CAPITULO 1: BASE DE CRANEO

Denominamos base de cráneo a la armazón ósea sobre la que asientan las estructuras encefálicas del sistema nervioso central.

Presenta una gran cantidad de forámenes y canales, por los que entran y salen elementos vasculares y nerviosos.

Está dividida en 3 sectores, denominados fosas:

- Anterior
- Media
- Posterior

FOSA ANTERIOR

Se presenta sobreelevada por la presencia de las órbitas y en el centro por las fosas nasales. Lateralmente encontramos la lámina horizontal del frontal, unida por detrás con el ala menor del esfenoides, la cual remata medialmente en la **apófisis clinoides anterior**. Esta porción de la fosa anterior forma el techo de la órbita, siendo por lo general muy fina, a veces papirácea, y sobre la superficie intracraneana muy rugosa.

Medialmente y por delante, se encuentra la lámina horizontal o **lámina cribosa del etmoides** (Foto 1-1). Allí se encuentra la **apófisis crista galli** y a ambos lados, la canaleta olfatoria del etmoides. El **nervio olfatorio** se origina de múltiples filetes que a traviesan los orificios de la lámina cribosa, arribando dichos filetes al **bulbo olfatorio**, el cual apoya en la canaleta olfatoria. En la parte anterior de ésta canaleta hay 2 orificios mayores, el medial es la **hendidura etmoidal**, que permite el paso de una prolongación de la duramadre y el lateral, el **agujero etmoidal**, que es la expresión endocraneana del **conducto etmoidal anterior**, que transporta a la **arteria etmoidal anterior** y al **nervio nasal interno**. En el extremo posterior de la canaleta olfatoria desemboca el **conducto etmoidal posterior**, que transporta el **nervio esfenoetmoidal** y la **arteria etmoidal posterior** (habría unos 12 mm de separación entre ambos conductos etmoidales y 6 mm entre el conducto etmoidal posterior y el conducto óptico). Por detrás de la crista galli, se encuentra el plano o **yugum esfenoidal**, que remata en el **limbo esfenoidal**. Por detrás se ubica el canal quiasmático, que separa al limbo del **tubérculo selar**. El tamaño promedio de la crista galli es de 13 mm ántero-posterior y 13 mm de altura. En un 15% de los casos está neumatizada, insertándose en su ápex, la hoz del cerebro (foto1-3). Por delante de la crista galli se encuentra el **foramen cecum** (foto1-3), un pequeño orificio que no solo

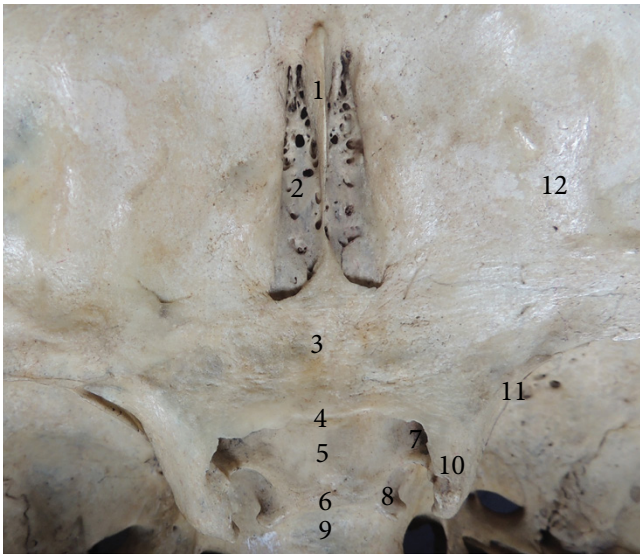


Foto Nº 1- 1 : Base de cráneo anterior. 1- Apófisis crista galli. 2- Lámina cribosa del etmoides 3- Plano esfenoidal 4- Limbo esfenoidal 5- Canal quiasmático 6- Tubérculo selar 7- Extremo intracraneal del conducto óptico 8- Apófisis clinoides media 9-Piso de la silla 10- Apófisis clinoides anterior 11- Borde libre del ala menor del esfenoides 12- Piso rugoso de la fosa anterior (techo orbitario)

sirve para la inserción de la hoz del cerebro, sino que también permite el paso de una vena emisaria, llamada **vena de Sperino** o vena ciega, que recoge sangre venosa de la órbita y el diploe y da comienzo al seno sagital superior.

En una vista endonasal, el ancho de la porción medial de la fosa anterior, que corresponde a la distancia entre ambas órbitas es de 24 mm a nivel de la crista galli, 27 mm a la altura del plano esfenoidal y 18 mm entre ambos sifones carotídeos. El conducto etmoidal anterior se ubica en promedio, unos 24 mm detrás de la cresta lacrimal. Lander y Terry mencionan una regla mnemotécnica: 24-12-6 en relación a los conductos etmoidales. Es decir, que habría en promedio 24 mm entre la cresta lacrimal y el conducto etmoidal anterior, 12 mm entre ambos conductos etmoidales y sólo 6 mm entre el posterior y el nervio óptico.

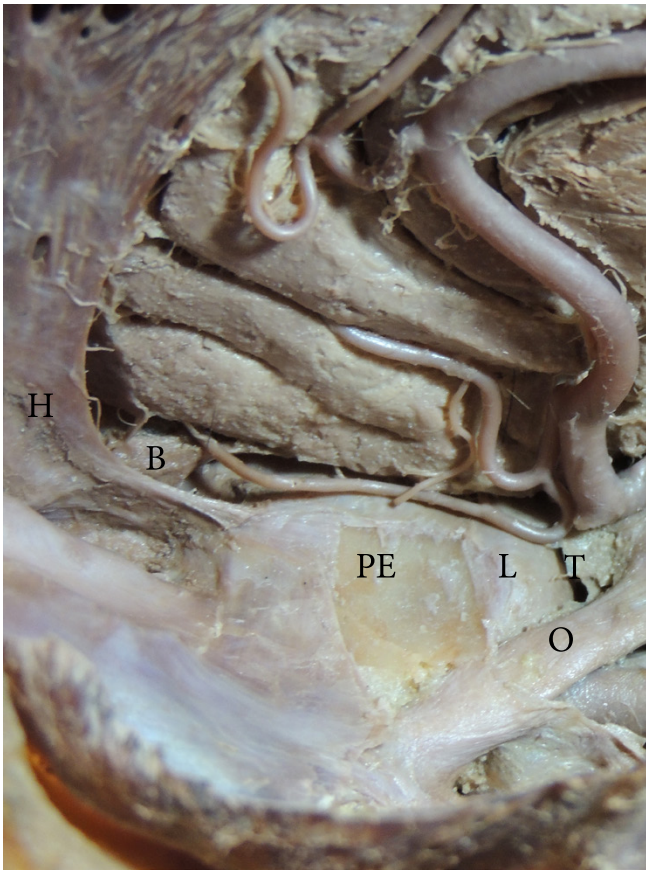


Foto Nº 1-3 : El hemisferio de este lado ha sido resecado, conservando el opuesto. La hoz del cerebro (H) marca la línea media. a ambos lados de la inserción de la hoz se ubican los canales olfatorios para el bulbo olfatorio (B). El lóbulo frontal reposa sobre el techo orbitario. PE: plano esfenoidal L: limbo esfenoidal T: tubérculo selar O: nervio óptico.

Foto Nº 1- 2 : Lámina cribosa del etmoides (1). Apófisis crista galli (2) En su extremo anterior se ubican la hendidura etmoidal (3) y el agujero etmoidal (4). Por delante se ubica el foramen caecum (5). Del lado derecho se ha resecado parte de la lámina cribosa y se ven las celdillas etmoidales.

La **clinoides anterior** (foto 1-5), remata medialmente en el ala menor del esfenoides y forma con su raiz superior el techo del canal óptico y con su raiz inferior el pilar óptico o piso del mismo canal. Su forma es variable, siendo su longitud de 7 a 9 mm y su ancho de 4 a 7 mm. Cubre lateralmente la porción de la carótida que lleva su nombre (segmento clinoidal), formando en sus bordes superior e inferior, los anillos durales del mismo nombre. *La reseccion de la clinoides permite exponer ésta porción de la arteria, lo cual puede ser necesario en aneurismas paraclinoideos o carótido-oftálmicos o en tumores de base que involucran a la clinoides. La resección de dicha apófisis puede ser efectuada por vía intradural o extradural.*

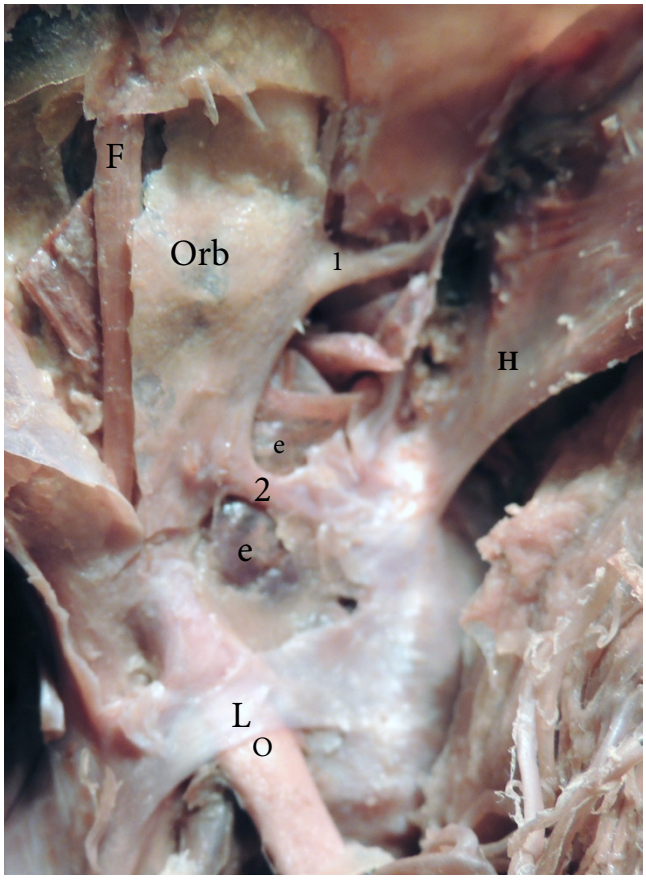


Foto Nº 1-4 : La órbita (Orb) ha sido destechada y la dura abierta dejando ver la rama frontal de V1(F). Medialmente surgen los conductos etmoidales anterior y posterior (1 y 2). El nervio óptico (O), es cruzado por a rriba por el ligamento falciforme (L). Nótese la proximidad de las celdillas etmoidales (e) a la cara medial del óptico. H: hoz del cerebro.

