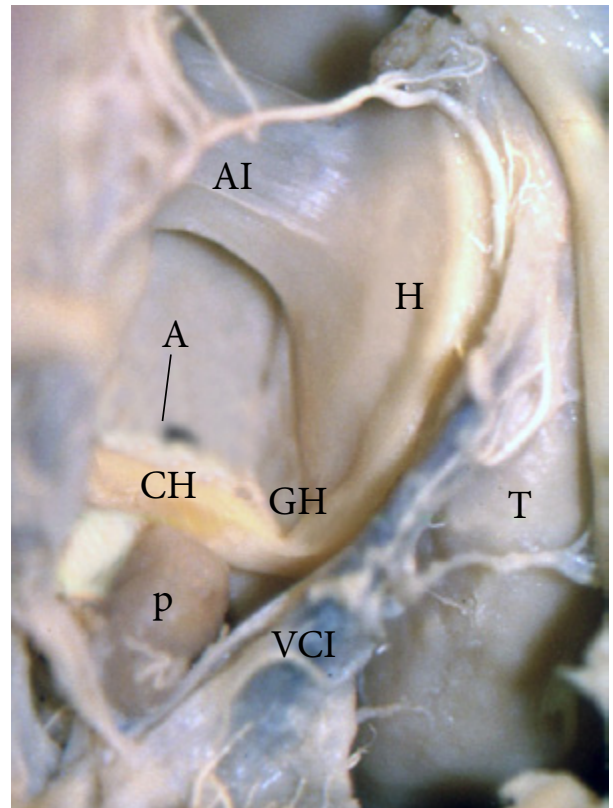


Foto N° 19-40 : imagen del tercer ventrículo visto desde atrás. Se observa la habénula (H) con el ganglio de la habénula (GH) y la comisura habénular (CH) A: ano del acueducto AI: adhesio intertalámica P: pineal T: tálamo VCI: vena cerebral interna.

los chamanes peruanos, por su efecto psicoactivo, en ceremonias religiosas. Se evalúa, actualmente la utilidad de la NN dimetiltriptamina para el tratamiento de la depresión y otros trastornos siquiátricos.

Dentro de las funciones atribuidas a la melatonina, aparte de ser inductor del sueño, tendría una función

antigonadotrófica (la disfunción de la pineal a edades tempranas, estaría vinculada a pubertad precoz.) y antitiroidea, funciones hipotermizante e hipotensiva. También se han descrito funciones inmunoregulatorias, antioxidantes y oncostáticas.

Se ha encontrado alguna relación causal entre el grado de calcificación de la pineal en personas ancianas y la aparición de trastornos siquiátricos.

La pineal y la habénula, son irrigadas entre 1 a 5 ramas procedentes de la arteria coroidea póstero-medial, la cual recorre la cara lateral de la glándula. Las venas pineales drenan a la vena cerebral interna o Galeno, aunque ocasionalmente lo pueden hacer en las venas cerebelosas precentrales.

El abordaje quirúrgico de la pineal es complejo, dada

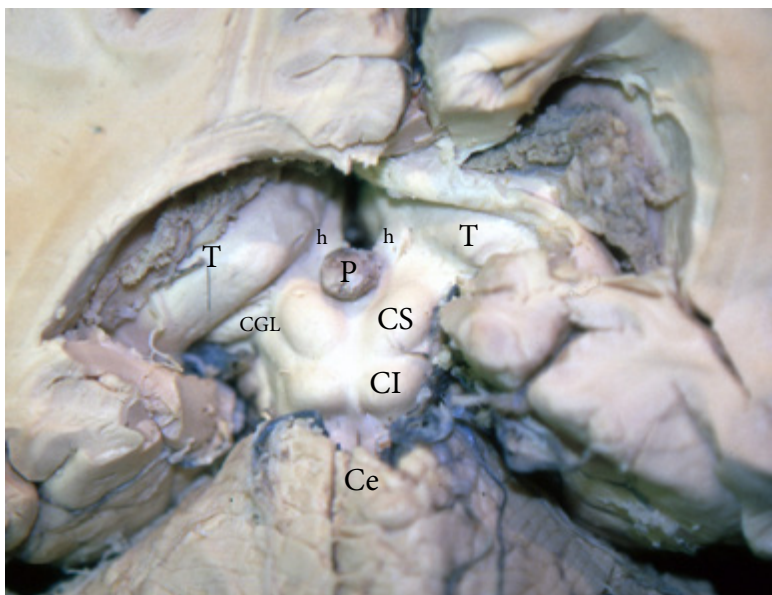


Foto N° 19-41 : Región pineal. La glándula (P) asienta sobre la placa cuadrigémina, básicamente los colículos superiores (CS) CI: colículos inferiores Ce: cerebelo; h: habénula T: tálamo CGL: cuerpo geniculado lateral.

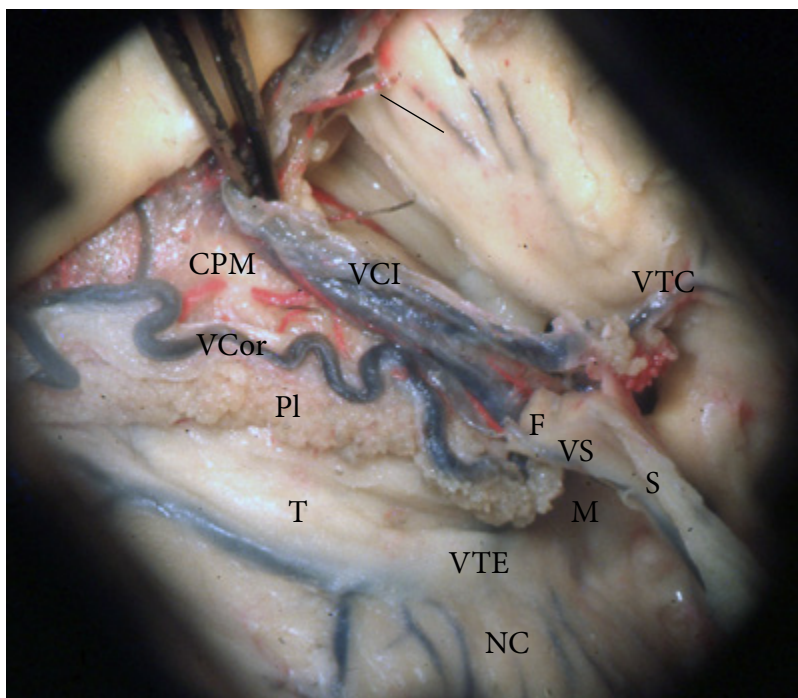


Foto N° 19-42 : la vena cerebral interna (VCI) se forma detrás del Monro (M), por la unión de la vena septal (VS) que recorre el septum (S), la coroidea (VCor) que acompaña al plexo coroideo (Pl) y la vena tálamo-estriada (VTE), que recorre el surco opto-estriado entre el tálamo (T) y el núcleo caudado (NC). En el lado opuesto a donde se observa la tálamo-estriada una vena tálamo-caudada (VTC) reemplaza a aquella. Esta vena tiende a situarse algo más posterior al Monro y sigue un curso más transversal. Nótese la arteria coroidea póstero-medial (CPM) y como suministra pequeñas ramas al tálamo (línea negra) El fórnix (F) ha sido seccionado para mostrar la tela coroidea y su contenido.

la profundidad de su ubicación y el prominente confluente venoso que se establece en su cercanía, por la presencia de las venas cerebrales internas, que van a formar la ampolla de Galeno y sus afluentes, con la vena basal y las venas cerebelosas precentrales dentro de las más prominentes. La distancia entre el borde posterior de la hendidura tentorial y la pineal varía entre 10 y 30 mms.

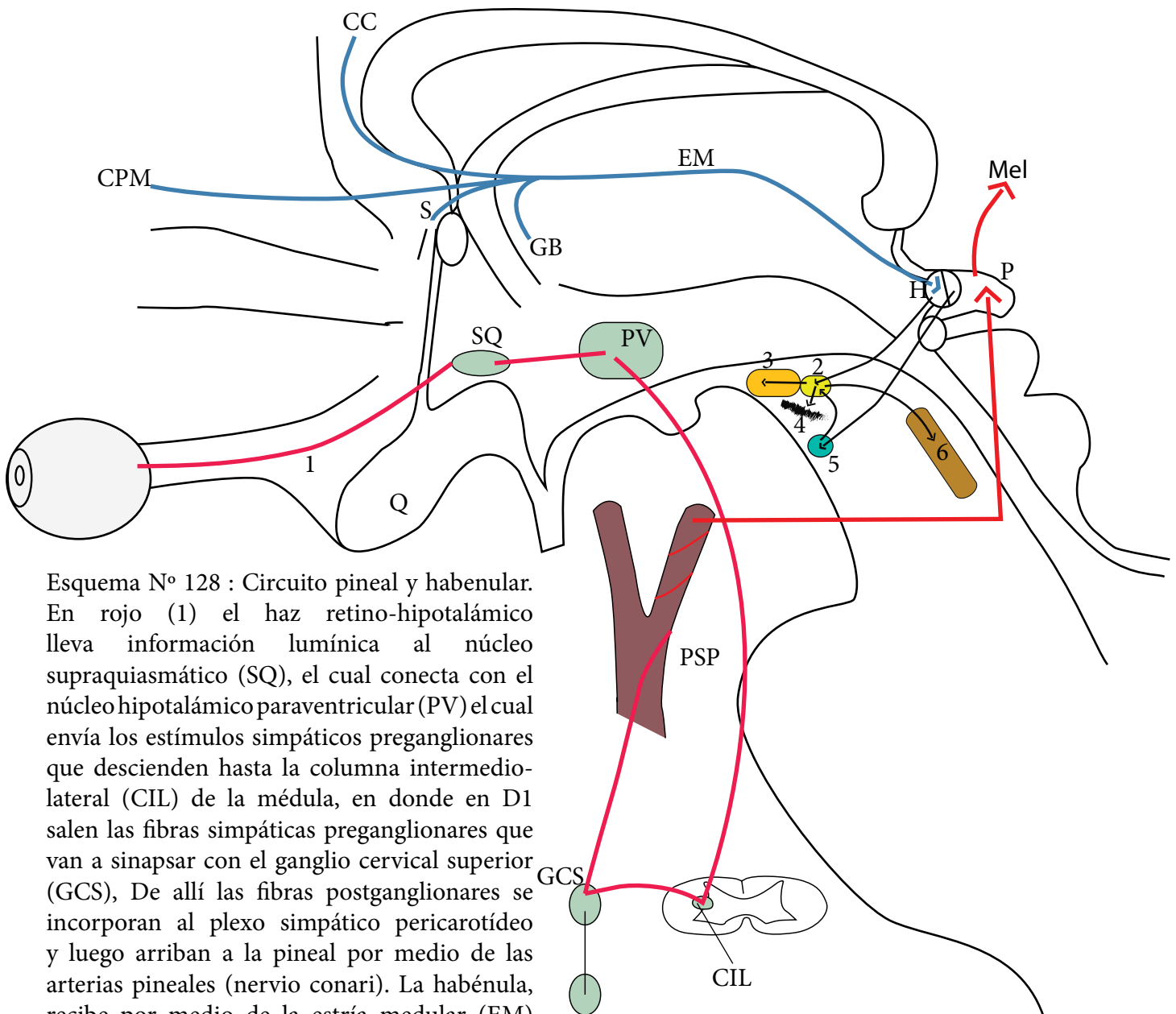
Existen 3 abordajes posibles a lesiones de la región pineal: occipital transtentorial, supracerebeloso infratentorial e interhemisférico transesplenial.

SISTEMA VENOSO DE GALENO:

La vena de Galeno mide entre 10 a 25 mms y se forma en un 100% de los casos por la unión de ambas cerebrales internas. También en orden de frecuencia, van a desembocar

en Galeno, las venas cerebelosas precentrales, la occipital interna, la vena basal, la pericallosa posterior, la vena pineal y la vena mesencefálica posterior. Las venas cerebrales internas se forman a nivel del foramen de Monro por la unión de la vena septal, la tálamo-estriada y la coroidea. El punto de reunión de estos vasos es conocido como ángulo venoso en la angiografía y marca la posición del Monro. En 1/3 de los casos la desembocadura de la tálamo-estriada es más atrás, sobre la cisura coroidea (falso ángulo venoso) La más importante de las venas afluentes de la cerebral interna, es la tálamo-estriada, que recorre el surco optoestriado por debajo de la stria terminalis drenando el territorio del núcleo caudado, núcleo lenticular, cápsula interna, cápsula externa, antemuro, cápsula extrema y materia blanca de los lóbulos frontoparietales. A pesar de su nombre, suele haber poco aporte talámico a esta vena.

La vena basal de Rosenthal (VBR), es otro afluente importante del sistema venoso profundo, la cual, nace inmediatamente debajo de la sustancia perforada anterior. Se reconocen 3 segmentos de la misma: un segmento anterior o estriado desde su origen, donde se reúnen, las venas striatal inferior, cerebral anterior y la cerebral media profunda. Este segmento se extiende, hasta el borde anterior del pedúnculo cerebral. El segundo segmento o peduncular, se prolonga hasta la vena mesencefálica lateral y el tercero o mesencefálico, hasta la desembocadura de la cerebral interna en Galeno. La vena basal, suele tener variantes significativas, que se explican desde el punto de vista embriológico. En el embrión de 24 mm, el seno tentorial embrionario recibe sangre venosa de los territorios telencefálicos y diencefálicos, desembocando en el seno recto, la tórula o el seno lateral. En el estadio de 40 mm este sistema forma una conexión con la vena mesencefálica, permitiendo así su drenaje en la futura vena de Galeno. Hasta el embrión de 60 mms los canales venosos precursores de la VBR, drenan en el seno tentorial



Esquema N° 128 : Circuito pineal y habenular.

En rojo (1) el haz retino-hipotalámico lleva información lumínica al núcleo supraquiasmático (SQ), el cual conecta con el núcleo hipotalámico paraventricular (PV) el cual envía los estímulos simpáticos preganglionares que descienden hasta la columna intermedio-lateral (CIL) de la médula, en donde en D1 salen las fibras simpáticas preganglionares que van a sinapsar con el ganglio cervical superior (GCS). De allí las fibras postganglionares se incorporan al plexo simpático pericarotídeo y luego arriban a la pineal por medio de las arterias pineales (nervio conari). La habénula, recibe por medio de la estría medular (EM) fibras de la corteza cingulada (CC), corteza prefrontal medial (CPM), área septal (S) y ganglios basales (GB). La habénula medial, más pequeña conecta con el núcleo interpeduncular (5). La habénula lateral estimula el núcleo tegmentario rostromedial (2), el cual inhibe las áreas dopaminérgicas, como el área tegmental ventral (3) y la pars compacta de la sustancia negra (4) e inhibe también áreas serotoninérgicas como el núcleo del rafe (6). P: pineal Q: quiasma H: habénula.

primitivo de Padget. En el embrión de 60 a 80 mms, este seno primitivo regresiona y la VBR pasa a ser un canal longitudinal, formado por la unión de 4 componentes venosos primitivos: la vena telencefálica profunda, la diencefálica ventral y/o dorsal, la vena mesencefálica y un tributario del seno recto primitivo. Cada una de estos 4 componentes tendrá vías naturales de drenaje, ya sea hacia Galeno (diencefálica dorsal), seno cavernoso o esfenoparietal (telencefálica profunda), seno petroso superior por

medio de la vena mesencefálica lateral (mesencefálica), seno petroso superior vía vena peduncular (mesencefálica ventral) o seno sigmoideo o recto por medio del tentorio (lagos tentoriales o senos transtentoriales). De ésta forma, si la unión longitudinal, entre estas venas primitivas no se completa habrá diferencias en la configuración de la VBR, pudiendo así drenar porciones de la vena anteriormente, ya sea en los senos de la fosa media, vena uncal o vena silviana superficial, lateralmente en la vena petrosa vía vena

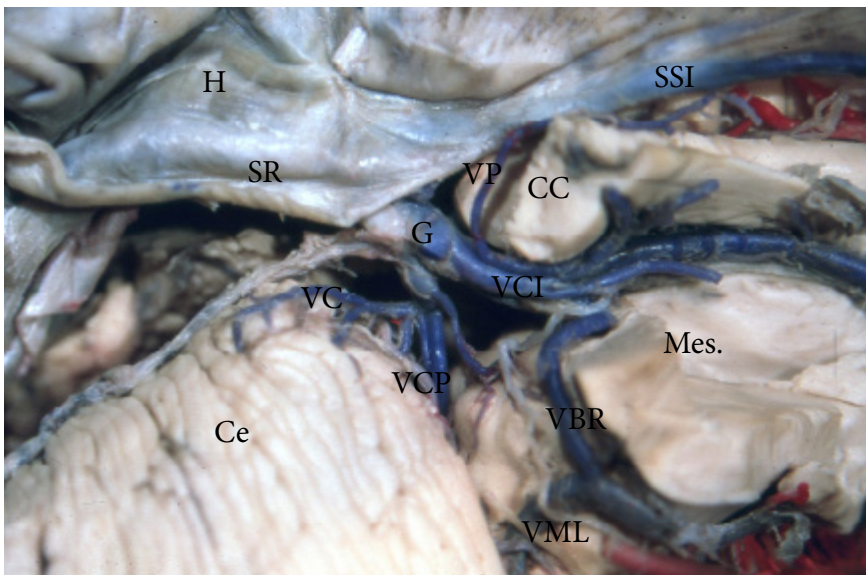


Foto N° 19-43 : Galeno y sus afluentes. Las 2 cerebrales internas (VCI) configuran la ampolla de Galeno (G). La vena basal de Rosenthal (VBR) llega desde la cisterna ambiens y conecta en este caso con una voluminosa vena mesencefálica lateral (VML). VP: vena pericallosa. VCP: vena cerebelosa precentral VC: vena culminar SSI: seno sagital inferior SR: seno recto. Ce: cerebelo. CC: cuerpo calloso Mes: mesencéfalo

mesencefálica lateral y posteriormente en Galeno o seno transversal o bien, sigmoideo vía senos en el interior del tentorio. Así puede ocurrir que el principal drenaje de la VBR sea hacia el seno petroso, vía vena petrosa. En este caso una lesión de dicha vena, podría generar infarto venoso, en el curso de cirugía al ángulo ponto-cerebeloso. Hay varios reportes de drenaje de la VBR al seno recto, tórula o seno transversal, por medio de un seno transtentorial. Esto podría representar la persistencia de la comunicación primitiva posterior con el seno tentorial primitivo.

Por lo antedicho, se reconocen 3 tipos de VBR: un tipo A o normal continuo en el que hay una continuidad desde la vena cerebral media profunda hasta Galeno, tipo B o normal discontinuo en que la parte anterior drena hacia delante a la vena uncal y la posterior lo hace en Galeno y un tipo C o primitivo con drenaje en los senos duros.

Este último tipo de configuración de la VBR estaría asociada a hemorragia subaracnoidea perimesencefálica no aneurismática, un tipo relativamente benigno de sangrado intracraneal. La vena occipital interna o calcarina, emerge del extremo anterior de la cisura calcarina, por lo cual su

lesión, podría generar hemianopsia.

Las venas del tronco y cerebelo desaguan en 3 grandes grupos: grupo Galénico, desembocando en la ampolla de Galeno, grupo tentorial que lo hacen en los senos recto y transversal, ya sea directamente o por medio de senos tentoriales y un grupo petroso que se vierte en los senos petrosos.

El grupo Galénico consta de la vena mesencefálica lateral, la vena precentral o de la cisura cerebelo-mesencefálica con sus tributarias, las venas del pedúnculo cerebeloso superior. Estas venas tienen a su cargo el drenaje de la superficie tentorial del cerebelo, cisura cerebelo-mesencefálica y mitad superior del techo del cuarto ventrículo.

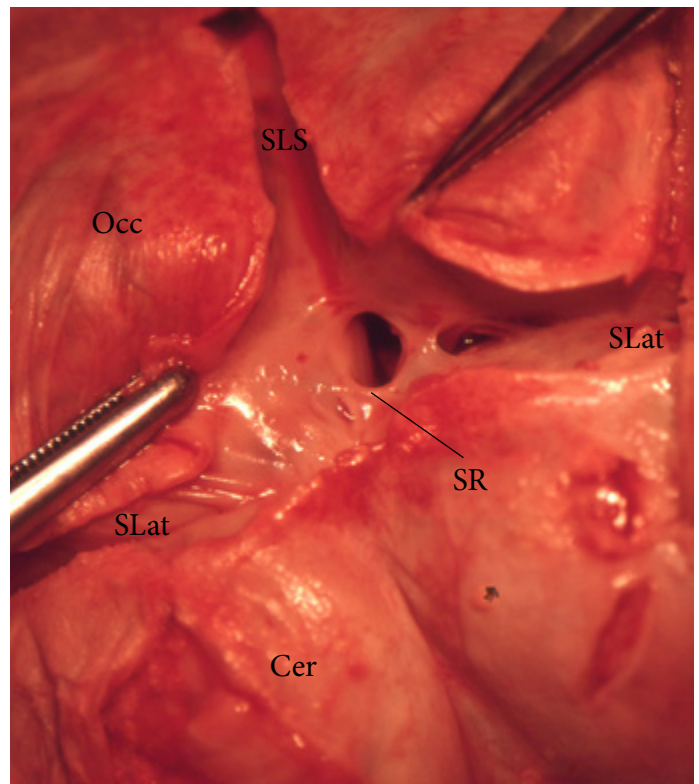
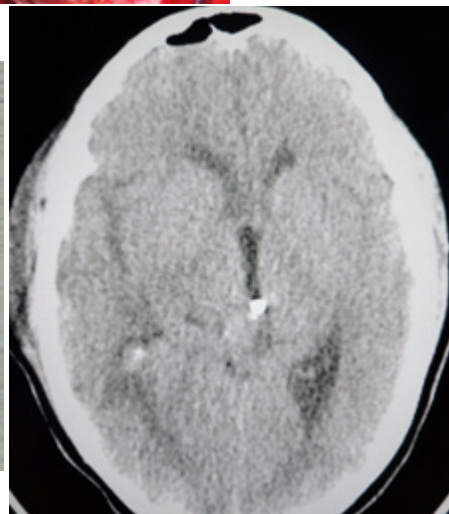
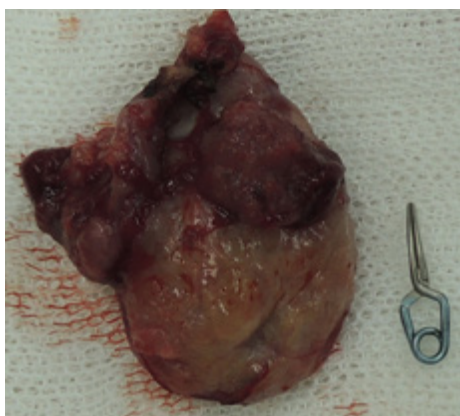
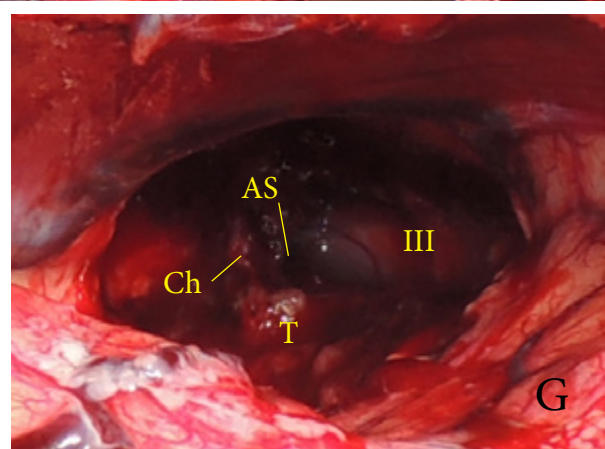
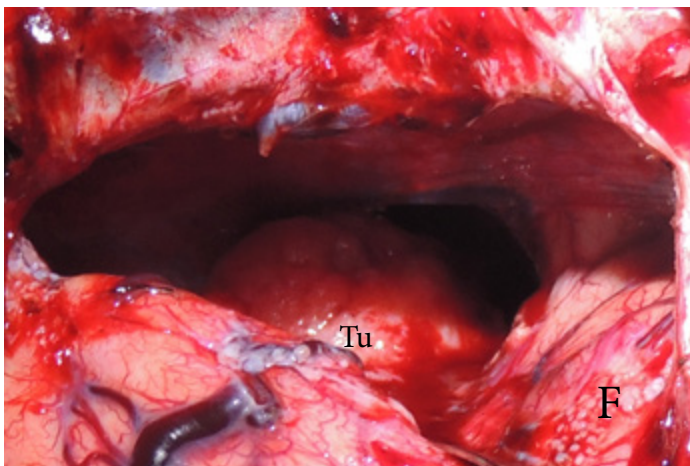
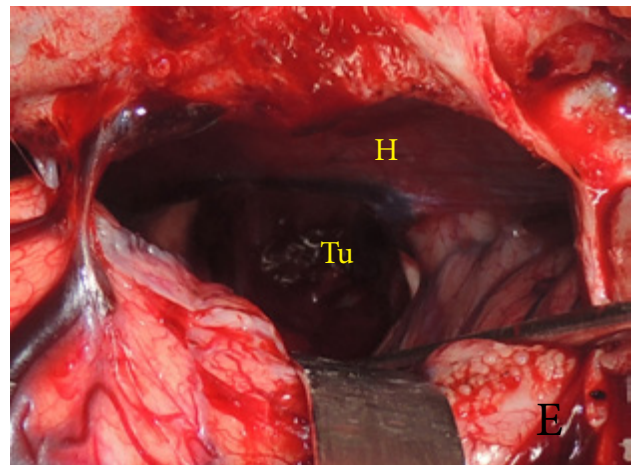
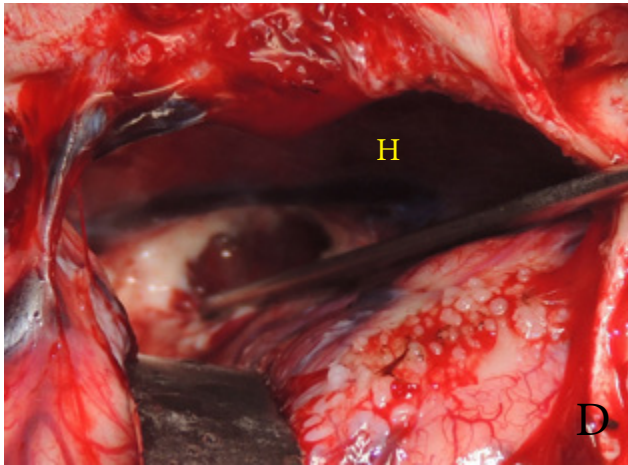
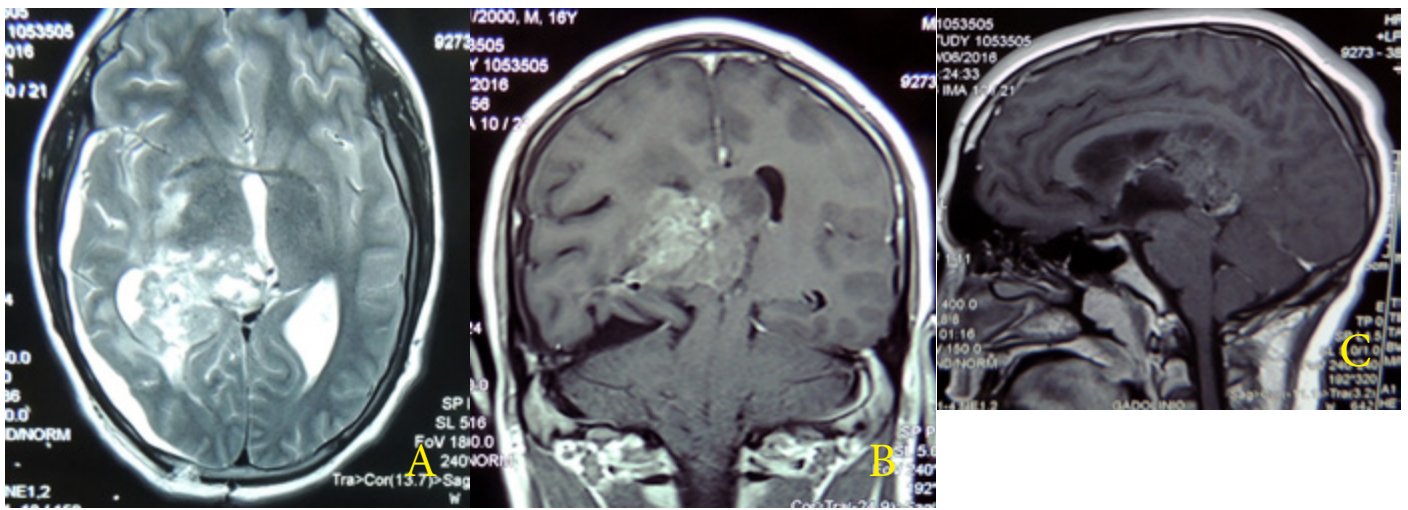


Foto N° 19-44 : La tórula ha sido abierta mostrando hacia arriba el seno longitudinal superior (SLS) y abajo la división en ambos senos laterales (SLat). El seno recto (SR) desemboca en el medio. A la derecha del mismo se observa un orificio de desembocadura de un seno tentorial. Cer: duramadre que recubre al cerebelo; Occ: duramadre que recubre al lóbulo occipital.



Fotos N° 19-45/53 :Extenso tumor pineal extendido a tálamo y atrio ventricular (A,B,C). La lesión es abordada vía interhemisférica transcallosa posterior (D). Se ve el cuerpo calloso (CC) y la hoz del cerebro (H). En E y F el tumor es expuesto (Tu). Luego de resecado (H) se ve la cavidad del III ventrículo (G) con el acueducto de Silvio (AS), la comisura habenular (Ch) y el tálamo (T) Una tomografía postoperatoria muestra la exéresis de la lesión (I)

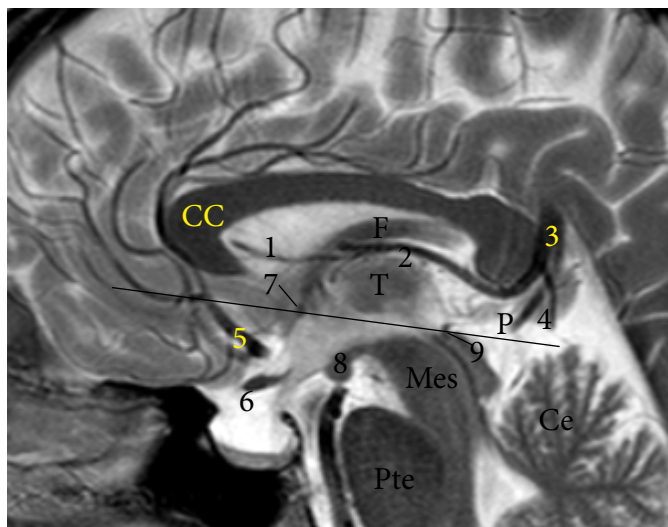


Foto N° 19-54 : Sistema venoso profundo y relación con la pineal (P). 1-Vena septal; 2-Vena cerebral interna.; 3-Ampolla de Galeno; 4-Venas cerebelosas precentrales; 5: Arteria cerebral anterior y sus ramas; 6-Quiasma sobre silla turca vacía; 7-Comisura blanca anterior; 8-Tubérculo mamilar; 9-Comisura blanca posterior con línea bicomisural (línea negra) F: fimbria T: tálamo CC: cuerpo calloso.

La vena precentral marca la posición de la placa cuadrigémina, corriendo verticalmente inmediatamente por detrás de la misma. La vena vermiana o culminar superior puede desembocar aisladamente en Galeno o bien formar un tronco común con la precentral para ir a la gran vena, llamándose en ese caso vena cerebelosa superior.

La vena mesencefálica lateral (VML), puede considerarse como un canal anastomótico entre la el sistema Galénico y el sistema petroso. La porción superior de la vena recorre el surco del mismo nombre y la porción inferior recorre el pedúnculo cerebeloso medio (esta porción es conocida también como vena ponto-trigeminal o tributaria braquial de la vena petrosa). De acuerdo al mayor desarrollo de una porción u otra la VML puede drenar en la vena basal o en el seno petroso superior por medio de la vena petrosa.

El grupo tentorial recibe la sangre de la superficie suboccipital del cerebelo y de la porción adyacente posterior de la superficie tentorial. Aquí venas hemisféricas superiores e inferiores se unen en una vena puente común para alcanzar el seno tentorial, o bien directamente el seno transversal.