La duramadre intracraneal se compone de 2 hojas: una hoja periostial externa y la dura propia. En los puntos donde ingresan o salen arterias y nervios la hoja periostial, sale por el orificio y se continúa con el periostio extracraneal. En ese punto de emergencia, a través de un foramen o fisura, suele haber un espacio de tejido conectivo laxo entre la dura propia y el epineuro de los nervios. Ese tejido areolar puede ser usado como plano de clivaje, para separar la dura propia de los nervios. Esto ocurre a nivel de la **fisura orbital superior** (FOS), donde la conexión entre la hoja periostial de la dura temporal y la periorbita, es llamada **banda meningo-orbital** (foto 1-6). *Así, luego de una craneotomía pterional o un abordaje fronto cigomático, se drilla el ala menor hasta el borde lateral de la FOS. Desde éste punto, hacia delante y medialmente, en dirección al extremo orbital del canal óptico, se reseca ésta parte del techo orbital. De esa forma, se destecha el canal óptico y la FOS, sin sobrepasar el borde medial del canal óptico (para no ingresar en senos paranasales).*

La banda impide una mayor retracción dural de los lóbulos frontal y temporal, porque está anclada desde la periórbita. Por ende, para exponer la clinoides, debe ser seccionada (fotos 1-7-12). Esto puede efectuarse, luego de la orbitotomía del ápex órbital, exponiendo la periórbita. La sección debe hacerse, siguiendo el ala menor hacia medial, desde el extremo lateral de la FOS. Una vez seccionada la banda o pliegue meningo-orbital, entraremos en el espacio interdural, o sea el plano de clivaje mencionado más arriba. Ingresaremos en el espacio entre la dura propia y la hoja reticular que cubre los pares craneales, con lo cual se realizará el peeling medialmente. La seccion de la banda o pliegue, sobre el borde de la FOS y el borde lateral de la clinoides no

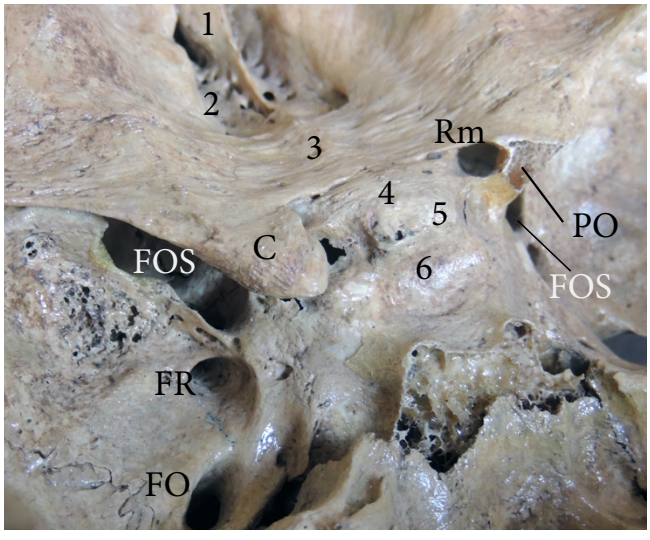


Foto Nº 1-5 : La clinoides (C) remata medialmente el ala menor del esfenoides. Tiene 2 raices de inserción, una medial (Rm) que forma el techo del canal óptico y otra infe rior llamada pilar óptico (PO), que a derecha puede ser bien visto, dado que se ha resecado la clinoides. El pilar separa el canal óptico de la fisura orbital superior (FOS). 1- Crista Galli 2-Lámina cribosa 3-Plano esfenoidal 4- Limbo esfenoidal 5-Canal quiasmático 6-Tubérculo selar FO: foramen oval FR: foramen rotundum

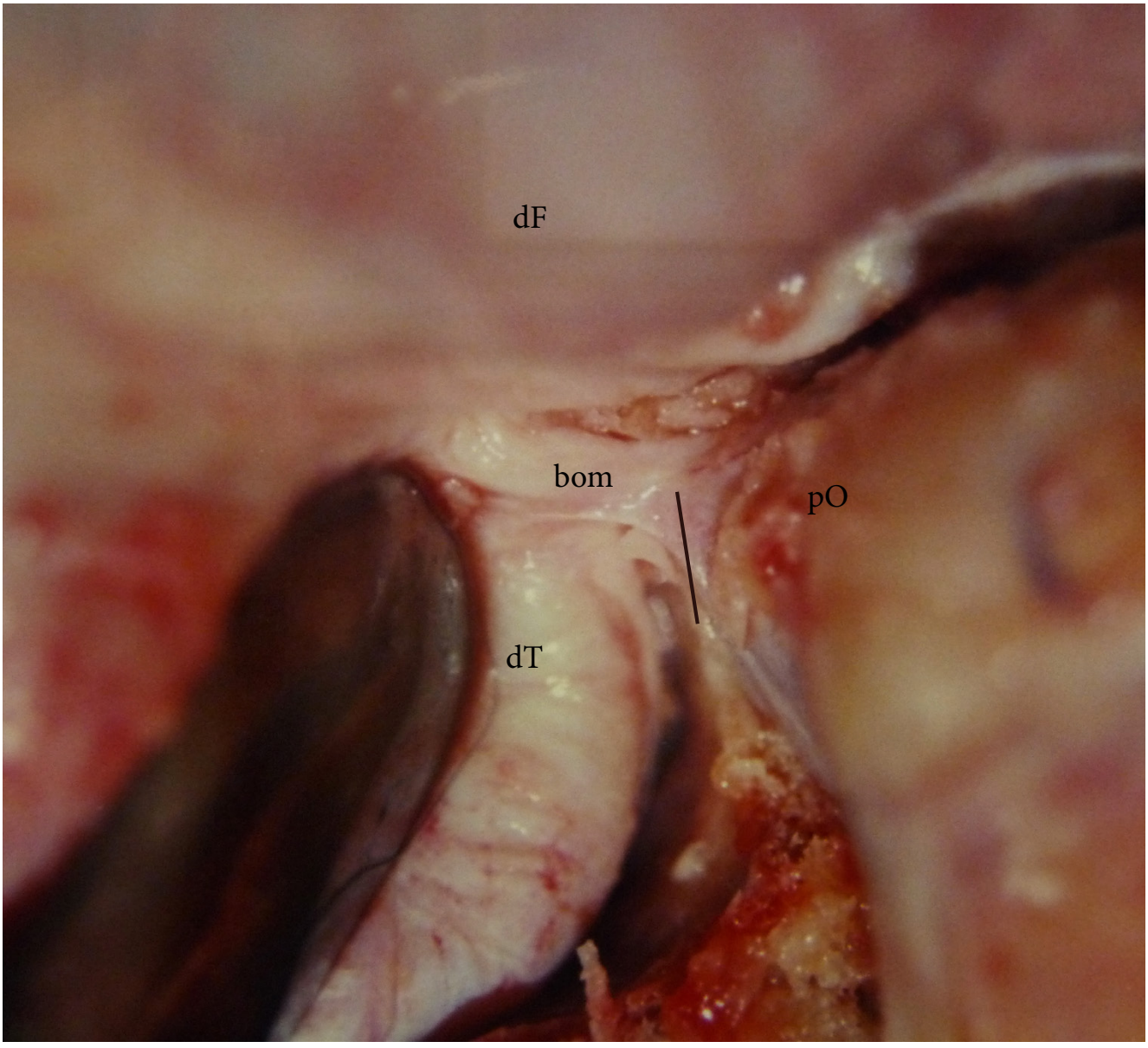
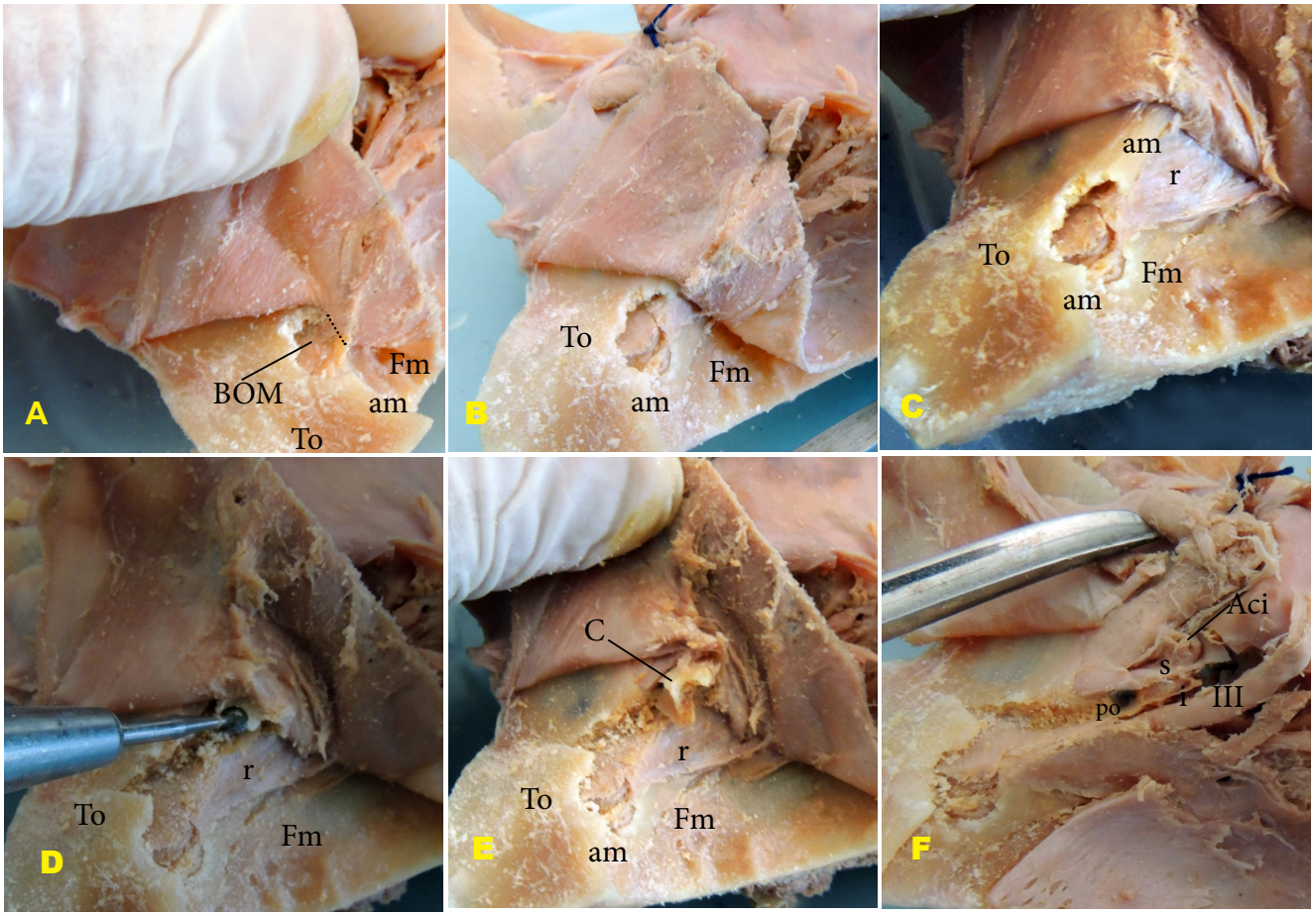