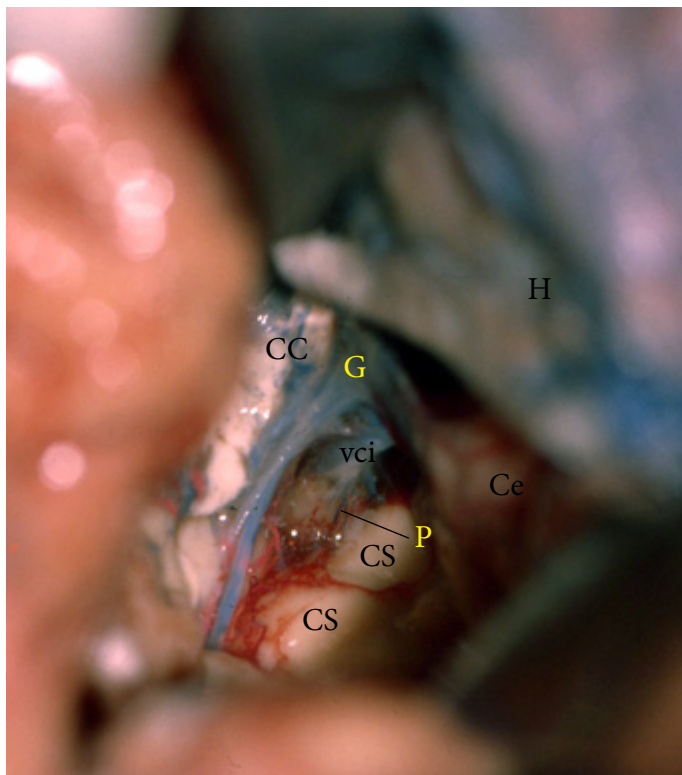
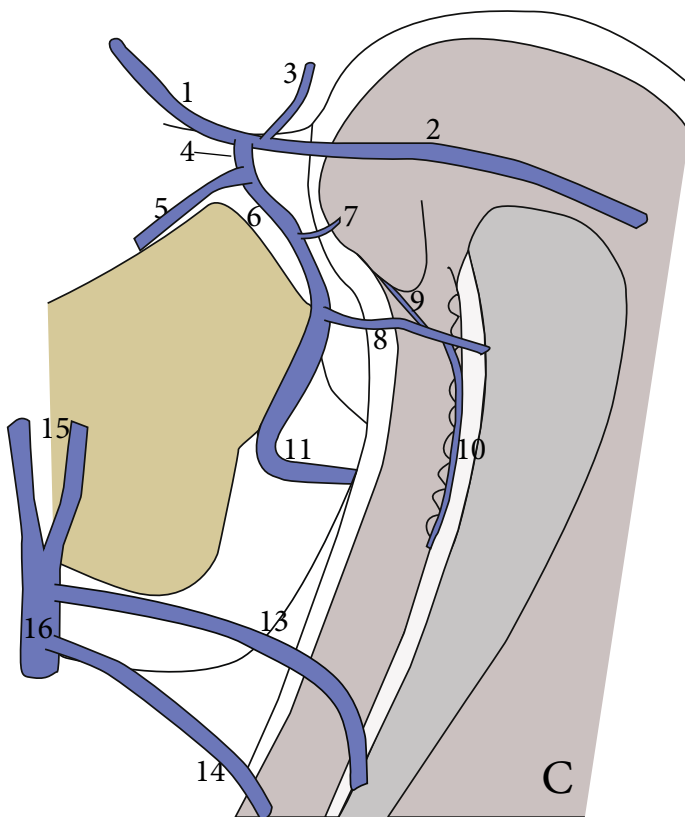
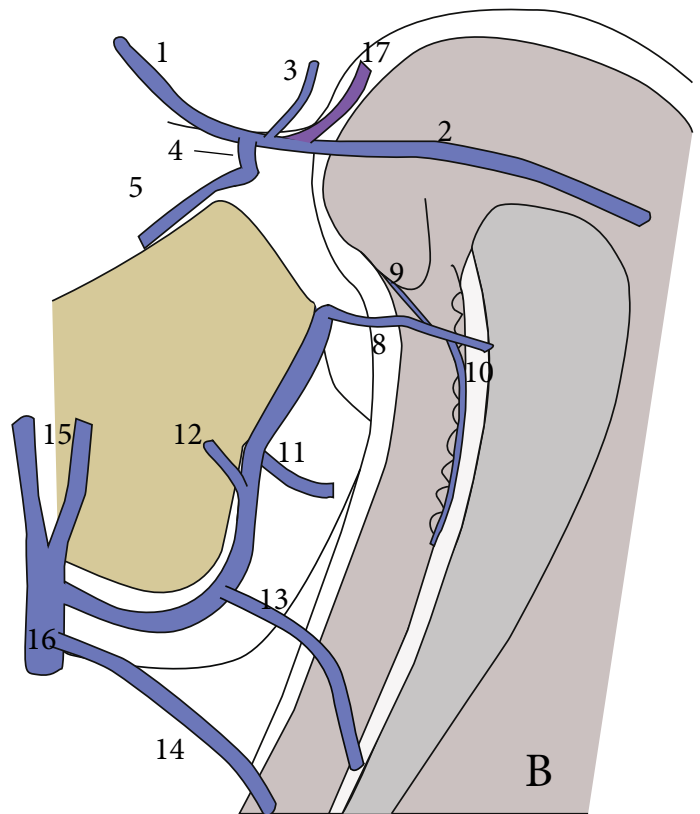
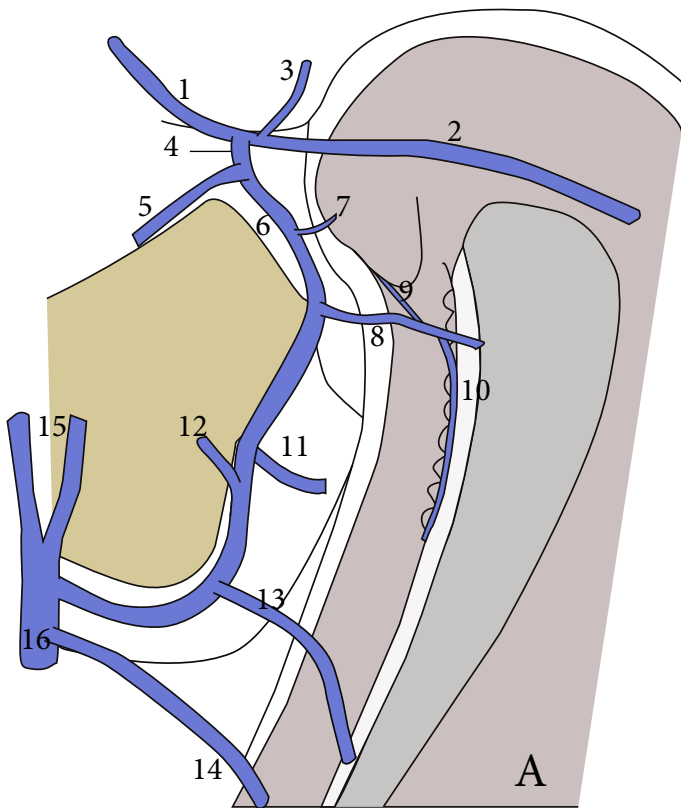


Foto N°19-55 : Imagen de la región pineal a través de un abordaje occipital transtentorial. Se observa la placa cuadrigémina representada por los colículos superiores (CS) y encima la pineal (P). La vena cerebral interna (vci) desemboca en Galeno (G). Por arriba cierra el área el cuerpo calloso (CC). Ce: cerebelo.

El grupo petroso se forma con las venas petrosa superior e inferior. El complejo venoso petroso superior (vena de Dandy), se forma con un grupo de venas provenientes de la cara petrosa del cerebelo y pedúnculo cerebeloso medio, como la vena del pedúnculo cerebeloso medio y la vena de la cisura cerebelo-pontina. Esta es la principal tributaria de la vena petrosa. También la mesencefálica lateral, en su variante ponto-trigeminal aporta a la vena petrosa. Asimismo lo hacen venas ponto-mesencefálicas, como la vena pontina transversa, y venas que vienen del borde entre las caras tentorial y petrosa como la vena marginal lateral. La vena del receso lateral del cuarto ventrículo o de la cisura cerebelo-medular drena en la vena de la cisura cerebelo-pontina. La vena petrosa en número de 1 a 3 desemboca en el seno petroso superior. Este seno normalmente une los senos cavernoso y sigmoideo, pero en un 40% de los casos el segmento medial o lateral de dicho seno, puede ser hipoplásico o ausente. drenando en ese caso el SPS en el seno sigmoideo o cavernoso respectivamente. El



Esquema N° 129 : Vena basal de Rosenthal: En A se observa la variante clásica de la vena, la cual se forma a nivel de la sustancia perforada anterior, por la reunión de las venas cerebral anterior (1), cerebral media profunda (2) y la estriada (3). El primer segmento de la vena (4) se llama segmento estriado. En el momento que recibe la vena peduncular (5). comienza el segmento peduncular (6). Este segmento es llamado también vena anastomótica basal anterior. En este sector, recibe la vena uncinal anterior (7). El tercer segmento o mesencefálico se inicia al recibir la vena ventricular inferior (8), la que drena las venas coroideas, la hipocampal anterior (9) y la hipocampal longitudinal posterior (10). En el segmento mesencefálico (vena anastomótica basal posterior) recibe la vena mesencefálica lateral (11) y venas pulvinares (12). También recibe la atrial lateral (13) y la calcarina (14) u occipital interna. Se observan las venas cerebrales internas (15) y la vena de Galeno (16). En este caso que representa el 50% de los casos el drenaje es claramente posterior. En B el segmento peduncular o anastomótico basal anterior está ausente o hipoplásico, en cuyo caso el

drenaje se hace a través de una vena preuncinal (17) en el seno esfenoparietal o el seno cavernoso. En C el segmento mesencefálico o anastomótico basal posterior está ausente o hipoplásico y en este caso el drenaje se produce por medio de una prominente vena mesencefálica lateral, que por medio de la vena petrosa drena en el seno petroso superior.

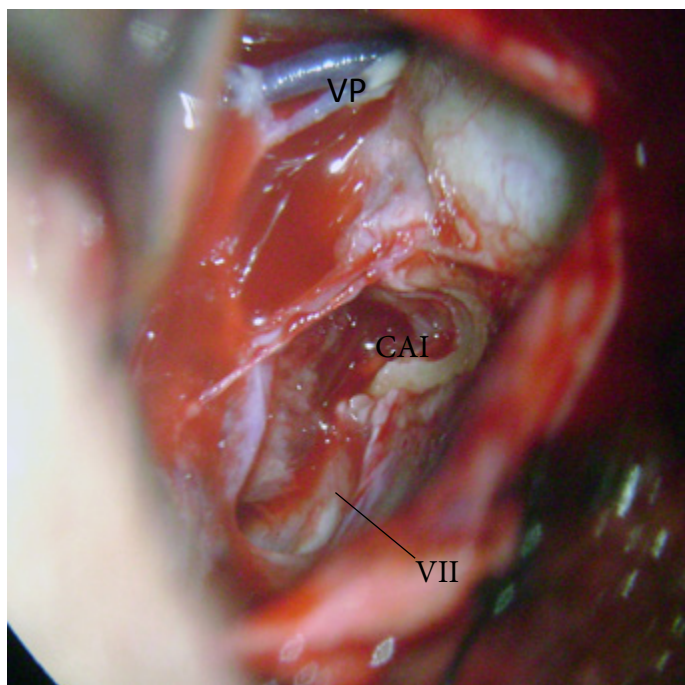


Foto N° 19-56 : La vena petrosa (VP), es motivo de dudas y temores en la cirugía del ángulo ponto-cerebeloso. En la foto se observa al final de la resección de un neurinoma, el conducto auditivo interno destechado por el drillado (CAI). Se visualiza también el nervio facial (VII). Dada la marcada variabilidad del drenaje venoso del tronco y cerebelo, sumado a las variantes del seno petroso superior, es que en lo posible debe preservarse la vena petrosa en el curso de cirugías en la zona.

El cirujano se encuentra en casos de patología del ángulo ponto-cerebeloso con el dilema de seccionar o preservar la vena petrosa. Si bien en muchas ocasiones luego de coagular y cortar la vena no aparecen problemas, se han descrito hasta un 30% de complicaciones vinculados a este accionar, desde halucinosis peduncular, sordera, parálisis facial hasta infartos o hemorragias de tronco y cerebelo. Por lo mencionado es aconsejable preservar la misma durante el acto quirúrgico. Zhong en un trabajo sobre cirugía descompresiva del trigémino propone que venas de menos de 2 mm de diámetro podían ser seccionadas sin problemas. Es obvio que el grosor de la vena petrosa es un elemento cardinal para considerar si uno puede o no seccionar la misma.

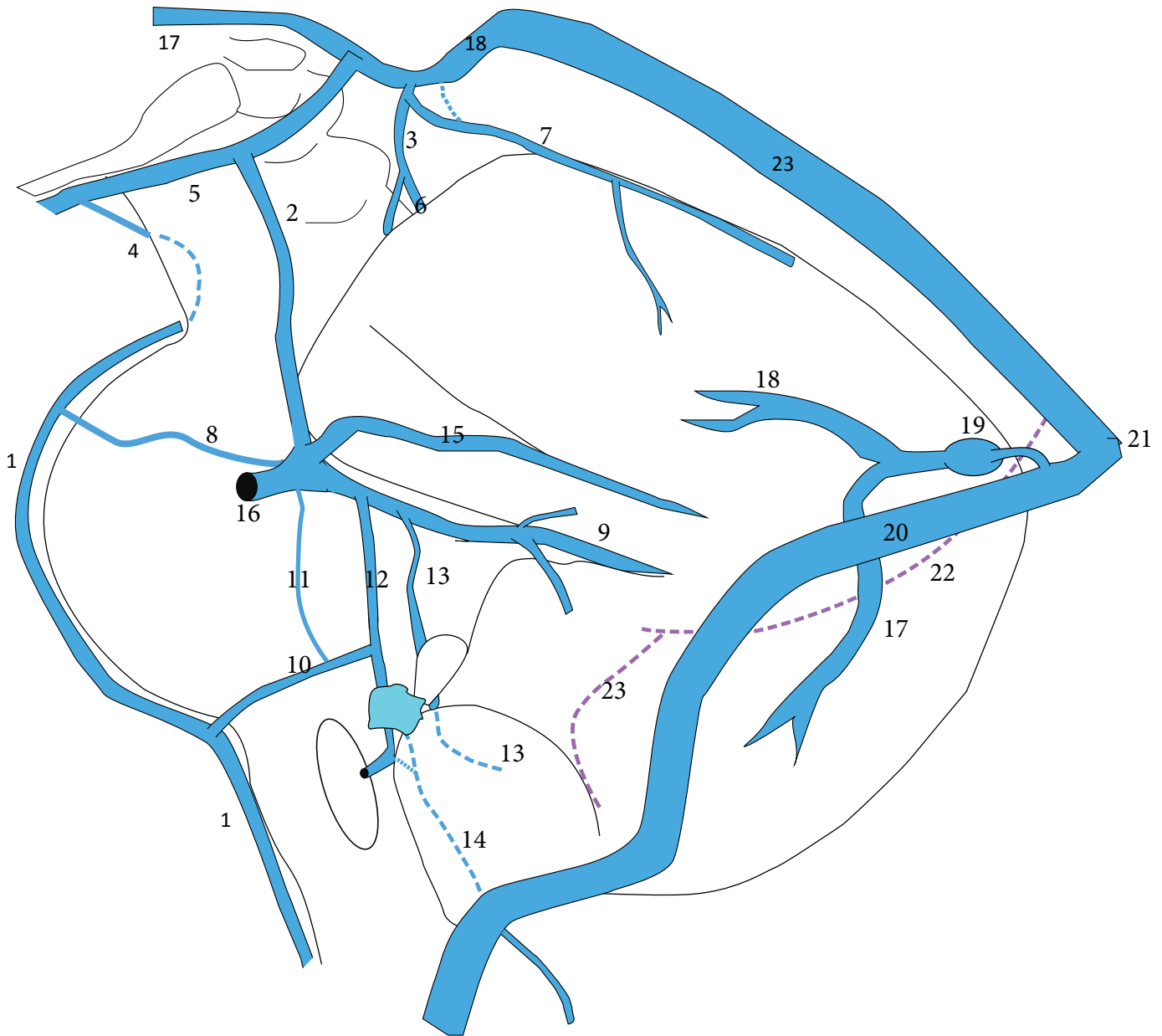
El sistema venoso del tronco se organiza en 3 canales verticales: uno ascendiendo verticalmente en la cara anterior del tronco, en relación con el tronco basilar. Así

encontramos de abajo arriba a la vena espinal anterior, medular o bulbar anterior y ponto-mesencefálica anterior. Es la misma vena, que va tomando diferentes nombres de acuerdo al área que recorre. Este sistema venoso anterior puede drenar hacia abajo, a través de la vena espinal anterior o bien, más comúnmente hacerlo a través de la vena petrosa. Este tronco venoso vertical, comunica hacia arriba en las venas pedunculares de dirección transversal, y por medio de estas con la vena basal. Lateralmente la vena mesencefálica lateral, se continuaría con la pontina y la medular lateral. Estas últimas son muy pequeñas y no guardan continuidad con la VML. Por último un canal vertical posterior, la vena cerebelosa precentral es el tercer sistema. Existe un balance entre los 3 canales verticales, de manera tal que el mayor desarrollo de uno de ellos va acompañado de una hipoplasia de los otros dos. Un conjunto de venas transversales pueden unir los 3 canales venoso. A nivel mesencefálico las venas pedunculares actúan en este sentido. A nivel pontino la vena pontina transversa y la vena de la cisura cerebelo pontina y a nivel medular la vena del surco ponto-bulbar cumplen el mismo papel.

Cada una de las superficies cerebelosas: tentorial, suboccipital y petrosa cuentan con sus propias venas y general las venas de una cara serán dominantes en desmedro de las otras 2 caras. La cara tentorial drena por las venas vermiana superior y las hemisféricas superiores La cara suboccipital desagua por las hemisféricas inferiores y las retrotonsilares superior e inferior, las cuales van a formar la vena vermiana inferior. La cara petrosa desagota por las hemisféricas anteriores. El vermis drena por una vermiana superior y otra inferior. De la vermiana superior ya se mencionó su forma de drenaje, mientras que la vermiana inferior, que como se mencionó se forma por las retrotonsilares superior e inferior, desemboca en la tórula.

HABENULA

Las habénulas se ubican en ambos extremos laterales de la pared posterior del III ventrículo, unidas por la comisura habenular y por encima de la comisura blanca posterior.



Lateralmente conlinda con el núcleo dorsomedio del tálamo.

La habénula forma parte del circuito de recompensa y emoción. El ganglio de la habénula se ubica, a ambos lados de la base de la glándula pineal. Este ganglio posee 2 núcleos: uno interno o medial, pequeño y otro externo o lateral, más grande. Ambos núcleos son el corazón de 2 bucles que conectan el prosencéfalo basal con el mesencéfalo. Las estrictas medulares (EM) o tenia thalami, que recorren la cara medial del tálamo, son las encargadas de puentear la información desde el prosencéfalo basal al ganglio. El núcleo lateral recibe influencias estriadas y límbicas desde la corteza prefrontal, globus pallidus e hipotálamo. El núcleo medial recibe conexiones desde el

área septal, el núcleo accumbens y de la banda diagonal. La EM, la habénula y el haz retroflexo de Meynert (HRF) o habénulo-interpeduncular, constituyen el llamado sistema de conducción diencefálico dorsal (el ventral es el fascículo prosencefálico medial). Este sistema conecta con estructuras neuromodulatorias del mesencéfalo. La habénula jugaría un rol crítico en la modulación de recompensas y en la elección de conductas dirigidas a una meta, a través de su acción sobre sistemas neuromodulatorios, fundamentalmente sistemas dopaminérgicos y serotoninérgicos. A través del HRF desde el núcleo lateral se alcanza el núcleo tegmental rostromedial (NTRM) de naturaleza gabaérgica inhibitoria y desde el núcleo medial de la habénula el interpeduncular (NIP) (excitatorio). A su vez este conecta con el NTRM. Tanto

Esquema N° 130 de página anterior (modificado de Yung Peng Huang and Bernard Wolf. Veins of the Posterior Fossa. Chapter 75, in Newton and Potts Radiology of the Skull and Brain. Volume 2, book 3. 1974) : Las venas de la fosa posterior están organizadas en 3 sistemas verticales o longitudinales, con desarrollos balanceados entre ellos, es decir cuando uno de los canales predomina, los otros 2 se muestran menos desarrollados. Un sistema que corre en la cara anterior del tronco, formado por la vena medular (bulbar) anterior y la ponto-mesencefálica anterior (1), el cual se abre hacia arriba en la vena peduncular (4), la cual desagota en la vena basal (5). El segundo sistema longitudinal es la vena mesencefálica lateral (2), la cual corre en el surco del mismo nombre y une el drenaje galénico con el drenaje petroso. La vena pontina lateral (11) suele ser, discontinua y de pequeño calibre. El tercer sistema es la vena cerebelosa precentral (3), la cual marca la posición de la placa tectal y recibe ambas venas de los pedúnculos cerebelosos superiores (6). La vena vermiana superior (7) puede desembocar aisladamente (como marca el punteado en el esquema), o unirse a la cerebelosa precentral, formando un tronco común que es llamado vena cerebelosa superior. Estos canales verticales suelen unirse entre sí por venas transversales, como la mencionada vena peduncular a nivel mesencefálico, la vena pontina transversa (8) y la vena de la cisura cerebelo-pontina (9) a nivel de la protuberancia y la vena del surco ponto-bulbar (10) a nivel bulbar. La vena de la cisura ponto-cerebelosa, la más constante e importante tributaria de la vena petrosa superior, recibe a la vena del pedúnculo cerebeloso medio (12) y a la vena de la cisura cerebelo-medular (13) (conocida también como vena del receso lateral del cuarto ventrículo). La primera recibe a la vena del pedúnculo cerebeloso inferior (14) La vena marginal lateral (15) es otra tributaria de la vena petrosa (16). Las venas de la superficie suboccipital (17) y de la superficie tentorial (18) suelen reunirse en un troco común a nivel del borde limitante entre ambas superficies y de allí drenar directamente, o bien mediante un seno tentorial (19). La vena vermiana inferior (22) (punteado lila en el esquema), recibe a la vena retroolivaria (23) para desembocar en el seno recto o en la tórula (21). La vena cerebral interna (17), desemboca en la ampolla de Galeno (18) 20- Seno lateral 23- Seno recto.

el NTRM y el NIP regulan a su vez la actividad de núcleos monoaminérgicos mesencefálicos, preferentemente dopaminérgicos (área tegmental ventral y sustancia negra compacta) y serotoninérgicos (Núcleos del rafe).

Se considera, de esta forma, que la habénula jugaría un rol clave en procesos de búsqueda de recompensa y aversión. Cuando se recibe una recompensa, la actividad dopaminérgica aumenta o disminuye de acuerdo a si dicha recompensa es la esperada o no. Cuando la recompensa es mayor a lo esperado las neuronas dopaminérgicas se vuelven hiperactivas, con la misión de almacenar y rememorar los detalles, de como dicha recompensa fue obtenida. Si dicha hiperactividad dopaminérgica continua sin control, se genera una conducta adictiva. Por el contrario cuando la recompensa es menor a lo esperado (estímulo aversivo) la actividad dopaminérgica es inhibida y en esta circunstancia la habénula se activa, de manera tal que la misma codifica acerca de situaciones displacenteras, jugando un rol en el aprendizaje de experiencias nocivas y en la toma de decisiones para evitar dichas experiencias en

el futuro (corazón del sistema antirecompensa). El complejo habenular actuaría como un predictor de recompensa negativa. La alteración habenular podría generar así, conductas compulsivas, del tipo adicciones. En resumen, un estímulo aversivo activará el nucleo habenular lateral, el cual por medio del haz retroflexo excitará el NTRM, el cual generará una inhibición del área dopaminérgica tegmental ventral, promoviendo conductas para evitar en el futuro el mencionado estímulo aversivo. De manera que la habénula lateral es un regulador de los niveles de dopamina y serotonina, mientras que la habénula medial lo es de la acetilcolina. Por ende al modificar los niveles de los neuromoduladores es muy factible que la habénula participe influenciando conductas tales como dolor, stress, ansiedad, sueño y recompensa. Por el mismo motivo la disfunción de la habénula puede así estar ligada a trastornos psiquiátricos como depresión o esquizofrenia o aún a los efectos de los abusos por drogas. Hikosaka interesantemente, propone que la habénula actúa generando supresión motora en 3 situaciones diferentes, con diferentes conexiones aferentes. La primera es, con la pineal, suprimiendo actividad motora

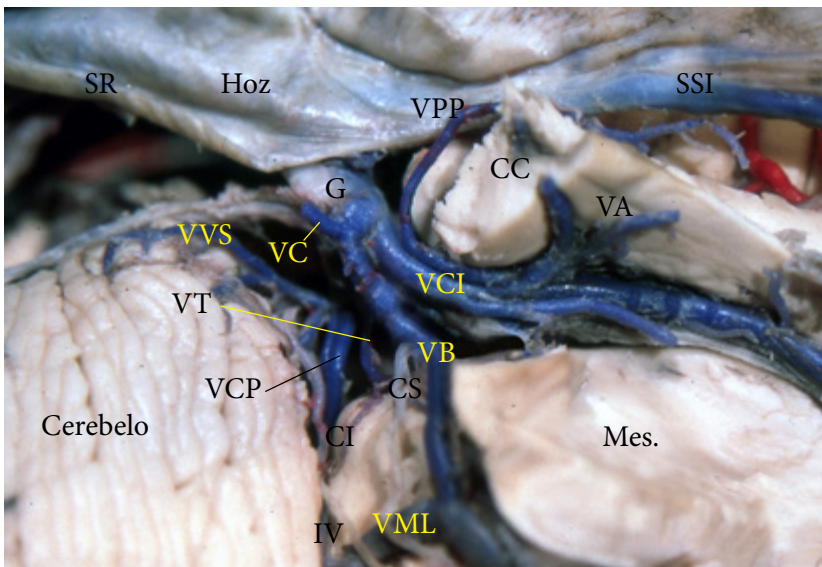


Foto N° 19-57 : Vena de Galeno (G) y sus afluentes. la vena cerebral interna (VCI), es la principal tributaria. Se observa una voluminosa vena mesencefálica lateral (VML) La vena basal (VB) rodea el mesencéfalo (Mes.). La vena vermiciana superior (VVS), se une con la cerebelosa precentral (VCP). Se visualiza una pequeña vena tectal (VT). El seno sagital inferior (SSI), desemboca atrás en el seno recto (SR). La vena pericallosa posterior (VPP) rodea el rodete del cuerpo calloso (CC). La vena calcarina (VC), que viene del extremo anterior de la cisura del mismo nombre, desemboca en el extremo terminal de la vena basal. Se observan 2 voluminosas venas atriales (VA). La placa tectal está representada por el colículo superior (CS) e inferior. IV: patético

(atonía del REM) durante los estados de sueño-vigilia mediante sus conexiones con los núcleos del tronco. Es además fundamental para los movimientos oculares rápidos en el sueño REM.

La segunda supresión de movimientos corporales ocurre con información procedente de ganglios basales vinculado a fallo motor o situaciones de castigo (recompensa menor a la esperada). Un tercer grupo de aferencias procede del sistema límbico, trayendo información aversiva, dolorosa o stressante. En este caso, la inhibición de neuronas dopaminérgicas y serotoninérgicas en el tronco, causará la supresión motora. Hay evidencia también que la habénula es esencial para cambiar conductas (flexibilidad conductual) cuando el medio ambiente o la recompensa que va a obtenerse requiere que dicha conducta debe ser cambiada.

NUCLEO ACCUMBENS (NAC)

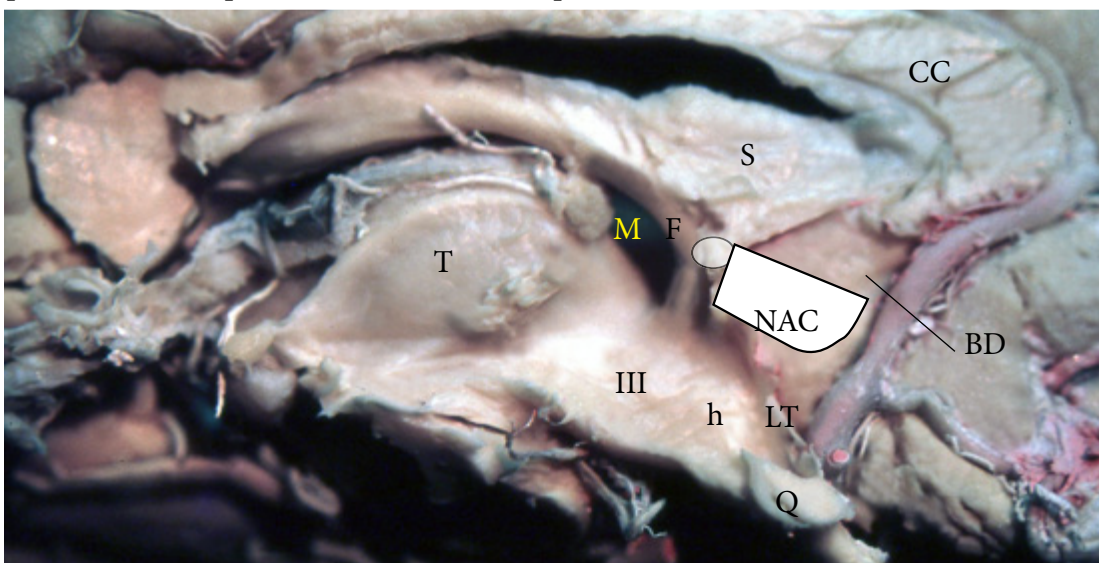
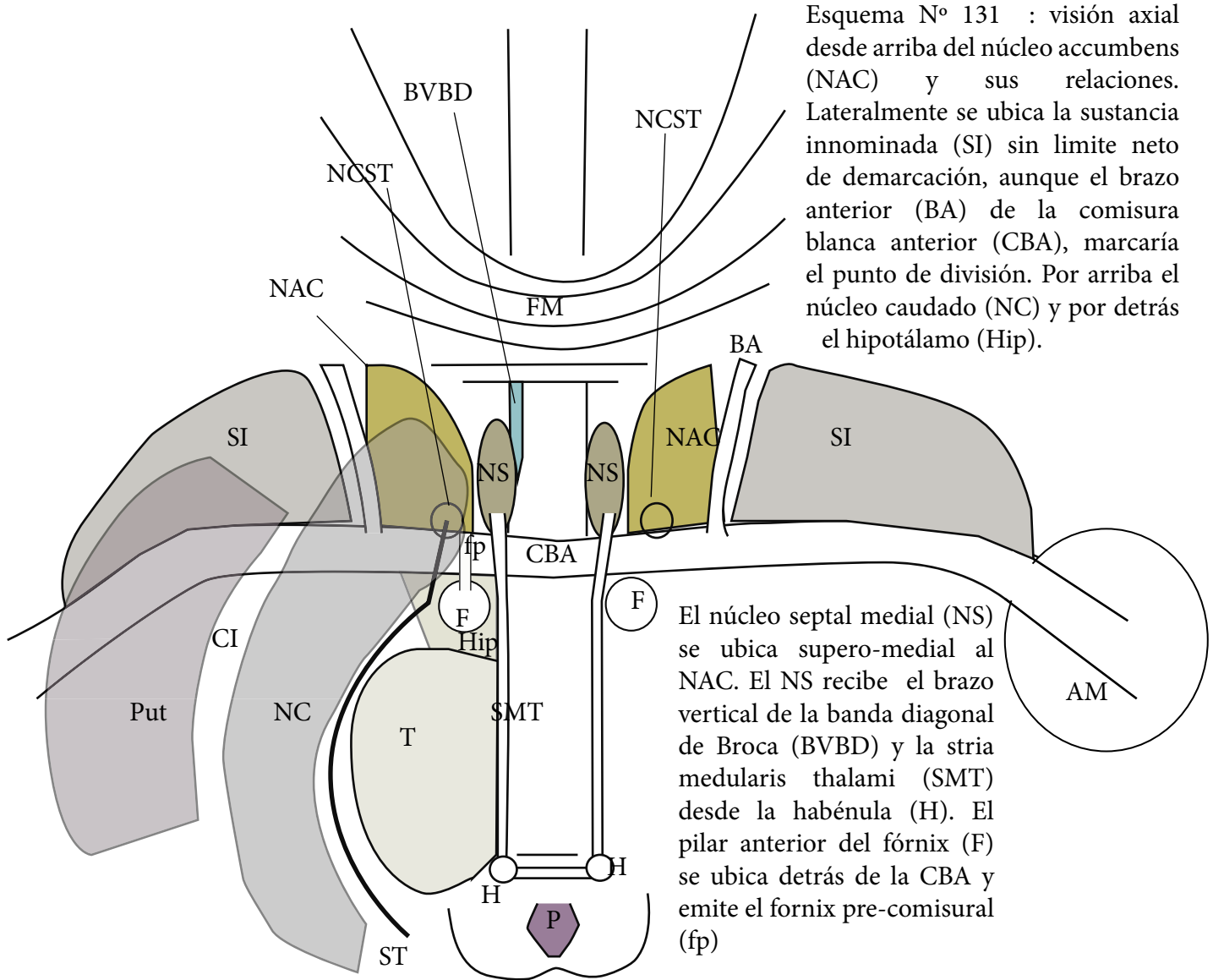


Foto N° 19-58 : Ubicación del núcleo accumbens (NAC) en un corte sagital. El 'circulo blanco, marca la posición de la comisura blanca anterior. Nótese como el NAC no supera ni por arriba ni por detrás a la CBA. BD: brazo vertical de la banda diagonal en camino a unirse con el indusium gris; CC: cuerpo calloso; h: hipotálamo como parte de la pared del III ventrículo (III); LT: lámina terminalis; M: foramen de Monro; Q: quiasma; S: septum; T: tálamo. Obsérvese la relación cercana de la arteria cerebral anterior al NAC y a la cercana área septal, lo que explica el compromiso de estas estructuras en caso de vasoespasmo vinculado a aneurismas de comunicante anterior (síndrome fronto-cingulo-callosa).