Foto Nº 1- 6 : Exposición luego de abordaje órbito.cigomático. La banda órbito-meníngea (bom) une la duramadre propia del temporal(dT) con la periórbita (pO), atravesando la FOS. Para poder exponer clinoides extraduralmente es necesario seccionar la bom, lo cual debe hacerse desde el extremo lateral de la FOS, yendo medialmente no más de 5 mms (ver siguiente) con lo cual entraremos en el espacio interdural y haciendo suave peeling despegaremos dura propia de la hoja reticular que recubre los pares que van hacia la FOS. La línea negra marca el punto donde abrir la banda O-M.

debe exten derse medialmente más de 5 o 6 mm, para no lesionar los nervios entrando a la FOS. Esta maniobra permitirá exponer el resto de la clinoides. El destechamiento completo del canal óptico hasta su borde lateral, eliminará el anclamiento superior de la clinoides. Esto permitirá, luego de despegar el resto de la duramadre de dicha apófisis, que la misma pueda fracturarse a nivel del pilar óptico o resecarse en pequeños fragmentos con gubia. Debe cuidarse, de no lesionar la carótida que está debajo. La resección en bloque de la clinoides entraña el riesgo de lesionar la carótida, sobre todo si existe una apófisis clinoides media, con un ligamento entre ambas apófisis calcificado.

FOSA MEDIA

Se extiende entre el ala menor del esfenoides y el borde superior del **peñasco** (foto 1-14),



Fotos Nº 1- 7-12: Secuencia de resección extradural de la clinoides anterior izq. en un preparado anatómico. Al levantar la duramadre de la fosa media (Fm) y techo orbitario (To) si guiendo el ala menor (am), al llegar a la fisura orbital se encuentra una especie de ancla que impide continuar con la reclinación de la dura. Ese punto corresponde a la banda meningo-orbital (BOM) que une la dura periostal endocraneana con la periórbita (A). En B la banda ha sido seccionada y se continua reclinando la dura sobre el ala menor. En C la dura propia es facilmente despegada de la hoja reticular (r) que cubre los pares craneales. En D drillando el pilar óptico y la porción lateral del canal óptico, se logra liberar la clinoides (C) (secuencia E) En F la clinoides ha sido resecada y puede verse la carótida (Aci) con sus anillos durales superior (s) e inferior (i). También se ven el pilar óptico (po) y el tercer par (III).

con una porción lateral que corresponde a la **fosa temporal** y otra medial que corresponde a la **silla turca**. Esta última será descripta en el capítulo de región selar.

Como ya se mencionó, la duramadre de la fosa media se organiza en 2 capas: una hoja interna, gruesa, impermeable, que se despega facilmente de la base, llamada meninges o dura propia. La otra capa externa o periostial, de aspecto reticular, toma una forma romboidal y es medial al foramen espinoso y a la eminencia arcuata. Cubre así el romboide de Kawase, también V3 y V2, continuándose luego con la hoja reticular interna de la pared externa del seno cavernoso.

En la zona romboidal ambas duras son se parables con cierta dificultad y debe destacarse que los **nervios petrosos**, a los cuales nos referiremos enseguida se encuentran bajo la capa periostial.

Entre las alas mayor y menor del esfenoides se encuentra la hendidura esfenoidal o **fisura orbital superior** (FOS), la cual presenta 3 porciones: una medial más ancha,

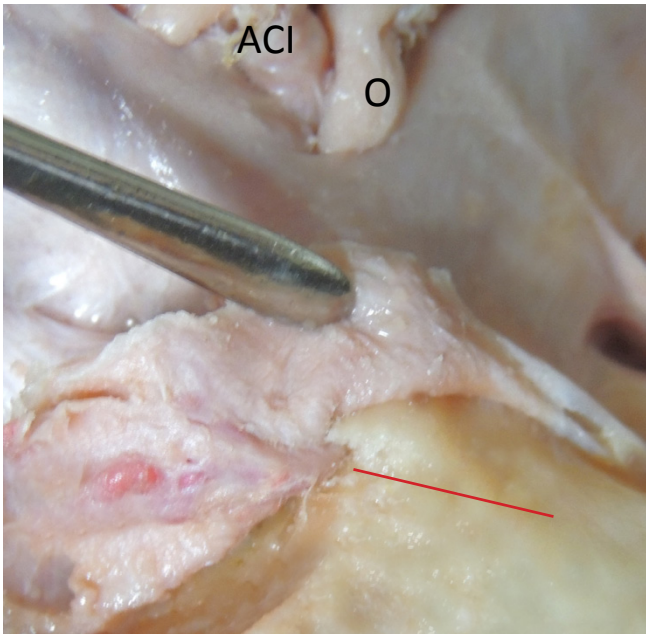


Foto Nº 1-13: Arteria órbito-meníngea ingresando al extremo lateral de la FOS. O: nervio óptico.

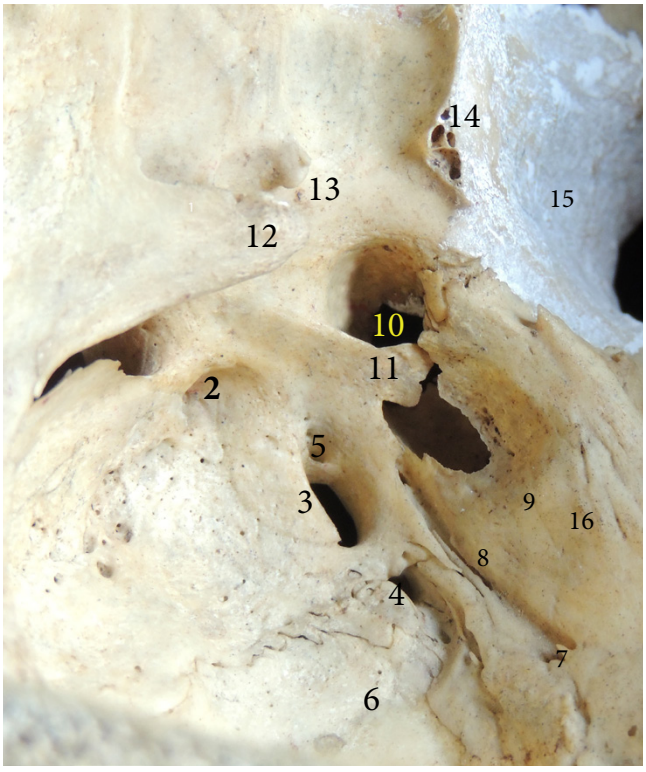


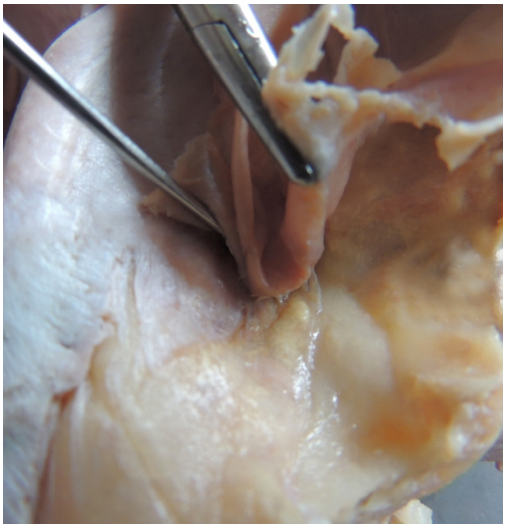
Foto Nº 1-14 : Fosa temporal vista desde lateral: 1- Fisura orbital superior 2-Foramen rotundum 3-Foramen oval 4- Foramen espinoso 5-Foramen de Vesalio 6-Surco de la arteria meníngea media 7- Hiato de Falopio e hiato accesorio 8-Surco esfeno-petroso 9-Fosita de Gasser, parte del piso está ausente, dejando ver el conducto para la porción petrosa de la carótida interna. 10-Foramen lacerum 11-Lingula esfenoidal 12-Apófisis clinoides anterior 13-Apófisis clinoides media 14-Dorso selar 15-Clivus 16-Eminencia arcuata.

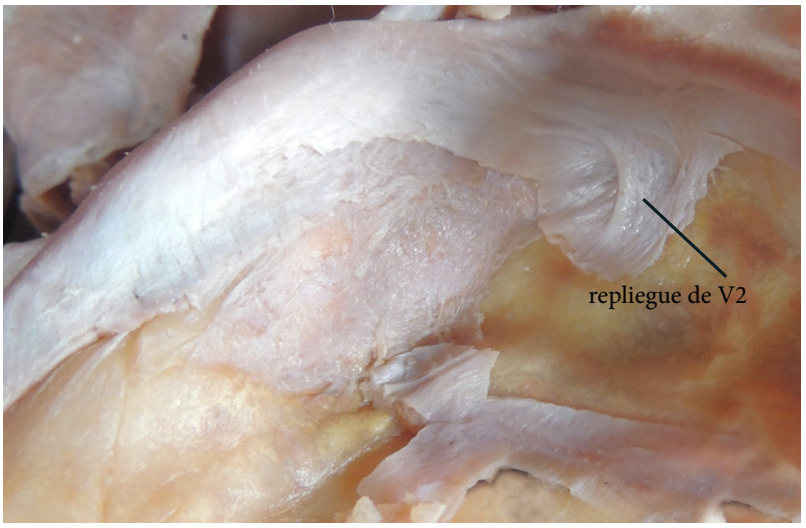
otra más delgada situada lateralmente y una tercera inferior al anillo de Zinn. En la porción más ancha se inserta el anillo de Zinn, por el que pasan el nervio nasal (rama de V1), las 2 ramas del motor ocular común y el motor ocular externo. La porción mas delgada, desde adentro hacia afuera, permite el paso del nervio patético, la rama frontal de V1 y la rama lagrimal de V1. La **vena oftálmica superior**, también pasa por éste segmento de la FOS. La tercera porción es inferior al anillo de Zinn, conteniendo una prolongación posterior de la grasa orbital y la **vena oftálmica inferior**.

Lateralmente a la FOS, debajo del margen posterior del ala menor del esfenoides, se encuentra un foramen inconstante, llamado **foramen meningo-orbital** (FMO). Este foramen tiene una incidencia del 30 al 80% según diferentes estudios, el cual permite el pasaje de una rama orbital de la arteria meníngea media. (foto 1-13) Su calibre es muy variable y se anastomosaría con la arteria lagrimal. Este ramo puede originar sangrado profuso en abordajes orbito-cigomáticos. Es considerado un canal rudimentario embriológico de la rama meningo-orbital, de la primitiva **arteria estapedial**. En un 15% de los casos el FMO puede ser múltiple. (ver página 262)

El **foramen rotundum** (FR) o agujero redondo mayor, se encuentra algunos mm por detrás del extremo medial de la FOS, y se comporta como un canal para la emergencia del maxilar (V2) o 2da rama del trigémino.

También encontraremos, algo por detrás y lateral al FR y medial (2 a 3 mm) al foramen oval, un orificio no siempre presente, conocido como **foramen de Vesalio**. La incidencia del mismo es de un 30 a 40% y transporta una conexión venosa entre el





Fotos Nº 1- 15-16 : Peeling de la fosa media. La duramadre se despega con facilidad hasta el foramen espinoso y por delante hasta V2. Por detrás y medial a estos reparos, la dura propia se adhiere a la hoja reticular, que recubre V2 y V3 y más medialmente la pared externa del seno cavernoso. El petroso mayor debe buscarse bajo dicha capa reticular.

plexo pterigoideo y el seno cavernoso. S*u importancia reside en que puede ser una vía de extensión de una infección extracraneal al seno cavernoso y también ser una falsa vía, por su proximidad con el foramen oval,*

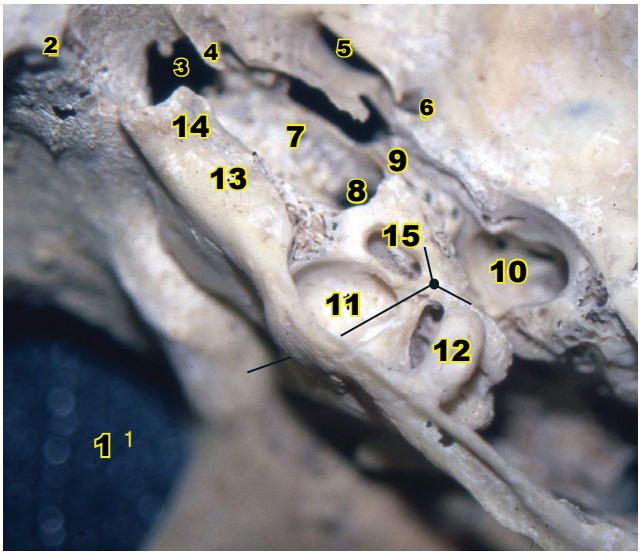


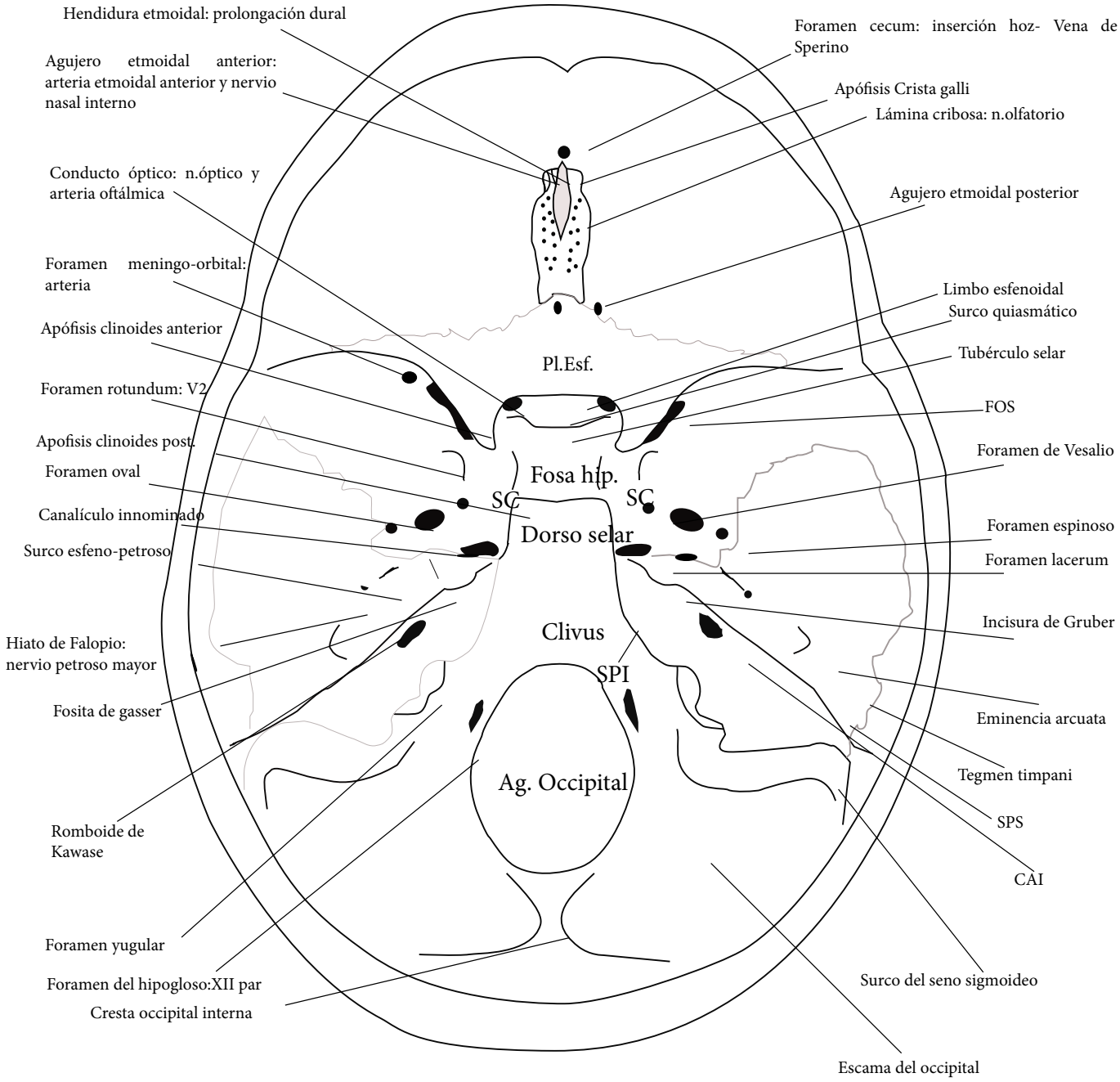
Foto Nº 1-17 : Peñasco óseo derecho destechado, visto desde atrás. 1-Foramen magno 2-Clinoides posterior 3-Foramen lacerum 4-Língula del esfenoides 5-Foramen oval 6-Foramen espinoso 7-Conducto carotídeo destechado 8-Extremo superior de la porción vertical del conducto carotídeo 9-Zona de paso de la trompa de Eustaquio y conducto del músculo del martillo. 10-Caja del tímpano 11-Conducto auditivo interno (la línea negra marca la dirección del facial y el punto negro el ganglio geniculado) 12-Conducto semicircular superior 13-Area de Kawase.14-Fosita de Gasser 15-Cóclea.

en las neurolisis transovales, originando hemorragia en caso de punción del mismo.

Por detrás y algo lateral al FR, se ubica el **foramen oval** (FO), localizado en la porción posterior del ala mayor del esfenoides. Por el FO pasa el **nervio mandibular**, la **arteria meníngea media accesoria**, el **nervio petroso superficial menor** *y una vena emisaria.*

El FO se abre a la fosa infratemporal. Mide entre 7 a 8 mm, en sentido transversal, por 3 mm antero-posteriormente. *A través del foramen oval se accede al ganglio de Ga sser, para el tratamiento de la neuralgia del trigémino. El procedimiento es conocido como neurolisis transoval.*

Unos 6 mms, por detrás del mismo, se encuentra el **ganglio de Gasser**. *Esta medida es importante porque en el curso de neurolisis transoval, la progresión de la aguja, más allá de 10 mms desde el foramen oval, en sentido profundo, tiene el serio riesgo de lesionar la carótida interna y el VI par o causar lesión por termocoagulación de los nervios de la pared externa del seno cavernoso.* El acceso percutáneo del FO en el curso de neurolisis transoval puede verse



Esquema Nº 1: Endocráneo y sus principales accidentes.