El NAC forma parte del estriado ventral, junto con porciones ventromediales del putamen y caudado y una parte importante del tubérculo olfatorio. A los fines didácticos se lo puede comparar someramente, a un maní con dimensiones promedios de 11 mm en sentido A-P, 9 mm transversalmente y 6 mm de altura. Se ubica inmediatamente debajo del giro subcallosa (área 25) el cual incluye el giro paraterminal e inmediatamente encima del extremo posterior del



La estría terminalis (ST) recorre el surco opto-estriado entre el NC y el tálamo (T) para alcanzar el núcleo cama de la estria terminalis (NCST). Entre el putamen (Put) y el núcleo caudado se localiza la cápsula interna (CI). El fórceps menor del cuerpo caloso (FM), une por delante ambos núcleos accumbens. La amígdala (AM) limita lateralmente a la sustancia innominada. P: glándula pineal.

girus rectus. Por su cara lateral se continúa casi sin límite de demarcación con la sustancia innominada, aunque el brazo anterior de la comisura blanca que sale en ángulo recto hacia delante del cuerpo de la misma, tiende a limitarlos. También el extremo inferior del brazo anterior de la cápsula interna marca la misma separación. Hacia arriba y lateralmente el NAC se pierde en la cabeza del caudado formando una masa indistinta, mientras que supero-medialmente se relaciona con el núcleo cama de la stria terminalis. Hacia atrás del NAC se ubica el hipotálamo sin demarcación neta. Es importante mencionar la relación del NAC con la comisura blanca. Esta pasa a lo largo del borde pósterio-superior de ambos

NAC, no sobrepasando estos hacia arriba el plano de dicha comisura. Diferentes haces de fibras son cercanas al NAC, como el cíngulo, el fascículo uncinado, el fórceps menor, la stria medularis o tenia thalami, la stria terminalis, el núcleo cama de la stria terminal y la banda diagonal de Broca.

El accumbens forma parte del loop límbico o cingulado córtico-striatal, recibiendo influencias dopaminérgicas del área tegmental ventral. Este circuito parte desde la corteza prefrontal medial y orbital, alcanza el estriado ventral y tiene como estación talámica el núcleo dorsomedio, volviendo a su vez a la corteza límbica. Participan también en el circuito,

el hipocampo y la amígdala. Este sistema dopaminérgico mesolímbico tiene participación en la coordinación de los pasos que llevan a una conducta orientada a una meta. La motivación suele preceder a la actividad motriz y en la misma juega un rol fundamental el NAC. Asimismo el NAC, junto con el núcleo caudado de la estría terminalis, con el cual se relaciona estrechamente, actúan activamente en mecanismos de búsqueda de recompensa por lo cual jugarían un papel fundamental en las adicciones. La disfunción de este loop límbico además de abuso de drogas ha sido vinculado a desordenes obsesivo-compulsivos o depresión mayor. Por este motivo el NAC es blanco de estimulación cerebral profunda.

LECTURAS RECOMENDADAS

Alexander GE, DeLong MR, Strick PL. Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annu Rev Neurosci.* 1986;9:357–381

Baker PM, Zhou T, Li B, Matsumoto M, Mizumori SJ, Stephenson-Jones M, Vicente A: The Lateral Habenula Circuitry: Reward Processing and Cognitive Control. *J Neurosci.* 2016 Nov 9;36(45):11482-11488.

Baran O, Baydin S, Gungor A, Balak N, Middlebrooks E, Saygi T, Aydin I, Tanriover N: Surgical Approaches to the Thalamus in Relation to the White Matter Tracts of the Cerebrum. *World Neurosurg.* 2019 Aug;128:e1048-e1086.

Benarroch E.E: Pulvinar: associative role in cortical function and clinical correlations. *Neurology*, january 21, 2015

Bordes S, Jenkins S, Loukas M, Iwanaga J, Curé J, Tubbs RS Drainage of the basal vein of Rosenthal into the confluence of sinuses. *Anat Cell Biol.* 2019 Jun;52(2):214-216.

Bostan AC, Dum RP, Strick PL: Functional Anatomy of Basal Ganglia Circuits With the Cerebral Cortex and the Cerebellum. *Prog Neurol Surg.* 2018;33:50-61.

Castro-Alamancos MA: Dinamismo talámocortical: ¿Cómo se comunican el tálamo y la corteza durante los estados de procesamiento de información? *Rev. Neurol* 2003; 36 (7),

643-649.

Cassel JC, Pereira de Vasconcelos A, Loureiro M, Cholvin T, Dalrymple-Alford JC, Vertes RP. 2013. The reuniens and rhomboid nuclei: neuroanatomy, electrophysiological characteristics and behavioral implications. *Prog Neurobiol* 111: 34–52.

Child ND, Benarroch EE: Anterior nucleus of the thalamus: functional organization and clinical implications. *Neurology.* 2013 Nov 19;81(21):1869-76.

Delion M, Dinomais M, Mercier P: Arteries and Veins of the Cerebellum. *Cerebellum.* 2017 Dec;16(5-6):880-912.

DeLong MR, Crutcher MD, Georgopoulos AP 1985. Primate globus pallidus and subthalamic nucleus functional organization. *J Neurophysiol* 53: 530–543

[Deniau JM](#), [Mailly P](#), [Maurice N](#), [Charpier S](#): The pars reticulata of the substantia nigra: a window to basal ganglia output. *Prog Brain Res.* 2007;160:151-72.

[Fazl A](#), [Fleisher J](#): Anatomy, Physiology, and Clinical Syndromes of the Basal Ganglia: A Brief Review. *Semin Pediatr Neurol.* 2018 Apr;25:2-9.

Gheban BA, Rosca IA, Crisan M: The morphological and functional characteristics of the pineal gland. *Ann Pharm Fr.* 2016 Sep;74(5):331-4.

Groenewegen HJ: The basal ganglia and motor control. *Neural Plast.* 2003;10(1-2):107-20.

[Herrero MT](#), [Barcia C](#), [Navarro JM](#): Functional anatomy of thalamus and basal ganglia. *Childs Nerv Syst.* 2002 Aug;18(8):386-404.

Hikosaka O (2010). The habenula: from stress evasion to value-based decision-making. *Nature reviews. Neuroscience*, 11 (7), 503-13

Holstege G. The mesopontine rostromedial tegmental nucleus and the emotional motor system: role in basic

survival behavior. *J. Comp. Neurol.* 2009;513:559–565.

[Joel D, Weiner I](#): The connections of the primate subthalamic nucleus: indirect pathways and the open-interconnected scheme of basal ganglia-thalamocortical circuitry. *Brain Res Brain Res Rev.* 1997 Feb;23(1-2):62-78.

Joel D, Weiner I: The organization of the basal ganglia-thalamocortical circuits: open interconnected rather than closed segregated. *Neuroscience.* 1994 Nov;63(2):363-79.

Kawamura Y, Narumi O, Chin M, Yamagata S: Variant deep cerebral venous drainage in idiopathic subarachnoid hemorrhage. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2011;51(2):97-100.

Habas C, Manto M, Cabaraux P: The Cerebellar Thalamus. *Cerebellum.* 2019 Jun;18(3):635-648.

[Kumar VJ, van Oort E, Scheffler K, Beckmann CF, Grodd W](#): Functional anatomy of the human thalamus at rest. *Neuroimage.* 2017 Feb 15;147:678-691.

[Lanciego JL, Luquin N, Obeso JA](#): Functional neuroanatomy of the basal ganglia. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2012 Dec 1;2(12):a009621.

Lazaridis I, Tzortzi O, Weglage M, Martin A, Xuan Y, Parent M, Johansson Y, Fuzik J, Fürth , Fenno LE, Ramakrishnan C, Silberberg G, Deisseroth K, Carlén M, Meletis K: A hypothalamus-habenula circuit controls aversion. *Mol Psychiatry.* 2019 Sep;24(9):1351-1368

Mathis V, Kenny PJ: From controlled to compulsive drug-taking: The role of the habenula in addiction. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018 Jun 21.

Matsumoto M, Hikosaka O. Lateral habenula as a source of negative reward signals in dopamine neurons. *Nature.* 2007;447:1111–1115.

Matsumoto M, Hikosaka O. Representation of negative motivational value in the primate lateral habenula. *Nature Neurosci.* 2009;12:77–84.

Metzger M, Bueno D, Lima LB: The lateral habenula and the serotonergic system. *Pharmacol Biochem Behav.* 2017 Nov;162:22-28.

Matsushima K, Carvalhalal Ribas E, Kiyosue H, Komune N, Miki K, Rhoton AL: Absence of the superior petrosal veins and sinus: Surgical considerations. *Surg Neurol Int.* 2015; 6: 34.

[Mitchell AS](#): The mediodorsal thalamus as a higher order thalamic relay nucleus important for learning and decision-making. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015 Jul;54:76-88

Nagaeva, D. V, Akhmadeev, A. V: Structural organization, neurochemical characteristics, and connections of the reticular nucleus of the thalamus. . *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2006. 36(9), 987–995.

Narayan V, Savardekar AR, Prasad Patra D, Nohammed N, Thakur JD, Riaz M, Nanda A: Safety Profile of Superior Petrosal Vein (The Vein of Dandy) Sacrifice in Neurosurgical Procedures: A Systematic Review. *Neurosurg Focus* 2018 Jul;45(1):E3.

Nambu A: Seven problems on the basal ganglia. *Curr Opin Neurobiol.* 2008 Dec;18(6):595-604

[Pinault, D. \(2004\) The thalamic reticular nucleus: structure, function and concept. Brain Res. Brain Res. Rev. 46, 1–31. Agosto, 2004.](#)

[Ribas EC, Yağmurlu K, de Oliveira E, Ribas G, Rhoton A](#): Microsurgical anatomy of the central core of the brain. *J Neurosurg.* 2018 Sep;129(3):752-769.

[Romanelli P, Esposito V, Schaal DW, Heit G](#): Somatotopy in the basal ganglia: experimental and clinical evidence for segregated sensorimotor channels. *Brain Res Brain Res Rev.* 2005 Feb;48(1):112-28.

Rouchaud A, Lehman VT, Murad MH, Burrows A, Cloft HJ, Lindell EP, Kallmes DF, Brinjikji W: Nonaneurysmal Perimesencephalic Hemorrhage Is Associated with Deep Cerebral Venous Drainage Anomalies: A

- Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2016 Sep;37(9):1657-63.
- Sadikot AF, Rymar VV: The primate centromedian-parafascicular complex: anatomical organization with a note on neuromodulation. *Brain Res Bull.* 2009 Feb 16;78(2-3):122-30.
- San Millán Ruíz D, Fasel JH, Reverdin A, Gailloud P: Bilateral tentorial sinus drainage of the basal vein (of Rosenthal). *Clin Anat.* 2003 May;16(3):264-8.
- Sapède D, Cau E: The pineal gland from development to function. *Curr Top Dev Biol.* 2013;106:171-215.
- Singh D, Jagetia A, Sinha S. Brain stem infarction: a complication of microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Neurol India* 2006;54:325–6.
- Sutherland RJ. The dorsal diencephalic conduction system: a review of the anatomy and functions of the habenular complex. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 1982;6:1–13.
- Suzuki Y, Ikeda H, Shimadu M, Ikeda Y, Matsumoto K: Variations of the basal vein: identification using three-dimensional CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2001 Apr;22(4):670-6.
- Tanriover N, Abe H, Rhoton Jr AL, et al. Microsurgical anatomy of the superior petrosal venous complex: new classifications and implications for subtemporal transtentorial and retrosigmoid suprameatal approaches. *J Neurosurg* 2007;106:1041–50.
- Teramoto S, Yamamoto T, Nakao Y, Watanabe M: Novel Anatomic Classification of Spontaneous Thalamic Hemorrhage Classified by Vascular Territory of Thalamus. *World Neurosurg.* 2017 Aug;104:452-458.
- [Tisch S](#), [Silberstein P](#), [Limousin-Dowsey P](#), [Jahanshahi M](#): The basal ganglia: anatomy, physiology, and pharmacology. [Psychiatr Clin North Am.](#) 2004 Dec;27(4):757-99.
- Touitou Y: The circadian system in man: From the internal clock to melatonin secretion.
- Van der Werf YD, Witter MP, Groenewegen HJ. The Intralaminar And Midline Nuclei Of The Thalamus. Anatomical And Functional Evidence For Participation in Processes Of Arousal And Awareness. *Brain Research Reviews.* 2002; 39(2–3):107–140.
- Velasquez KM, Molfese DL, Salas R: The role of the habenula in drug addiction. *Front Hum Neurosci.* 2014 Mar 28;8:174.
- Yağmurlu, K., Zaidi, H. A., Kalani, M. Y. S., Rhoton, A. L., Preul, M. C., & Spetzler, R. F. (2018). Anterior interhemispheric transsplenic approach to pineal region tumors: anatomical study and illustrative case. *Journal of Neurosurgery*, 128(1), 182–192.
- Yamamoto I, Kageyama N: Microsurgical anatomy of the pineal region. *J Neurosurg.* 1980 Aug;53(2):205-21.
- Zhao H, Zhang BL, Yang SJ, Rusak B: The role of lateral habenula-dorsal raphe nucleus circuits in higher brain functions and psychiatric illness. *Behav Brain Res.* 2015 Jan 15;277:89-98.
- Zhong J, Li ST, Xu SQ, et al. Management of petrosal veins during microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Neurol Res* 2008;30:697–700.

MEDULA ESPINAL

GENERALIDADES

El cordón o médula espinal es una estructura cilíndrica de tejido neural, que se extiende desde su unión con el bulbo raquídeo, hasta el cono medular, el cual termina generalmente a la altura del disco L1- L2.

El filum terminale partiendo desde el cono, ancla el cilindro al cóccix y lateralmente el cordón medular, es fijado a las paredes del canal vertebral por 20 pares de ligamentos dentados. El cilindro mide 45 cms en el hombre y 42 cms en la mujer, siendo el diámetro promedio de 1,25 cms en las regiones cervical y lumbar y de sólo 0,65 cms en la región torácica. Por lo mencionado, a lo largo de su trayecto presenta 2 engrosamientos: el cervical o braquial de C4 a T1 y el lumbosacro de L1 a S3.

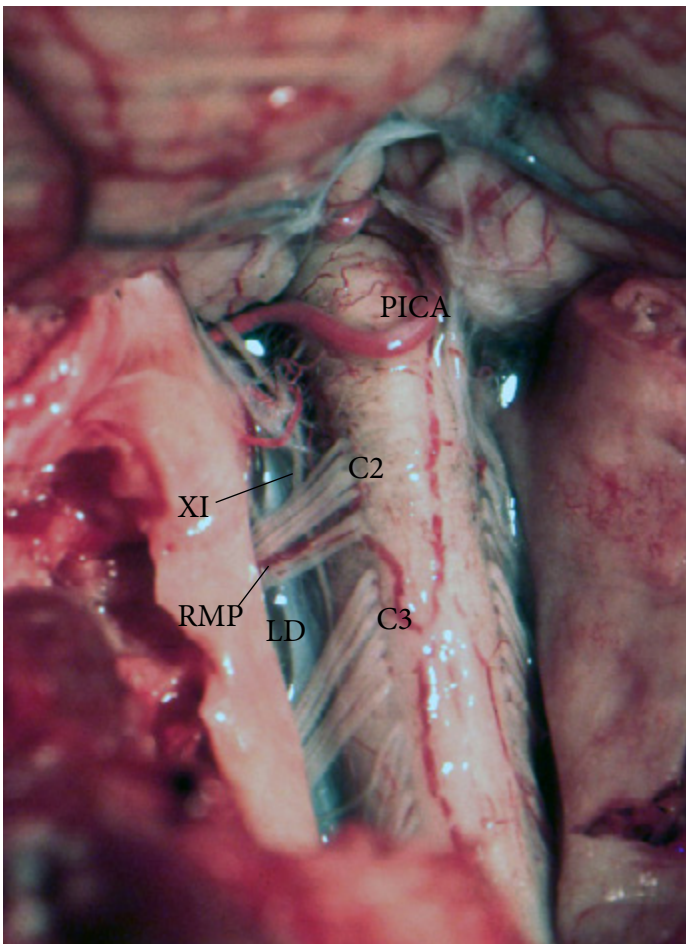


Foto N° 20-1 : Médula cervical. Se observa el espinal (XI) y los ligamentos dentados (LD). Se observa una vena radículo-medular posterior (RMP).

De la médula surgen 31 pares de raíces distribuidos de la siguiente manera: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 cóccigeo.

En el recién nacido, el cono se ubica a nivel L3 y a medida que el individuo crece, se produce una discordancia en la velocidad de crecimiento del canal vertebral y la médula, ascendiendo ésta última, paulatinamente con el desarrollo. Así se advierte una diferencia en la altura del cordón espinal y la columna a diferentes niveles. De esa forma a niveles

cervicales altos, el nivel vertebral es igual al medular. Entre C5 y C8, el nivel medular es 1 arriba del vertebral. Entre D1 y D6 hay 2 niveles de diferencia y de D7 hacia abajo, entre 2 a 3 niveles de diferencia.

Cada segmento, excepto C1 (que enseguida veremos) tiene una raíz ventral y otra dorsal. Esta última antes de unirse a la raíz ventral presenta un engrosamiento, el llamado ganglio de la raíz dorsal.

A nivel C1 la raíz dorsal puede estar ausente.