- ***Agujero etmoidal posterior:*** nervio esfeno-etmoidal y arteria etmoidal posterior.
- ***CAI:*** conducto auditivo interno: VII; VII bis, VIII con sus ramos coclear y vestibular. Arteria auditiva interna.
- ***Canalículo innominado:*** inconstante para nervio petroso menor.
- ***Foramen espinoso:*** Arteria meníngea media, en 50% arteria petrosa y ramo meníngeo de V3. A veces n.petroso menor.
- ***Foramen lacerum:*** se ve pasar la porción lacerum de la carótida interna y ramas de la faríngea ascendente.
- ***Foramen oval:*** Nervio mandibular, arteria meníngea media accesoria, vena emisaria y nervio petroso superficial menor.
- ***Foramen yugular:*** nervios IX, X y XI. Nervios de Jacobson y de Arnold. Seno petroso inferior, bulbo de la yugular, ramos de la faríngea ascendente y occipital y acueducto coclear.
- ***FOS: fisura orbital superior:*** III (sus 2 ramas), nervio nasal, VI par, IV par, nervios frontal y lagrimal. Vena oftálmica superior.
- ***SC:*** surco porción horizontal carótida interna.
- ***SPI:*** Seno petroso inferior. SPS: seno petroso superior.
- ***Surco esfeno-petroso:*** surco para el nervio petroso mayor, arteria petrosa y a veces n.petroso menor

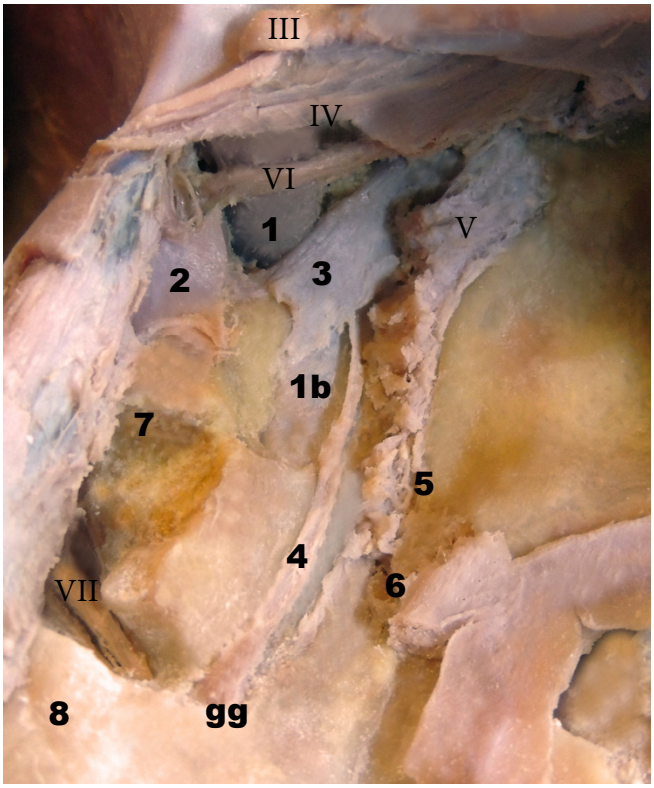


Foto Nº 1-18 : Visión del peñasco derecho desde adelante y afuera. 1-Art. carótida (porción lacerum) y 1b porción petrosa. 2-Cavum de Meckel 3-Ligamento petro-lingual 4-Nervio petroso mayor emergiendo del ganglio geniculado (gg) 5-Foramen oval, con el V par seccionado 6-Foramen espinoso con remanente de dura que acompaña a las ramas de la meníngea media 7-Area de Kawase 8-Eminencia arcuata.

dificultado por la presencia de **ligamentos ptérigo-espinoso** y **ptérigo-alar** calcificados (foto 1- 19). El primero, conocido como **ligamento de Civinini**, va de la espina del esfenoides al proceso ptérigoideo lateral, ubicándose medial al foramen oval. Es un engrosamiento de la fascia interpterigoidea y puede osificarse formando el foramen de Civinini. *El nervio lingual puede verse comprimido entre el ligamento osificado de Civinini y el músculo pterigoideo medial, causando entumecimiento lingual y dolor con ciertos movimientos de la mandíbula. Es interesante notar que radiológicamente puede verse como un foramen oval duplicado.*

El **ligamento de Hyrtl o ptérigo-alar**, se extiende desde la raiz del proceso pterigoideo lateral, en la apófisis ptérigo-espinosa, a la cara inferior del ala mayor del esfenoides, cerca del borde anterolateral del foramen espinoso, sobre la espina accesoria del esfenoides. Este ligamento, el cual es lateral al foramen oval, cuando está calcificado forma el conducto ptérigo-alar o **poro crotafítico-buccinatorio** (1% de la población). Cuando está presente, el tronco terminal anterior de V3, con sus 3 ramos temporales profundos, pueden atravesar el foramen, dirigiéndose a la fosa infratemporal.

Inmediatamente, por fuera y algo detrás, del FO, se ubica otro orificio más pequeño y circular, el **foramen espinoso**. A través de éste, la **arteria meníngea media**, ingresa al cráneo, lo mismo que la arteria petrosa en el 50% de los casos y una rama meníngea del nervio mandibular. En ocasiones el **nervio petroso menor**, emerge del cráneo a través de este orificio. En algunos casos el foramen espinoso puede ser doble. Raramente el foramen espinoso está ausente, y si esto ocurre la meníngea media entra a la fosa temporal por la FOS.

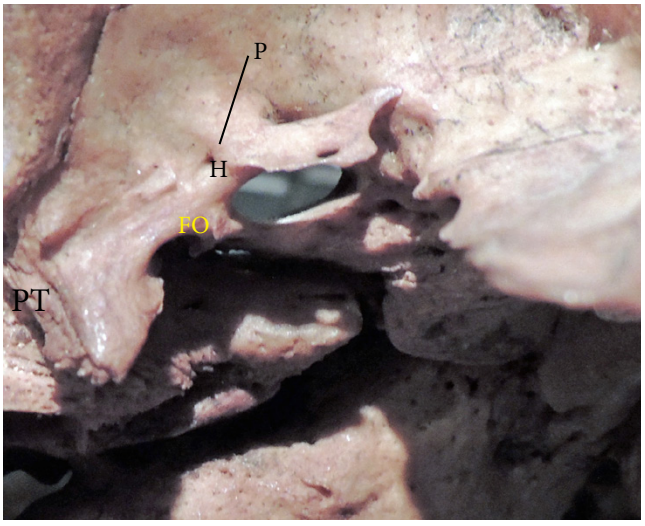
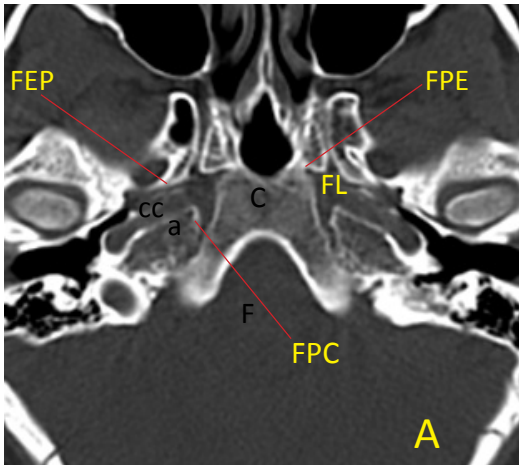
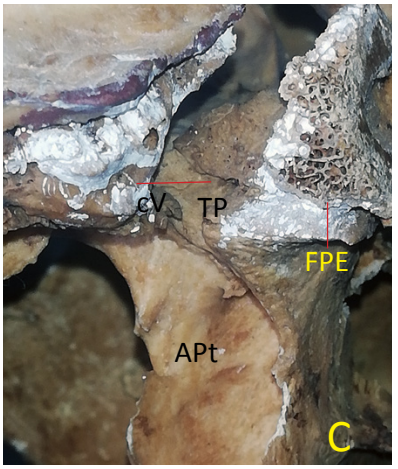
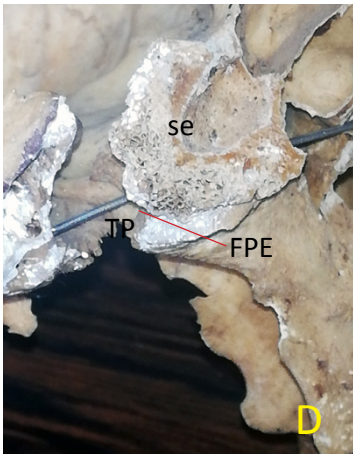
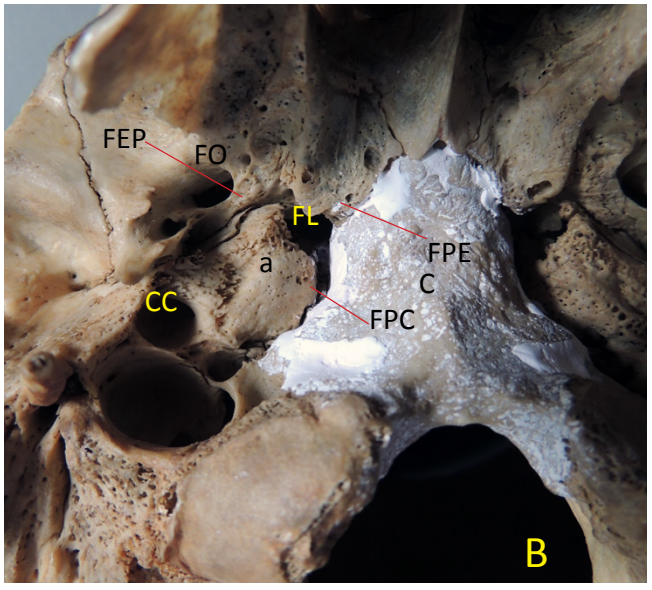


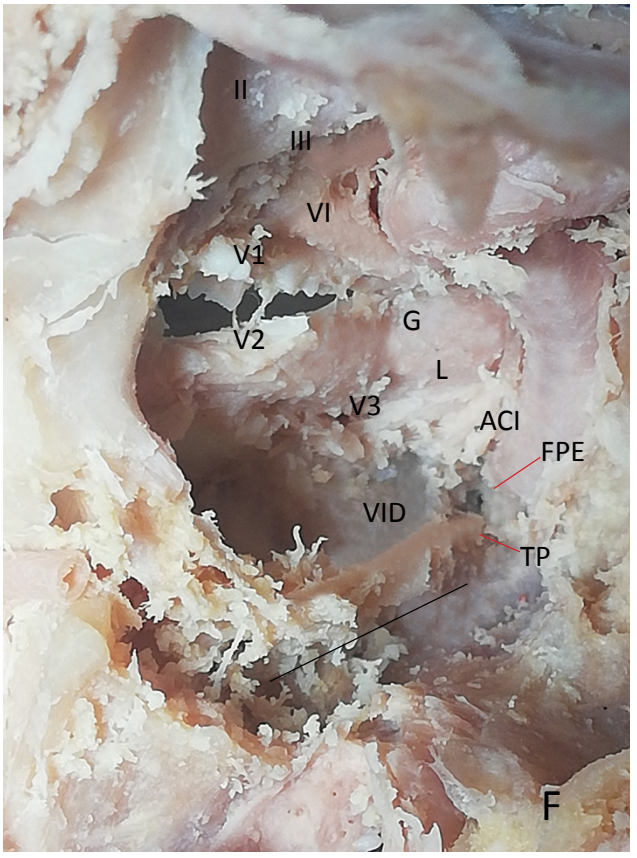
Foto Nº 1-19 : Ligamento ptérigo-alar o de Hyrtl calcificado (H). Nótese como puede obturar el ingreso al foramen oval (FO) Por encima del mismo se encuentra el poro (P) crotafítico-buccinatorio por donde pasa el tronco anterior de los nervios temporales profundos en dirección a la fosa infratemporal. PT: hoja lateral de la apófisis pterigoidea.

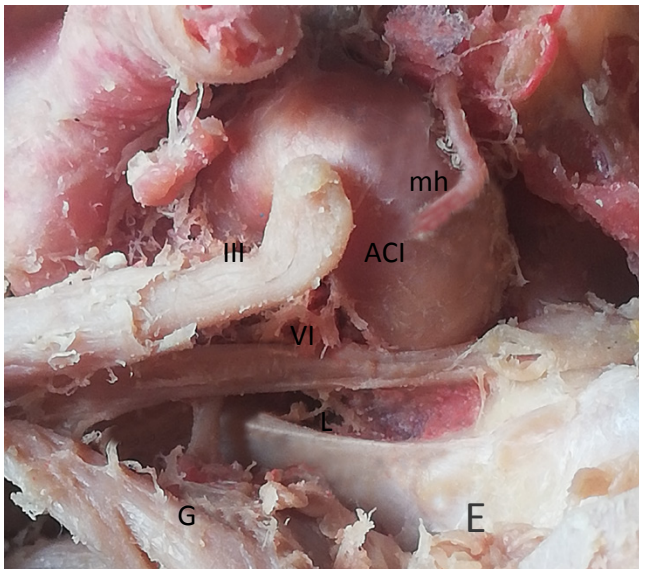












Fotos Nº 1-20/25: Foramen lacerum. En A y B, FL es foramen lacerum con las 3 fisuras que convergen: FEP: fisura esfeno-petrosa, FPC: fisura petroclival y FPE: fisura ptérigo-esfenoidal. a: apex petroso C: clivus CC: conducto carotídeo FO: foramen oval. En C visión desde atrás, se ha quitado el clivus. La apófisis pterigoides (APt) remata hacia arriba en el tubérculo pterigoideo (TP), el cual se para el conducto vidiano (cV)(flecha roja), de la fisura petro-esfenoidal, la cual en D se ve como separa el piso del seno esfenoidal (se) del tubérculo pterigoideo. El estilete pasa a lo largo del conducto vidiano. En E se observa la pared externa del seno cavernoso. El ganglio de Gasser (G) ha sido reclinado exponiendo el ligamento petro-lingual (L), el cual la separa de la carótida lacerum. ACI: primera porción vertical de la carótida cavernosa, dando el tronco meningo-hipofisiario (mh). En F abordaje endonasal extendido, la línea negra marca la dirección del drillado, por abajo y medial al conducto vidiano (VID). Alcanzaremos el (viene de página anterior) tubérculo pterigoideo (TP) y la fisura ptérigo-esfenoidal (FPE). La carótida (ACI) es alcanzada allí. El ligamento petro-lingual (L) separa a la arteria del ganglio de Gasser (G).

En ocasiones, el ner vio petroso menor tiene un orificio propio entre los foramenes espinoso y oval, conocido como **canaliculo innominado de Arnold.**

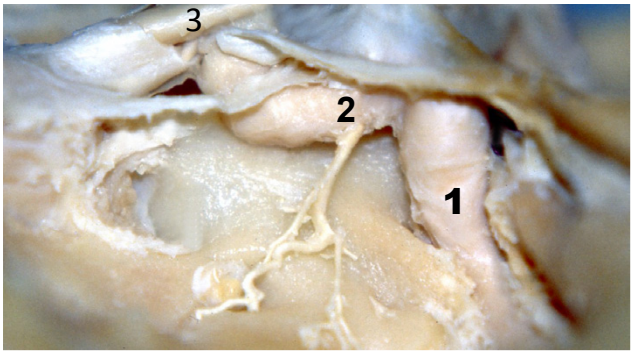


Foto Nº 1-26 : La carótida petrosa (1) ha sido expuesta en su totalidad continuando con su porción lacerum. Se observa una prominente arteria cavernosa lateral (2). Nótese en 1 el nervio óptico y la arteria oftálmica.

El **foramen lacerum** (FL) (agujero rasgado anterior) (fotos 1-20-25) resulta de la confluencia de 3 huesos: anteriormente el esfenoides (cuerpo y ala mayor); pósterolateralmente el temporal mediante el ápex petroso y pósteromedialmente el occipital con el clivus La pared anterior baja la forma el tubérculo pterigoideo, de forma triangular, situado entre el conducto vidiano, lateralmente y la fisura ptérigo-esfenoidal (sincondrosis entre el piso del seno esfenoidal y la apófisis pterigoides). La pared lateral del FL está constituída por la língula y el ligamento petrolingual, el cual separa a la carótida del ganglio de Gasser. El **conducto vidiano** se ubica en la pared anterolateral de la porción baja del FL, inmediatamente inferior a la língula y al ligamento petrolingual. Dicho conducto sirve de hilo conductor en la cirugía endoscópica endonasal extendida, dado que drillando infero-medialmente al mismo alcanzaremos el tubérculo pterigoideo y el FL. El FL está cerrado por abajo por fibrocartílago y sólo las ramas meníngeas de la faríngea ascendente y venas pequeñas lo atraviesan. Sobre su borde lateral se encuentra el **ligamento petrolingual** que se

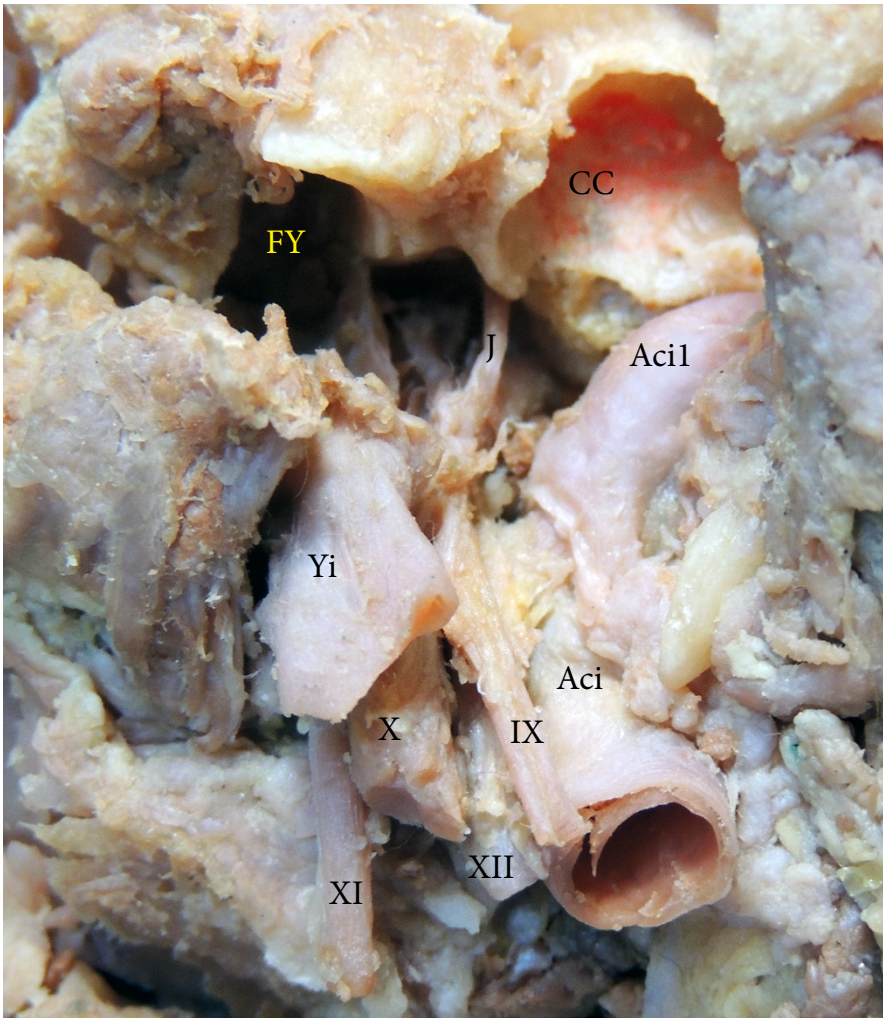


Foto Nº 1-27 : El peñasco ha sido, cortado y evertido hacia arriba, exponiendo el canal carotídeo (CC) y el foramen yugular (FY). Se observa la arteria carótida interna (Aci) y en Aci, el punto que corresponde al codo donde la arteria se hace horizontal en su porción petrosa. Entre la arteria y la vena yugular interna (Yi), se ubican los pares bajos (IX a XII). El nervio de Jacobson (J), nace del glosofaríngeo (IX) e ingresa al canalículo timpánico, entre la carótida y la yugular para alcanzar el promontorio.