Así Tubbs y col. clasificaron al complejo radicular C1 en 2 grupos: 1 con

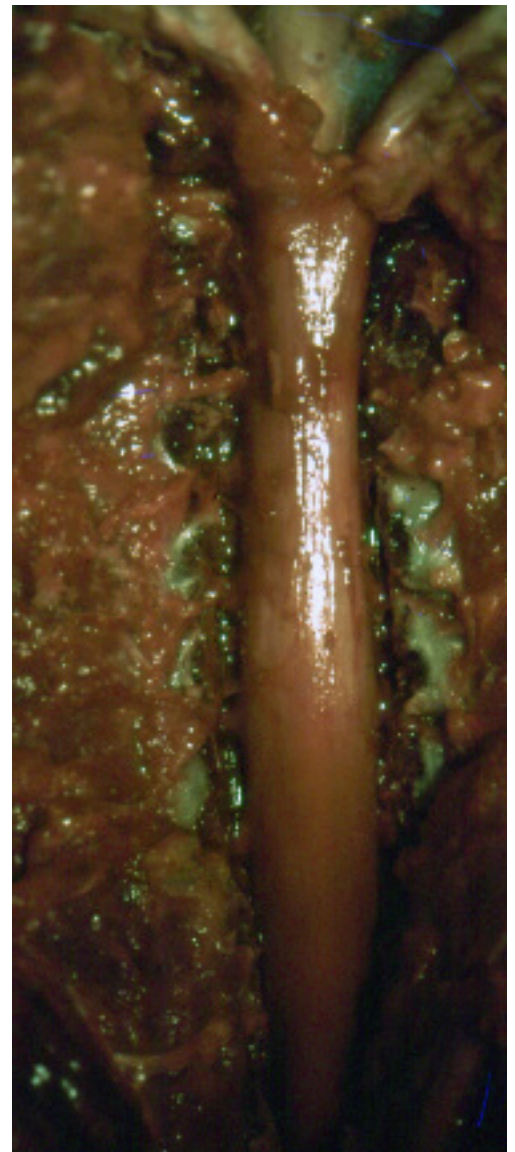


Foto N° 20-2 : Médula cervical con su envoltura dural. Nótese como es evidente el engrosamiento cervical o braquial de la médula.

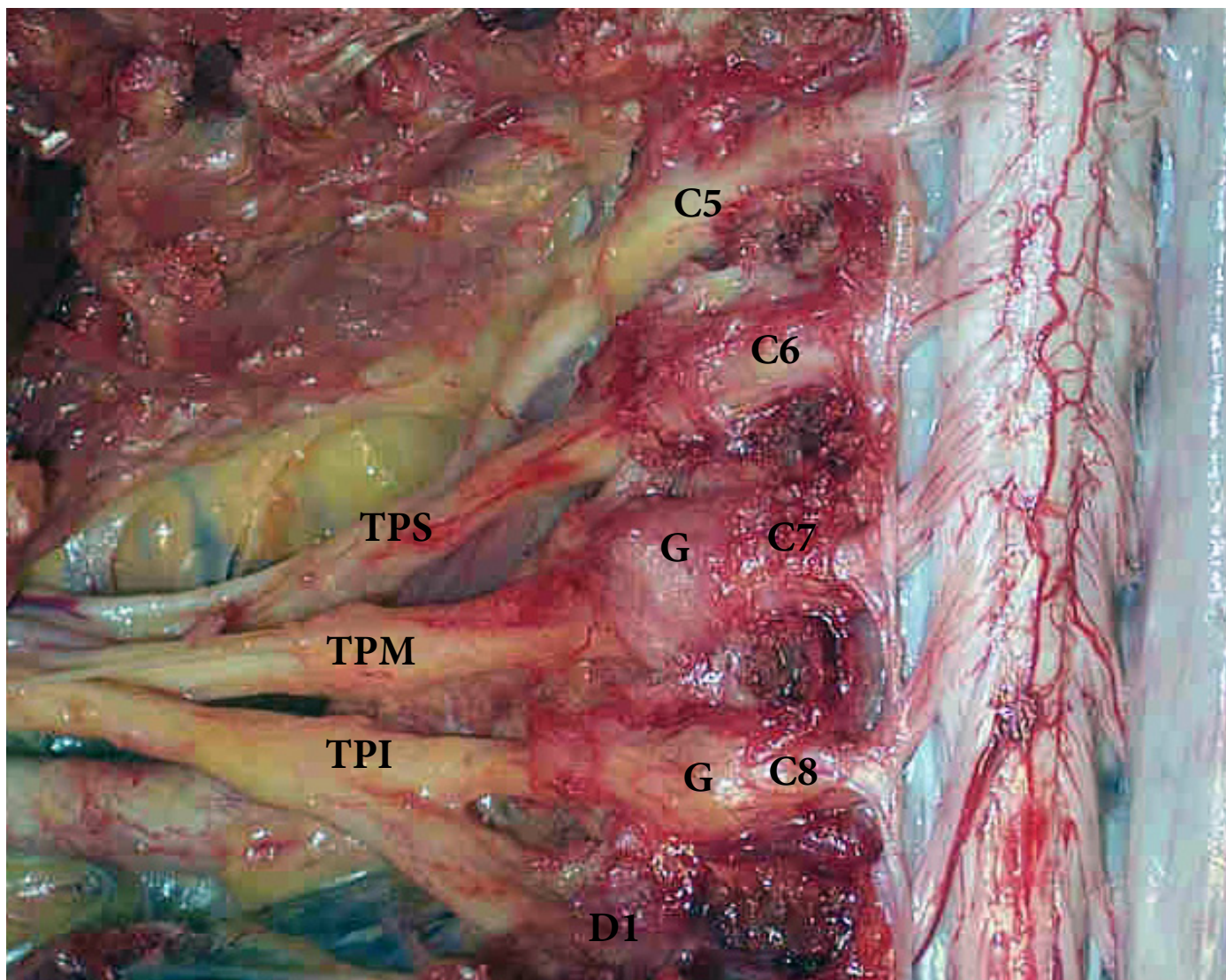


Foto N° 20-3 : El engrosamiento cervical da origen al plexo braquial. C5 se une con C6 y forma el tronco promario superior (TPS). C7 permanece aislada y constituye el tronco primario medio (TPM), mientras que C8 y D1 se unen para originar el tronco primario inferior (TPI) G: ganglio de la raíz posterior.

raíz dorsal presente, dividido a su vez en 1A con ganglio dorsal y 1B con ganglio de la raíz dorsal ausente y 2, en el cual solo hay raíz ventral. Estos autores, encontraron la raíz dorsal en 60% de los casos y a su vez, de estos un 30% tenían ganglio dorsal y 44% se unían al espinal. La raíz ventral de C1 inerva los músculos rectus capitis lateralis y también el rectus capitis anterior y el longus capitis. El nervio de Mackenzie es una anastomosis entre la raíz ventral de C1 y el nervio espinal.

Tal como ocurre en el cerebro la médula espinal se encuentra rodeada de 3 cubiertas menígeas: la duramadre, la aracnoides y la piamadre. Por fuera de la duramadre se ubica el espacio extradural, el cual aloja al plexo paravertebral de Batson.

CONFIGURACION EXTERNA E INTERNA

Axialmente la médula consta de 2 mitades iguales, separadas por un surco relativamente profundo, el surco

medio anterior, el cual aloja a la arteria espinal anterior. Un tabique medio posterior, conocido también como surco medio posterior, divide a ésta cara. Este tabique, suele ser mucho menos pronunciado que el surco anterior. Dado que dicho tabique, suele ser usado para efectuar la mielotomía y que dicha separación corresponde a la línea media medular, es fundamental reconocerlo, para ingresar a la médula. Una forma práctica es ubicar sobre la cara dorsal de la misma, los bordes mediales de las zonas de entrada de las raíces dorsales. El punto equidistante de las mismas corresponde a la línea media. A nivel cervical, la distancia entre las zonas de entrada de la raíz dorsal (DREZ) de ambos lados es de 5 a 9 mms, siendo el segmento con la mayor distancia entre ambas C6. Por el contrario a nivel de S5, es de sólo 2 mm. Deben respetarse en lo posible los vasos longitudinales en una mielotomía. Realizada ésta un verdadero septum es notado en el 90% de los casos, mientras que en el 10% restante, la línea media puede suponerse, solamente por la presencia de

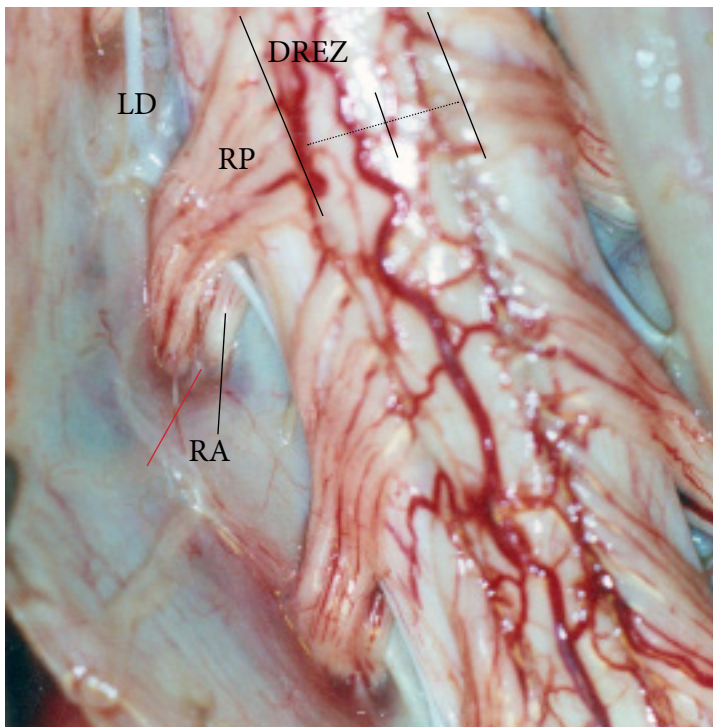


Foto N° 20-4 : se observan tanto la raíz posterior (RP), como la anterior (RA). Nótese como ambas salen por un embudo dural diferente, con un tabique dural (línea roja). LD: ligamento dentado. Las líneas negras marcan la DREZ de ambos lados, mientras que la línea punteada, marca la distancia entre las DREZ de ambos lados. El punto medio de esa línea marcaría la posición del tabique medio posterior y por ende la zona para el ingreso a la cara posterior de la médula.

pequeños vasos que separan los funículos dorsales. El surco antero-lateral, aloja la salida de la raíz ventral y el surco póstero-lateral la emergencia de la raíz dorsal. Entre ellos se organizan 3 funículos o columnas de sustancia blanca: una anterior, una lateral y otra dorsal.

La sustancia gris medular (SGM) a diferencia de lo que ocurre en el cerebro, en donde la sustancia gris es superficial a la blanca, en la médula se dispone en posición central. Allí forma, una especie de H con 2 mitades simétricas, unidas en la línea media por una comisura gris, la cual tiene por delante y por detrás las llamadas comisura blanca anterior y posterior respectivamente. La SGM se organiza en un asta anterior y otra posterior. A nivel de segmentos tóraco-lumbo-sacros puede reconocerse un asta intermedio-lateral, de función autonómica dividido en 2 porciones de D1 a L2 con función simpática y de S2 a S4 con actividad parasimpática. Justo en el centro de la médula se ubica el conducto del epéndimo, el cual es una continuación descendente del cuarto ventrículo. La SGM está dividida en láminas (de Rexed) numeradas del I al X. La lámina I es conocida como núcleo marginal de Waldeyer y la II es la sustancia

gelatinosa de Rolando. Entre la punta del asta dorsal y la superficie medular se ubica un tracto de fibras amielínicas, que entran por la raíz dorsal, llamado tracto de Lissauer. Las láminas I y II, las cuales asientan en el asta posterior, participan en los circuitos de dolor y temperatura. La III y la IV, esta última llamada núcleo propio, procesan sensibilidad propioceptiva consciente. Las láminas V a VIII conforman la zona gris intermedia, la que se considera área de integración motora. La lámina V procesa también, información sensorial aferente desde nociceptores cutáneos y articulares y nociceptores viscerales. La lámina VI participa en el reflejo de retirada al estímulo doloroso. El asta anterior contiene las láminas VII a IX. La VII aloja a la columna de Clarke y la VIII se ubica en la porción ventromedial del asta anterior y tiene interneuronas comisurales, que mandan sus axones por la comisura blanca. La lámina IX, son en realidad columnas inmersas dentro de las láminas VII y VIII y esas columnas contienen a las motoneuronas espinales, cuyos axones, van a originar las raíces ventrales.

Hay 3 columnas motoneuronales: una medial, otra lateral y una central. El grupo medial controla musculatura axial de cuello y tronco a nivel de C2-C3 y D2-D12. El grupo lateral maneja musculatura de las extremidades y el grupo central está representado por grupos celulares dispersos, como el núcleo del accesorio espinal (C1 a C5), núcleo del frénico (C3 a C5) y núcleo lumbosacro de L2 a S1. En general las motoneuronas para músculos axiales se ubican medialmente en el asta anterior, para músculos apendiculares lateralmente y para músculos de cintura, entre los otros 2 grupos. A su vez entre los

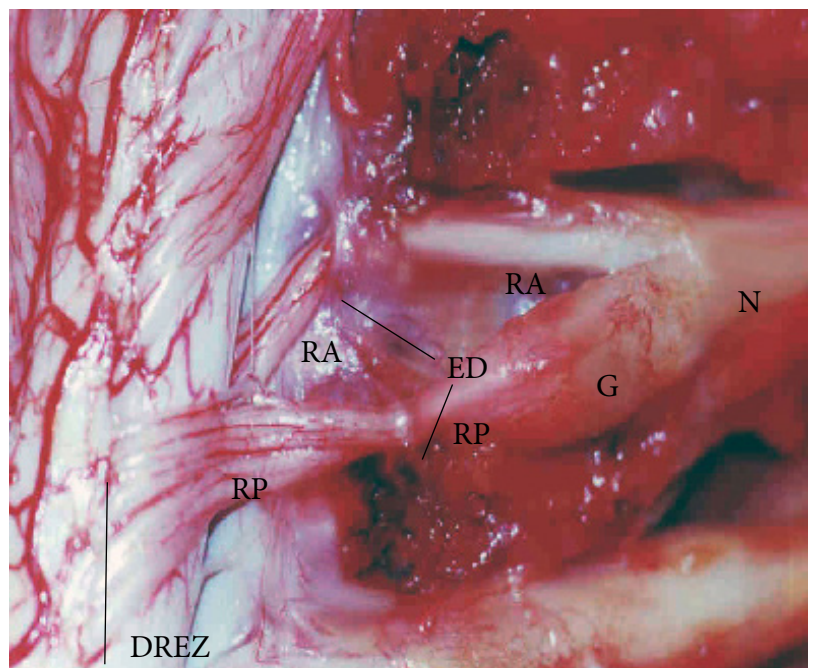
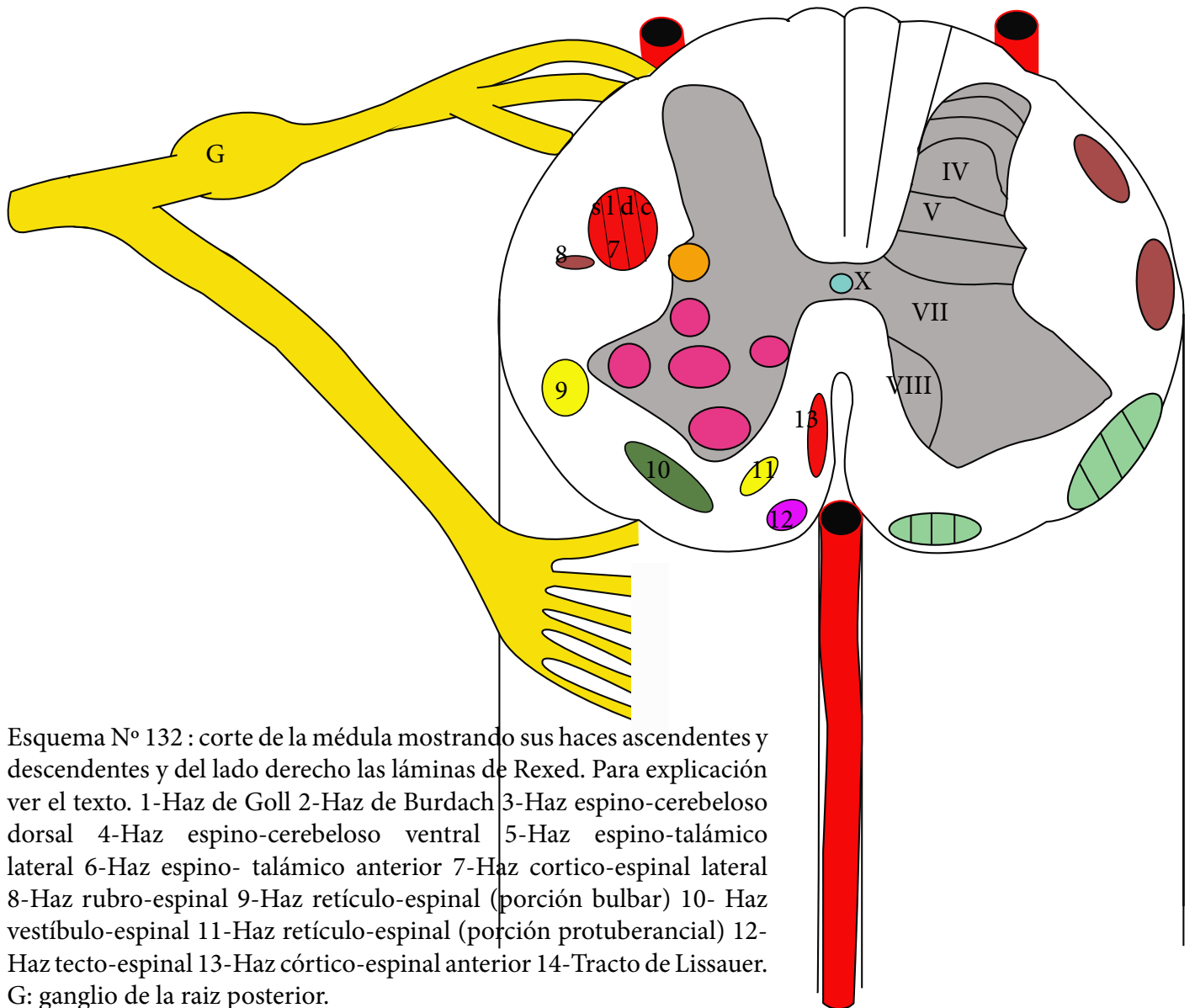