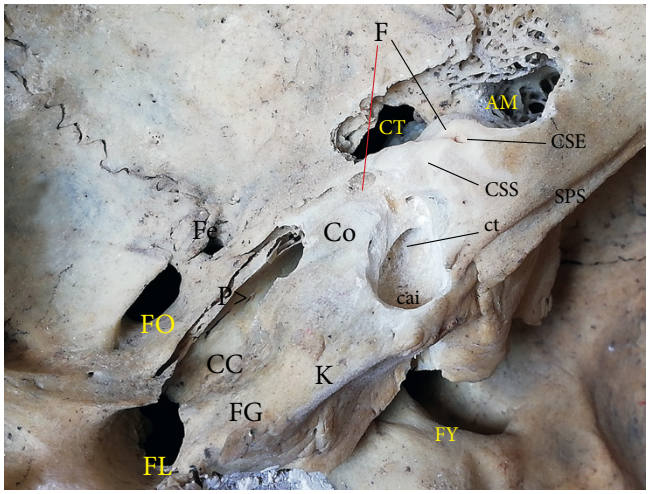


Foto Nº 1- 28 : Peñasco derecho visto desde atrás y medial. De medial a lateral encontramos al foramen lacerum (FL), el foramen oval (FO) el canal carotídeo destechado (CC) y detrás la fosita de Gasser (FG). Más lateralmente el foramen espinoso (Fe), el canal para el petroso mayor (P>) y detrás el área de Kawase (K). El conducto auditivo interno ha sido destechado, dejando ver la cresta transversa (ct). por delante y medial al mismo se ubica la cóclea (Co). La F con la flecha roja marca el lugar donde asienta el ganglio geniculado y el punto de ingreso del facial al nerviducto del facial (flecha negra) situado en la pared medial de la caja del tímpano (CT). El conducto semicircular superior es lateral al CAI. AM: antro mastoideo. FY: foramen yugular. SPS: surco para el seno petroso superior, sobre el borde superior del peñasco.

extiende desde la **língula esfenoidal** al ápex petroso. La carótida interna pasa por arriba del FL (no lo atraviesa), girando allí hacia arriba para ingresar a su sector intracavernoso. La tendencia actual es considerar como FL, sólo a la porción cerrada por fibrocartílago, y a la porción más alta ocupada por la carótida como porción lacerum del conducto carotídeo. Lateralmente al FL y de adentro-afuera se ubican la fosita para el ganglio de Gasser, el área romboidea de Kawase, el **hiato de Falopio**, el hiato accesorio y la **eminencia arcuata**. Debe tenerse en mente que la **carótida petrosa**, corre casi paralela al borde superior del peñasco, cubierta por una delgada laminilla ósea, y a veces sólo por duramadre. El **nervio petroso mayor** que emerge del hiato de Falopio corre superficialmente en un canal, dirigiéndose hacia el foramen lacerum, donde perfora al tabique membranoso que lo cierra por debajo, para ingresar al conducto vidiano. Dado que este nervio es paralelo al trayecto de la carótida, constituye un excelente reparo para el dri llado y exposición de la porción petrosa de ésta arteria.

La fosita gasseriana aloja al ganglio de Gasser, situándose el mismo sobre la porción terminal de la carótida interna petrosa. Bajo el Gasser pasa el nervio petroso mayor.

Una ranura poco profunda y casi paralela al borde petroso, el **surco esfeno-petroso** corre medialmente y hacia *adelante, partiendo de un orificio oblícuo. Aloja al nervio petroso mayor (PSM) y a la arteria petrosa (ver nervio facial en el capítulo de pares craneales). El nervio petroso mayor es un reparo importante en la exposición de la fosa media constituyendo el hito de superficie más confiable del* **romboide de Kawase**. *Este está delimitado medialmente por el borde petroso, lateralmente por el mencionado nervio y la arteria carótida, anteriormente V3 y posteriormente la eminencia arcuata. Esta zona ósea romboidea puede ser resecada para crear un corredor quirúrgico desde la fosa media, en dirección a la fosa posterior. Para exponer el romboide es necesario hacer el peeling de la duramadre. Es motivo*

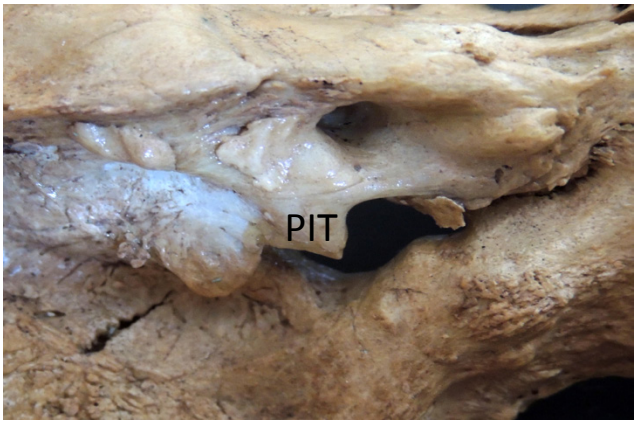


Foto Nº 1-29 : cara interna de peñasco, con el CAI y debajo el agujero rasgado posterior. PIT: proceso intrayugular del temporal.

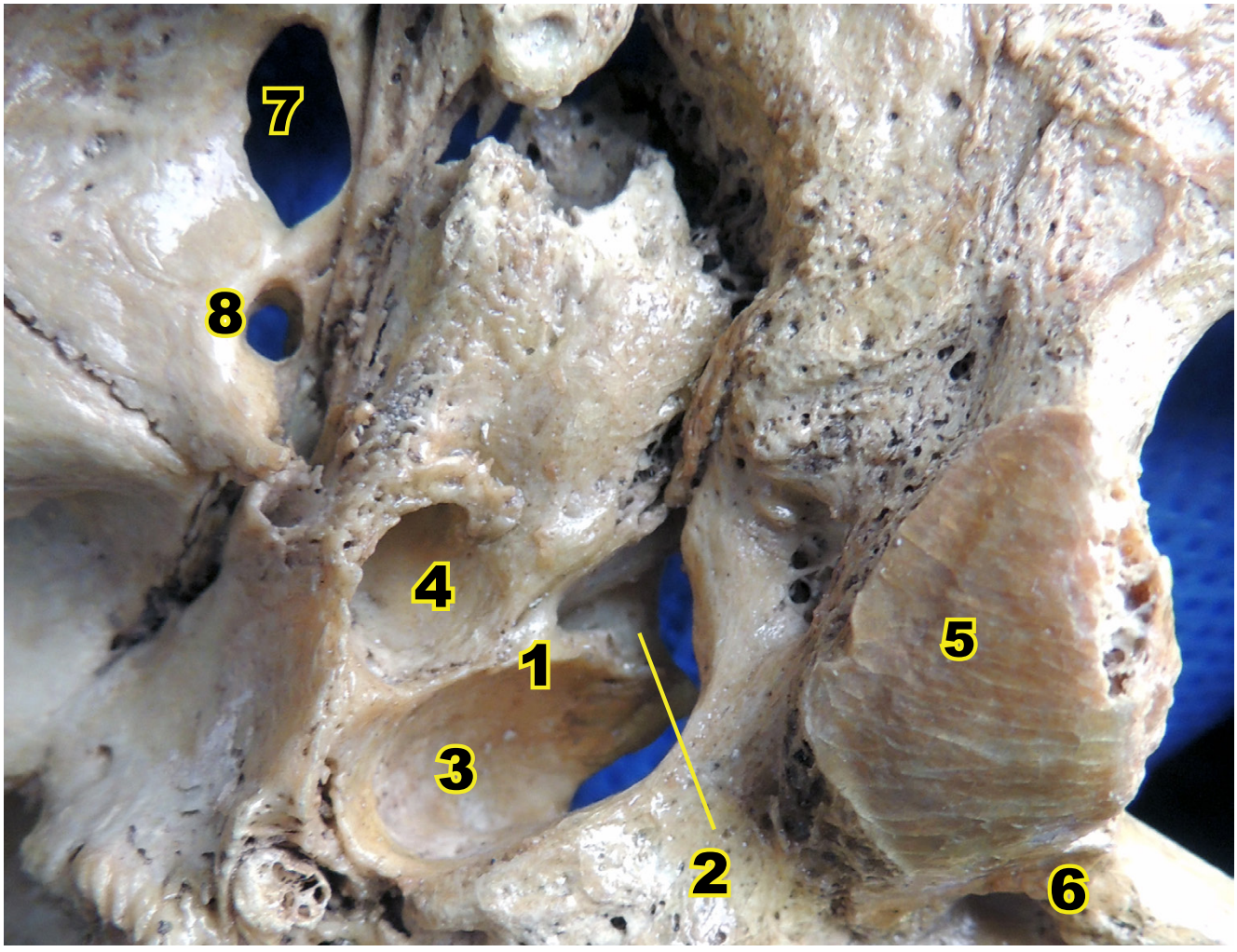
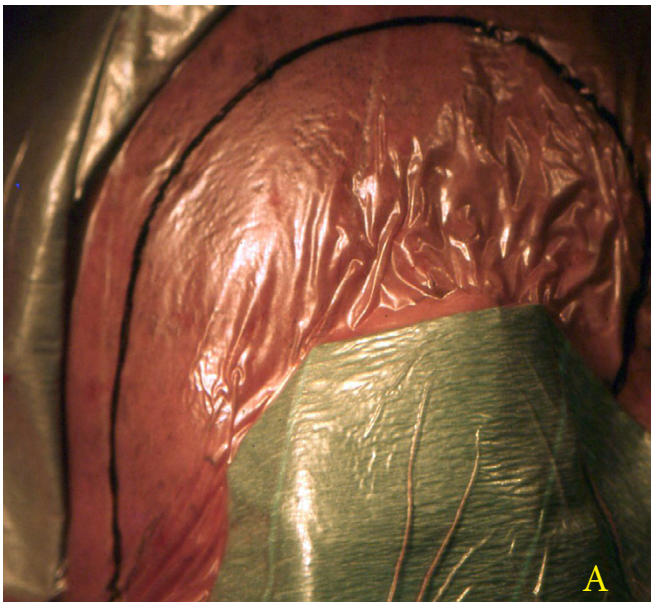