Foto N° 20-5 : La raíz anterior (RA) y la raíz posterior (RP) salen del canal, cada una por medio de su propio embudo dural (ED) G: ganglio de la raíz posterior N: nervio. La línea negra marca la zona de entrada de la raíz dorsal (DREZ)



Esquema N° 132 : corte de la médula mostrando sus haces ascendentes y descendentes y del lado derecho las láminas de Rexed. Para explicación ver el texto. 1-Haz de Goll 2-Haz de Burdach 3-Haz espino-cerebeloso dorsal 4-Haz espino-cerebeloso ventral 5-Haz espino-talámico lateral 6-Haz espino- talámico anterior 7-Haz cortico-espinal lateral 8-Haz rubro-espinal 9-Haz retículo-espinal (porción bulbar) 10- Haz vestibulo-espinal 11-Haz retículo-espinal (porción protuberancial) 12- Haz tecto-espinal 13-Haz córtico-espinal anterior 14- Tracto de Lissauer. G: ganglio de la raíz posterior.

músculos apendiculares las motoneuronas para los músculos extensores, son ventrales, y las flexoras dorsales. El grupo lateral lógicamente predomina francamente en los agrandamientos cervical y lumbar. Allí la subdivisión dorsal inerva la musculatura distal de los miembros y su subdivisión ventral, la musculatura de la cintura escapular y pélvica. La lámina X representa un grupo compacto de neuronas alrededor del epéndimo.

Cada raíz dorsal ingresa por 6 a 9 radicellas dispuestas en sentido vertical, entrando en el surco pósterolateral, a nivel de la llamada zona DREZ. La raíz dorsal recibe en 2/3 partes fibras amielínicas finas, de tipo C. Estas, junto con fibras mielinizadas finas de tipo A delta transportan dolor y temperatura. El resto son fibras aferentes grandes de tipo Ia y Ib desde husos musculares y órganos tendinosos de Golgi (brazo aferente del reflejo miotático). Fibras mielinicas de tamaño medio del tipo A beta reciben aferencias desde mecanorreceptores en piel y articulaciones. Luego abordaremos adonde van estas fibras. La raíz anterior transporta los axones de las

motoneuronas alfa y gamma. Estas últimas van al huso muscular (brazo eferente del reflejo miotático). La raíz anterior también lleva fibras motoras preganglionares autonómicas, que dejan dicha raíz y mediante los llamados rami comunicante blanco alcanzan el ganglio simpático. Sólo hay rami comunicante blanco entre T1 y L2, mientras que rami comunicante gris son hallados en todos los segmentos medulares. La misma columna o asta intermedio lateral da entre S2 y S4 las fibras preganglionares parasimpáticas, que también salen por la raíz ventral y alcanzan el ganglio en la víscera correspondiente. Unidas ambas raíces, se forma el nervio espinal, el cual da una pequeña rama dorsal y otra gran rama ventral. La dorsal suministra una rama sensitiva medial y otra motora para la piel y músculos para espinales del segmento correspondiente. A nivel de la DREZ cada raicilla se divide en una rama ventrolateral y otra dorsomedial. La ventrolateral está formada por fibras amielínicas y débilmente mielinizadas llevando sensación de dolor y temperatura. La rama dorsomedial con marcada mielinización, lleva tacto, presión



Foto N° 20-6 : Médula torácica. Nótese el caracter progresivamente descendente de las raíces, a medida que vamos bajando a lo largo del cordón torácico.

y sensación vibratoria. A su vez en la división lateral las fibras de temperatura son dorsales y las dolorosas ventrales. La lesión de la DREZ está indicada en casos de injuria por deaferentación. En este caso se lesionan, solo las fibras que transportan dolor a nivel del borde lateral de ingreso de las raíces.

La altura de la DREZ, o sea la longitud a lo largo de la cual entran raíces en el surco pósterolateral varía de 6 a 14 mms. Esa altura es máxima a nivel de C5. A nivel dorsal T1 es el segmento más corto, pero el más densamente poblado de radicellas. La longitud va aumentando hacia abajo, alcanzando su máximo en T10: 20 mms. A nivel dorsal la dreztomía es dificultosa y peligrosa para el tracto corticoespinal.

SUSTANCIA BLANCA MEDULAR (SBM)

La SBM, como ya se mencionó, se divide en 3 cordones anterior,

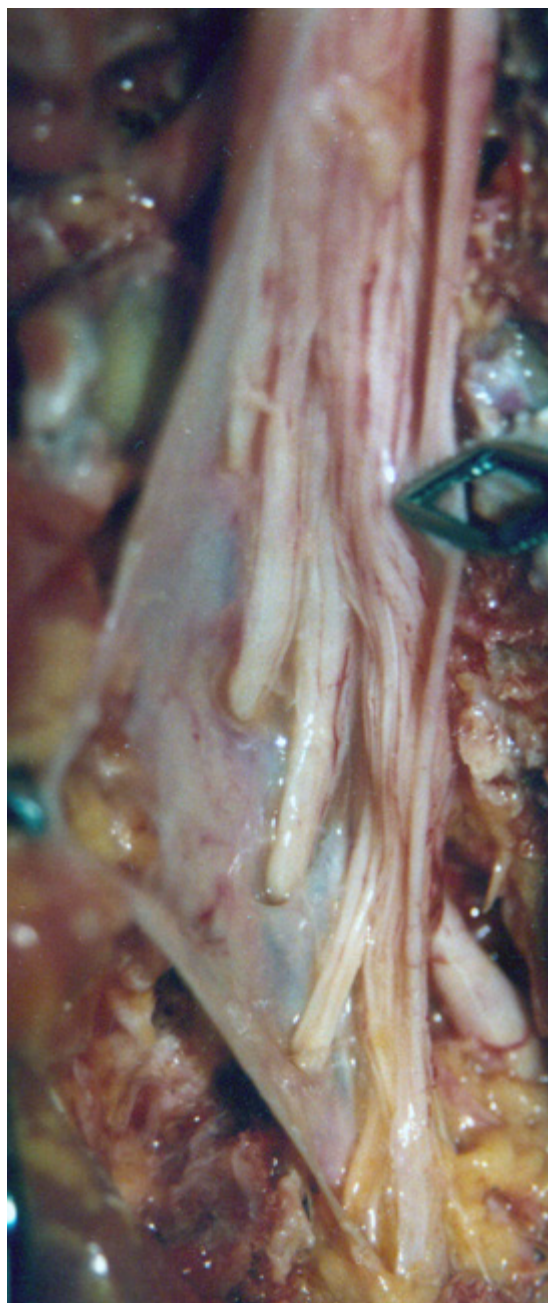


Foto N° 20-7 : Ha sido expuesta la porción baja de la cola de caballo, con la progresiva salida de las raíces por los agujeros de conjunción.

lateral y posterior, rodeando la SGM. Desde el punto de vista funcional se reconocen 3 grupos de fibras: ascendentes, descendentes y propioespinales o intrínsecos al cordón. A nivel del cordón posterior se ubican los haces gracilis o de Goll, ubicado medialmente en dicho funículo, y el cuneatus o de Burdach, el cual es lateral. El gracilis trae sensibilidad propioceptiva consciente (sentido de posición articular, vibración y discriminación de 2 puntos) desde C6 hacia abajo, por lo cual se encuentra a lo largo de toda la extensión de la médula. El cuneatus, que transporta el mismo tipo de sensibilidad, lo hace desde C6 hacia arriba por lo cual, sólo es visible a nivel torácico alto y a nivel cervical. Ambos fascículos tienen su primera neurona en el ganglio

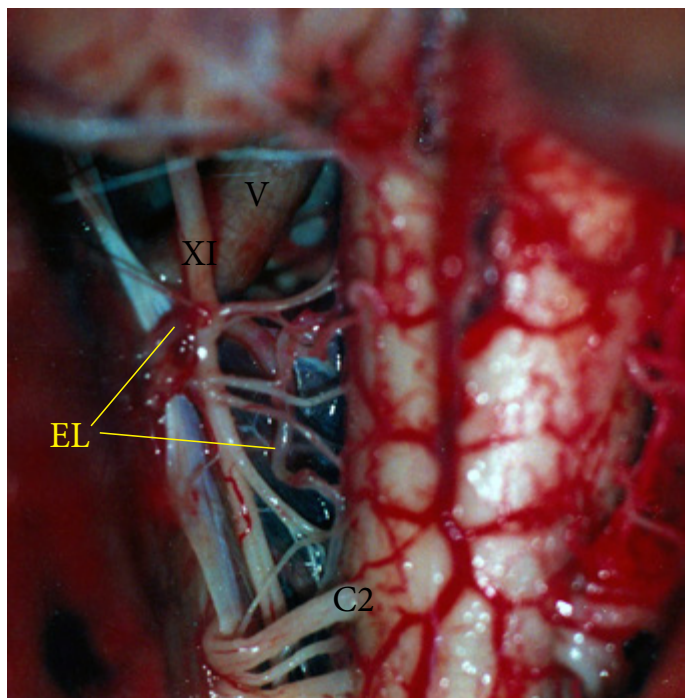


Foto N° 20-8 : Arteria espinal lateral (EL) naciendo de la vertebral (V), la cual pasa entre ésta y el espinal (XI). No hay raíz C1.

de la raíz posterior, de allí ascienden ipsilateralmente hasta el bulbo donde sinapsan con los núcleos gracilis y cuneatus (2da neurona). Las fibras cruzan al lado opuesto como fibras arcuatas internas, incorporándose al lemnisco medial alcanzando en el tálamo el núcleo ventro-látero-posterior.

La lesión de este cordón genera un trastorno ipsilateral del tacto fino y la propiocepción generando un tipo de marcha llamada tabética (dado que se ve en la sífilis terciaria), caracterizada por una marcha atáxica en donde el paciente utiliza sus ojos como bastón al haber perdido el sentido de posición articular. Se le asocia trastroncos tróficos como es el caso de las articulaciones de Charcot.

El haz espino-talámico (ET) lleva sobre todo dolor y temperatura. Las fibras de tipo A delta y C ingresan por el asta posterior, dividiéndose en un ramo ascendente y otro descendente, los cuales corren en el tracto de Lissauer por 1 o 2 segmentos, antes de sinapsar en la sustancia gelatinosa de Rolando. Luego cruzan al lado opuesto por la comisura blanca anterior para dirigirse al cordón antero-lateral. Allí un haz ET ventral lleva sensación de tacto ligero, mientras que otro haz, el ET lateral lleva dolor y temperatura. Somatotópicamente la disposición, es que las fibras que van entrando, se van colocando medialmente, de manera tal que las fibras sacras son las más externas (opuesto a lo que ocurre en la columna dorsal). Esto explica en casos de siringomielia severa la llamada exclusión sacra, dado que estas fibras al ser las más externas son las respetadas en caso de dilatación máxima de la cavidad central.

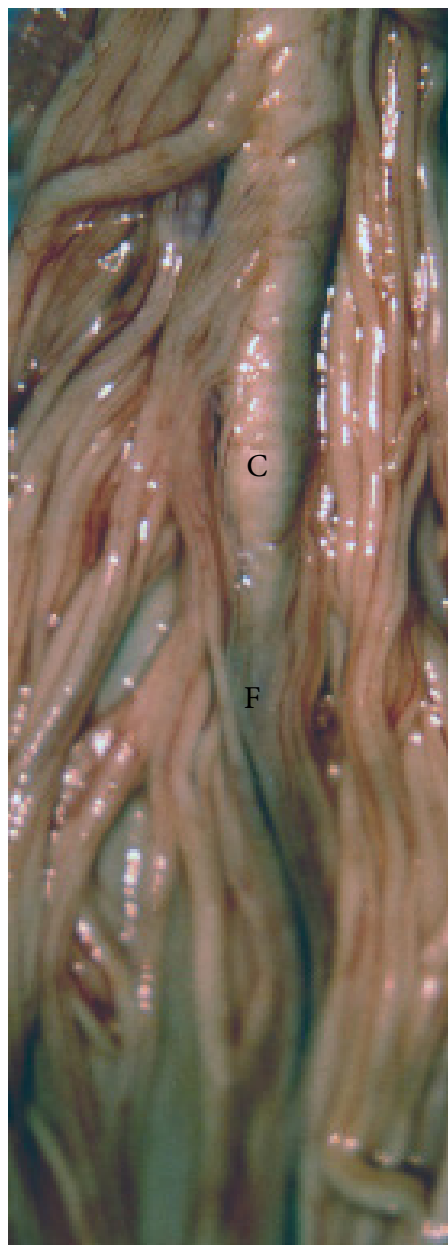


Foto N° 20-9 : se observa el cono terminal (C) y el filum terminale (F). Nótese la profusidad de raíces que forman la cola de caballo

interneuronales espinales, transmitiendo centralmente la actividad de los mismos. También el haz ventral recibe información desde los tractos descendentes. Transmite al cerebelo, una copia de salida del circuito neuronal espinal recibiendo información del pool interneuronal. Actualmente se sabe que el ECV podría también influir la actividad de dicho pool, monitoreando y modificando la excitabilidad del mismo. El haz espino cerebeloso rostral es el equivalente superior del espino-cerebeloso ventral, naciendo en las láminas V- VII de los segmentos C4 a C8. En la parte superior el haz cuneo-cerebeloso es el equivalente al espino-cerebeloso dorsal. Existe un conjunto de vías ascendentes, espino-reticulares, que alcanzan el núcleo reticular lateral (NRL) y desde

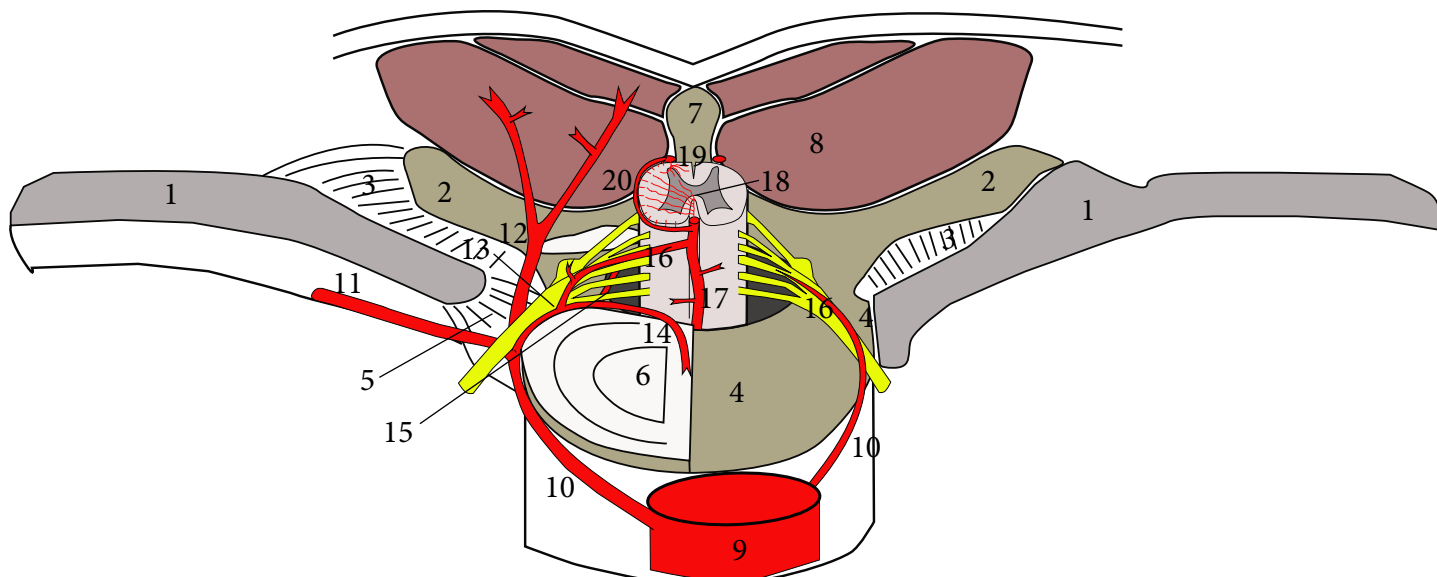
Dentro de los sistemas ascendentes tenemos los haces espino-cerebelosos, los cuales participan en los circuitos de la sensibilidad propioceptiva inconsciente. Los haces espino-cerebelosos dorsal y ventral nacen en los segmentos torácicos y lumbares. Las células de origen del haz espinocerebeloso dorsal se ubican en el núcleo de Clarke entre T1 y L2, las cuales son estimuladas por impulsos periféricos que vienen desde husos neuromusculares, órganos tendinosos y mecanorreceptores articulares. El haz espino cerebeloso ventral (ECV) se origina en las células del borde espinal contralateral y es activado por los circuitos

el cual parten fibras musgosas al cerebelo, por lo cual es considerada como una vía espino cerebelosa indirecta. Dentro de estos subsistemas indirectos tenemos las neuronas propioespinales de C3-C4 (NP), el tracto anterior ipsilateral (ipsilateral forelimb tract), el tracto del reflejo flexor ventral bilateral y el tracto trigeminal funicular dorsal. Todos ellos convergen sobre el mencionado núcleo reticular lateral. Este sistema no sólo monitorea y ajusta movimientos rítmicos como locomoción o respiración, sino que además, estos subsistemas, al monitorear la excitabilidad del pool interneuronal, marcarían información acerca de la postura, alcance, agarre o apertura mandibular. Al confluir todos en el NRL, se produciría en este una integración de estos actos motores, para lograr un movimiento suave y coordinado. Así por ejemplo el núcleo propioespinal (NP) de C3-C4, recibe una colateral de la orden motora, desde el haz córtico-espinal, para efectuar el alcance con el brazo. De esa forma el NP modula la actividad de las neuronas que participan en el movimiento, pero además genera una copia de las ordenes motoras que alcanzan el NRL, el cual mediante fibras musgosas hará participar al cerebelo, permitiendo así una corrección rápida y efectiva del movimiento. Dentro de los sistemas descendentes el principal es el haz córtico-espinal, el cual luego de decusarse a nivel de la porción baja del bulbo se divide en una porción no cruzada o directa (10-25% de las fibras), que va en el cordón anterior y que alcanzado el nivel correspondiente, termina también decusandose por medio de la comisura anterior. Este grupo de axones motores va destinado a la musculatura axial y proximal de los miembros. El resto de haces de la vía córtico-espinal, va en el cordón lateral, medial al tracto espino-cerebeloso dorsal. Las fibras destinadas a la región cervical y miembros superiores se ubican medialmente, mientras que las destinadas a la región lumbosacra corren lateralmente. Hay 2 subsistemas descendentes largos de origen subcortical (origen en el tronco). Un sistema medial y otro lateral. El medial, corre en el cordón anterior y termina en el área ventrolateral de la zona gris intermedia del asta anterior (láminas V a VIII de Rexed) involucrando los haces retículo-espinal, vestíbulo-espinal, tecto-espinal e intersticio-espinal ejerciendo efecto sobre la musculatura axial y proximal. El sistema lateral, discurre en el cordón del mismo nombre y alcanza la región dorsolateral de la zona gris intermedia y comprende el haz rubro-espinal junto con el haz córtico-espinal controlando musculatura distal de los miembros, ejerciendo marcado efecto excitatorio sobre músculos flexores e inhibiendo los extensores, o sea inversamente a lo que ocurre con el subsistema medial. Dentro del sistema medial, el haz vestíbulo-espinal (TVE) tiene un componente medial y otro lateral. Ambos nacen del núcleo vestibular. El lateral se relaciona con el aparato otolítico y el lóbulo anterior del cerebelo. Desciende ipsilateralmente hasta la región lumbar, excitando la musculatura extensora e inhibiendo la flexora, jugando

un rol fundamental en la postura erecta. Por otra parte el vestíbulo espinal medial recibe estímulos desde los canales semicirculares, desciende por el FLM, alcanzando las motoneuronas de la región cervical, coordinando así los ajustes posturales de la cabeza. El tracto retículo-espinal (TRE) tiene 2 componentes: una porción de origen pontino, que desciende ipsilateralmente en el cordón anterior y otro grupo de nacimiento bulbar que desciende bilateralmente en el cordón ventrolateral. El TRE actuaría manteniendo el tono general del cuerpo mediante ajustes posturales. Tanto el TVE, como el TRE reciben impulsos del núcleo fastigial del cerebelo, lo que explicaría la ataxia troncal en caso de lesión de este núcleo. El haz tecto-espinal nace en el colículo superior y luego de cruzar la línea media desciende en el FLM para alcanzar la región cervical, mientras que el intersticio espinal nace en el núcleo de Cajal y también usa bilateralmente el FLM para alcanzar la porción medial de las astas ventrales cervicales. Estos 2 últimos haces juegan un rol esencial, dado que al recibir estímulos visuales coordinan la posición de la cabeza y los ojos ante cambios posturales. Por otra parte fibras serotoninérgicas procedentes del núcleo del rafe y fibras noradrenérgicas, desde el locus coeruleus, por medio del cordón dorsolateral, arriban al asta posterior generando analgesia.

IRRIGACION MEDULAR

El complejo vértebra, músculos paraespinales, duramadre, raíces y médula espinal es irrigado por las llamadas arterias segmentarias. A nivel torácico hay 9 arterias intercostales posteriores de cada lado y un par de arterias subcostales, nacidas todas de la aorta descendente. Ésta también suministra 4 pares de arterias segmentarias lumbares (L1-L4). Las segmentarias a nivel lumbar bajo y sacro nacen de ramas de la íliaca interna, como la ilio-lumbar o la sacra lateral o aún de la sacra media. Estas ramas irrigan L5 y el sacro. Cada arteria segmentaria se divide en 3 ramas: ventral (arteria intercostal o lumbar), ramo dorsal (ramo muscular y cutáneo) y ramo medial o espinal. Este último entra al canal por el foramen intervertebral y da 2 ramas al canal espinal, una rama anterior o retrocorpórea y otra posterior o prelaminar, para las estructuras óseas y ligamentarias, incluido el ligamento amarillo y otra rama radicular, para las raíces, la cual está presente en cada segmento. De estas radicales, sólo un número muy limitado de ellas emitirá un ramo medular, en cuyo caso dicho vaso recibirá el nombre de arteria radículo-medular (RM). La ubicación y número de radículo-medulares es muy variable y aleatorio. Así generalmente se encuentra un promedio de 6 a 9 arterias radículo-medulares anteriores y de 11 a 16 radículo-medulares posteriores. Cada persona tiene así su propia impronta vascular medular. Longitudinalmente hablando la irrigación del cordón espinal se hace a través de un tronco espinal anterior que corre



Esquema Nº 133 : corte de la articulación costo-vertebral, mostrando la irrigación medular. La costilla (1) se une a la apófisis transversa (2) mediante el ligamento costo-transverso lateral (3). La costilla se une al cuerpo vertebral (4) mediante el ligamento radiado de la cabeza de la costilla (5). A izquierda el corte pasa por el disco intervertebral (6), mientras que a derecha pasa por el cuerpo mismo de la vértebra. La apófisis espinosa (7) recibe la inserción de la musculatura paravertebral dorsal. La aorta (9) suministra las arterias segmentarias (10), las cuales cerca del foramen intervertebral se dividen en 3 ramas: una rama ventral (11), la que acompaña a la costilla (arteria intercostal), un ramo dorsal que vierte ramos musculares y ramos cutáneos (12) y un ramo medial o espinal (13) que se subdivide en 3 ramos: uno anterior o retrocorpóreo (14), otro posterior o prelaminar (15), que entre otras estructuras, irriga el ligamento amarillo y el ramo espinal propiamente dicho (16) que a derecha culmina en la raíz, mientras que a izquierda forma un arteria radículo-medular, que aporta al tronco espinal anterior (17). Este último tronco suministra en el seno del surco medio anterior, las arterias surco-comisurales (18), encargadas de irrigar los 2/3 anteriores del cordón, incluyendo el haz piramidal. En el dorso del cordón se observan las espinales póstero-laterales (19), las cuales irrigan el 1/3 posterior del mismo. El llamado vasa corona une la circulación anterior con la posterior y alimenta la periferia de la médula.

a lo largo del surco medio anterior y 2 troncos espinales póstero-laterales que corren inmediatamente mediales a la emergencia de las raíces posteriores. La arteria espinal anterior nace de ambas vertebrales (ver capítulo de circulación posterior) y desciende hasta el cono medular. Mide de 0,4 a 1,2mm y va siendo alimentada en su trayecto por las radículo-medulares que van entrando al cordón espinal. El calibre de la espinal anterior, va a depender de la cantidad de sustancia gris que va a irrigar en cada nivel. Es más delgada a nivel torácico y se engrosa a la altura del cono. El tronco espinal anterior, en su camino descendente, va recibiendo las sucesivas radículo-medulares, de manera tal que este tronco se comporta como un canal anastomótico de diferentes territorios vasculares. Eso va a generar la aparición de áreas limítrofes entre dichos territorios, siendo la más representativa la situada a la altura de D4, zona muy susceptible al infarto medular. En la región cervical hay 2 a 3 arterias RM anteriores de ubicación variable, aunque algunas se presentan más constantes, como la denominada arteria del engrosamiento cervical, rama habitual de la cervical profunda y que entra por C6. La vertebral suministra ramos pequeños, aunque

la nacida en C3 suele ser más prominente y constante. Puede haber una arteria espinal lateral, naciendo de la vertebral intracraneal o de la PICA, la cual corre acompañando a la raíz espinal del par XI y a nivel de C4 pasa delante de la raíz posterior y posterior al ligamento dentado. Puede anastomosarse con ramas de la PICA a la altura del cuerpo restiforme o con vasos extradurales de la vertebral u occipital en cada metámera. Termina a nivel de C4 o C5. A nivel torácico y lumbar existe gran variabilidad en el origen de las RM. La más importante es la arteria RM magna o de Adamkiewicz. Nace entre T9 y T12 en el 75%. Entre T5 y T8 en el 15% y a nivel L1-L2 en el 10%. Cuando nace alta, entre T5 y T8, una arteria adicional conal puede verse. (arteria de Desproges -Gotterson). La radículo-medular magna cuando se une con la EA forma una curva aguda hacia abajo dirigiendo su flujo en esa dirección, dando allí ramos finos ascendentes y un grueso ramo descendente. Por debajo de la unión EA- Adamkiewicz hay muy poco flujo sanguíneo accesorio colateral, lo que vuelve a esa zona muy sensible a la isquemia). Al llegar al cono la EA forma una red rodeando el cono y formando allí los ramos cruciati en donde las 2 ramas terminales

de la EA rodean el cono y se unen con las 2 espinales posteriores., formando una especie de cesta vascular que rodea la porción terminal de la médula, generando así, anastomosis entre el sistema anterior y el posterior. Las arterias espinales posteriores, una de cada lado nacen de la vertebral o de la PICA (segmentos V3 o V4) Su diámetro es menor a 0,5 mm. Corren 1 de cada lado, a lo largo de la superficie pósterolateral de la médula, mediales a la raíz posterior, siendo alimentadas por las sucesivas radículo-medulares posteriores. Su curso es más interrumpido o más discontinuo que el de la EA. La mayor de las radículo-medulares posteriores suele entrar por debajo de la Adamkiewicz. Desde el punto de vista de la irrigación intrínseca de la médula, el tronco espinal anterior suministra las llamadas arterias surco-comisurales, que en número de 250 a 300 y con un diámetro entre 0,06 y 0,4 mms, recorren el surco medio anterior y van entrando a la sustancia medular alternativamente a derecha e izquierda. Estas arterias irrigan los 2/3 anteriores de la médula, mientras que el 1/3 posterior corresponde a las espinales pósterolaterales. Existe una red anastomótica pial circumferencial entre las espinales anteriores y posteriores llamada vasa corona, con vasos de 0,1 a 0,2 mms y que entran a en ángulo recto a la médula, irrigando la porción superficial de la misma.

DRENAJE VENOSO

Es aún más variable que el sistema arterial. Tiene un sistema intrínseco y otro extrínseco. El primero consta de venas sulcales o centrales y radiales o periféricas. El límite entre ambos territorios es diferente al límite arterial y se establece tomando la mitad del asta anterior.

Hay una vena espinal anterior (hasta 1.5 mm de diámetro) siendo más prominente a nivel lumbosacro. La misma sigue en el filum terminal como vena del filum

Puede haber 3 venas espinales posteriores: una mediana, más importante y otras 2 posterolaterales, las cuales acompañan a cada una de las arterias espinales pósterolaterales. La vena espinal anterior y posteriores drenan a venas radículo-medulares anteriores (8 a 14 puede haber hasta 20) y posteriores (5 a 10) De allí van al plexo paravertebral o intervertebral. La mayor de las radiculomedulares anteriores se ubica entre T11 y L3 a nivel de la raíz posterior.

LECTURAS RECOMENDADAS

Alleyne CH Jr, Cawley CM, Shengelaia GG, Barrow DL: 1998. Micro- surgical anatomy of the artery of Adamkiewicz and its segmental artery. J Neurosurg 89:791-795.

Alstermark B, Ekerot CF: The lateral reticular nucleus; integration of descending and ascending systems regulating voluntary forelimb movements. Front Comput Neurosci.

2015 Aug 5;9:102.

Becske T, Nelson P: 2009. The vascular anatomy of the vertebro- spinal axis. Neurosurg Clin N Am 20:259-264.

Bosmia AN, Hogan E, Loukas M, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA: Blood supply to the human spinal cord: part I. Anatomy and hemodynamics. Clin Anat. 2015 Jan;28(1):52-64.

Bosmia AN, Tubbs RS, Hogan E, Bohnstedt BN, Denardo AJ, Loukas M, Cohen-Gadol AA: Blood Supply to the human spinal cord: part II. Imaging and pathology. Clin Anat. 2015 Jan;28(1):65-74.

Bican O, Minagar A, Pruitt AA: The spinal cord: a review of functional neuroanatomy. Neurol Clin. 2013 Feb;31(1):1-18.

Bowen BC, Pattany PM: Vascular anatomy and disorders of the lumbar spine and spinal cord. Magn Reson Imaging Clin N Am. 1999 Aug;7(3):555-71.

Chakravorty BG: 1971. Arterial supply of the cervical spinal cord (with special reference to the radicular arteries). Anat Rec 170: 311-329.

Gillilan L: 1958. The arterial blood supply of the human spinal cord. J Comp Neurol 110:75-103.

Cho TA: Spinal cord functional anatomy. Continuum (Minneapolis). 2015 Feb;21(1 Spinal Cord Disorders):13-35.

Jankowska E, Hammar I: Interactions between spinal interneurons and ventral spinocerebellar tract neurons. J Physiol. 2013 Nov 15;591(22):5445-51.

Lazorthes G, Gouaze A, Zadeh J, Santini J, Lazorthes Y: 1971. Arterial vascularization of the spinal cord. J Neurosurg 35:8-12.

Perese DM, Fracasso JE: Anatomical considerations in surgery of the spinal cord: a study of vessels and measurements of the cord. J Neurosurg. 1959 May;16(3):314-25.

Rojas S, Ortega M, Rodríguez-Baeza A: Vascular configurations of anastomotic basket of conus medullaris in human spinal cord. Clin Anat. 2018 Apr;31(3):441-448.

Santillan A, Nacarino V, Greenberg E, Riina HA, Gobin YP, Patsalides A: Vascular anatomy of the spinal cord. J Neurointerv Surg. 2012 Jan 1;4(1):67-74.

Sheerin F: Spinal cord injury: anatomy and physiology of the spinal cord. Emerg Nurse. 2004 Dec;12(8):30-6.

Stecina K, Fedirchuk B, Hultborn H: Information to

cerebellum on spinal motor networks mediated by the dorsal spinocerebellar tract. J Physiol. 2013 Nov 15;591(22):5433-43.

Tubbs RS, Loukas M, Slappey JB, Shoja MM, Oakes WJ, Salter EG: Clinical anatomy of the C1 dorsal root, ganglion, and ramus: a review and anatomical study. Clin Anat. 2007 Aug;20(6):624-7.

Tubbs RS, Loukas M, Yalçın B, Shoja MM, Cohen-Gadol AA: Classification and clinical anatomy of the first spinal nerve: surgical implications. J Neurosurg Spine. 2009 Apr;10(4):390-4.

Turkoglu E, Kertmen H, Uluc K, Akture E, Gurer B, Cikla U, Salamat S, Başkaya MK: Microsurgical anatomy of the posterior median septum of the human spinal cord. Clin Anat. 2015 Jan;28(1):45-51.