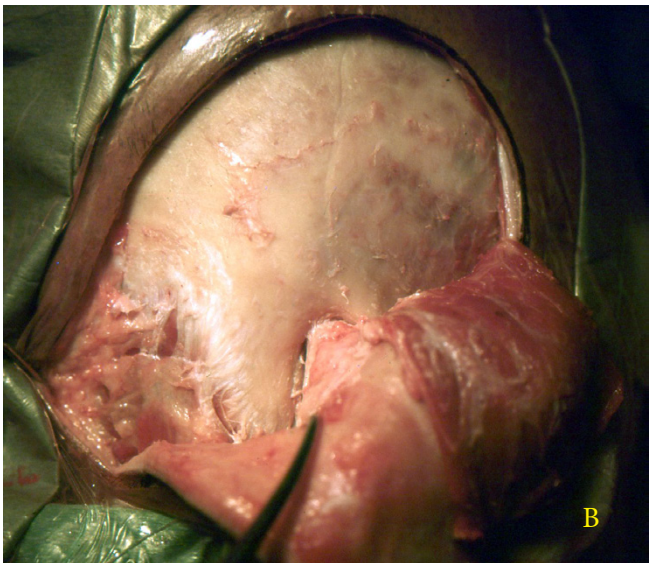
Foto Nº 1-30: imagen del exocráneo, el tabique intrayugular (1) surge de la cara lateral del proceso intrayugular. En su margen anterior se ubica la fosita piramidal (2). El tabique intrayugular se extiende y separa el golfo de la yugular (3) de la carótida (4). Se ve también el cóndilo (5), la fosita condílea (6), el foramen oval (7) y el foramen espinoso (8)

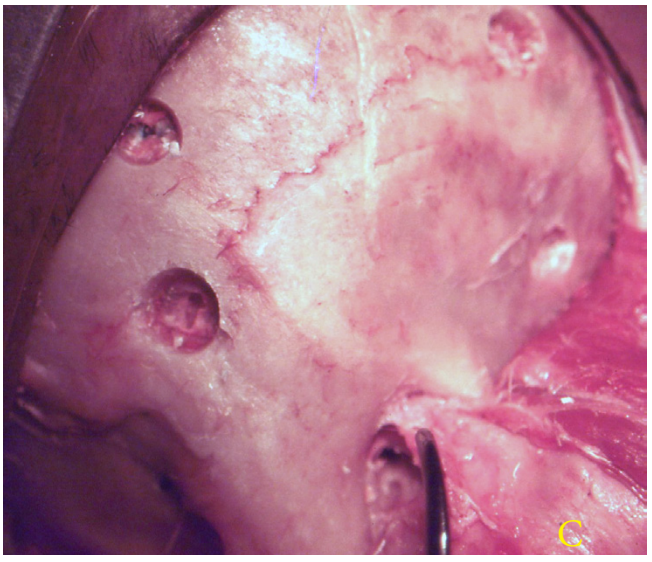
de controversia la forma de efectuar el pelado de la duramadre, así clasicamente se ha considerado como más favorable hacerlo desde posterior a anterior, comenzando por debajo del borde petroso. El nervio petroso puede ser identificado pelando la duramadre de la fosa media desde atrás hacia adelante, (back to front) reconociéndolo cuando pasa bajo V3.

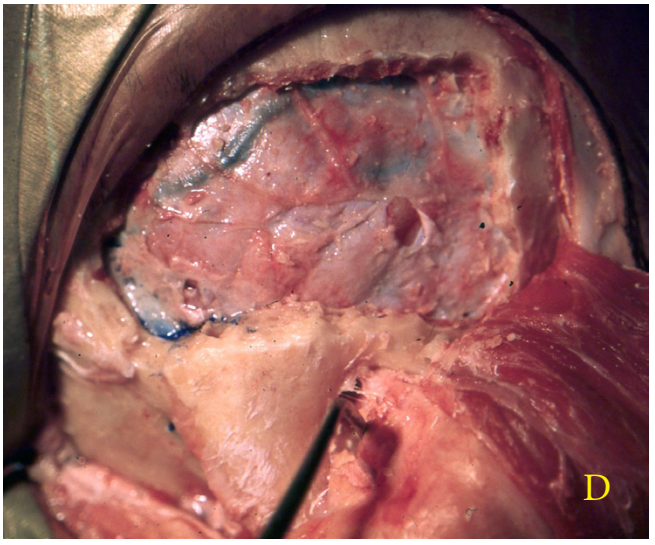
Preul, Spetzler y col. proponen para identificar el petroso mayor disecar en un sentido inverso ("front to back") reconociendo durante el peeling de la fosa media, luego de seccionar la arteria meníngea media, el borde lateral de V3. Allí la capa dural externa se hace muy adherente a la base y a la hoja reticulada que se prolonga medialmente en el seno

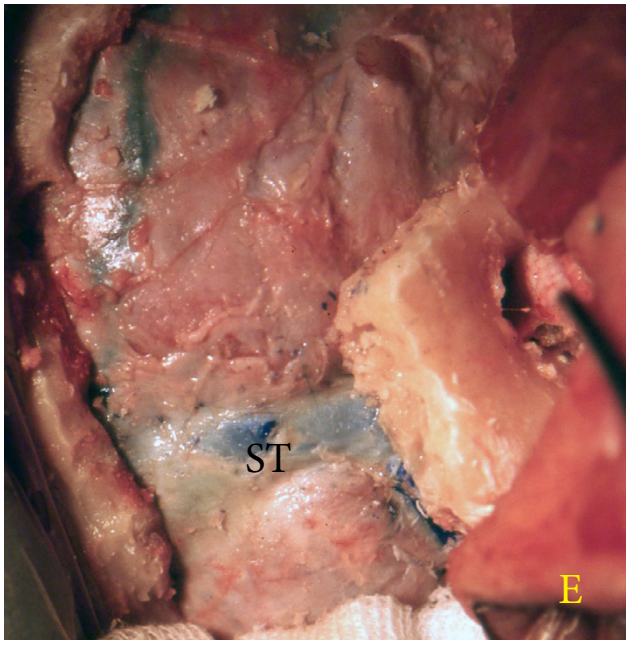
Foto Nº 1-31 : Cara medial del cóndilo (1). El canal hipogloso (2) se ubica en el 1/3 medio de aquel. La fosa condílea (3) se ubica detrás del cóndilo. Es relativamente segura la resección del 1/3 posterior del cóndilo para aumentar la exposición en abordajes laterales (far lateral)

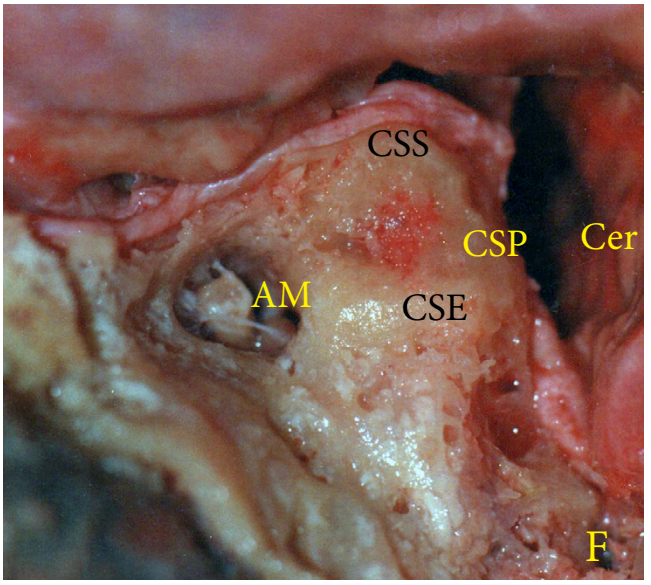












Fotos Nº 1- 32-37 : Pasos del abordaje presigmoideo. En A y B se expone la escama del temporal y la mastoides. En C y D se efectúa una craneotomia temporal basal. En E se completa una craniectomía suboccipital, exponiendo el seno transverso (ST). Luego se reliza la mastoidectomía, exponiendo los conductos semicirculares superior (CSS), externo (CSE) y posterior (CSP) y el antro mastoideo (AM). La dura detrás del semicircular posterior es abierta exponiendo el cerebelo. (ver fotos 41 y 42)

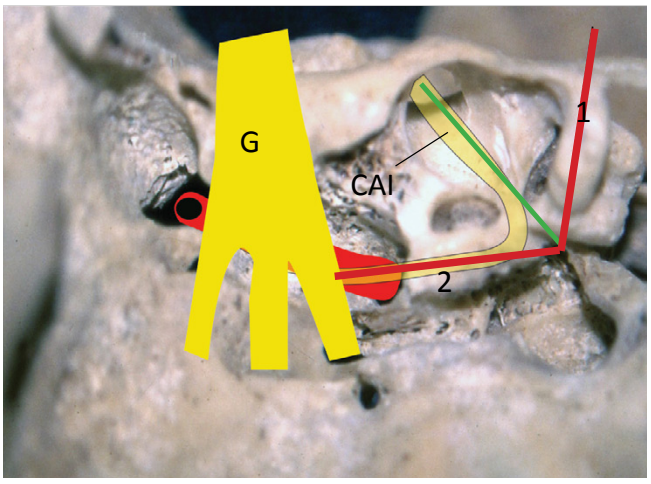


Foto Nº 1-38 : El conducto auditivo interno (CAI)es encontrado en la bisectriz, (en verde) formada por el eje antero-posterior de la eminencia arcuata (1) y el nervio petroso mayor (2).

cavernoso. Despegando cuidadosamente esta hoja dural, 1 cm a lo largo del borde lateral de V3, encontraremos el PSM y disecando a lo largo del nervio postero-lateralmente alcanzaremos el hiato de Falopio. También esta maniobra, según los autores mencionados disminuiría la tracción sobre el ganglio evitando así avulsiones del ner vio. Otro dato interesante es que la distancia entre la eminencia arcuata al hiato del nervio es de 17 a 20 mms.

La cóclea tiene una relación muy cercana y puede ser lesionada al abordar el romboide. Según Forbes y col., trazando la unión del petroso mayor con el facial, si se drilla a menos de 12,5 mms de la unión de ambos nervios se corre serio riesgo de lesionar la cóclea.

El **nervio petroso menor** es otro pequeño ramo nacido del ganglio geniculado. Se ubica anterior al petroso mayor, naciendo generalmente de un hiato accesorio y divergiendo ligeramente en su trayecto con el petroso mayor. Está cubierto por una fina capa de hueso en un 25% (descubierto en el 75% restante). Sale del cráneo por el canalículo innominado, foramen espinoso o sutura esfenopetrosa. El canalículo innominado se ubica por detrás del foramen oval y el espinoso.

La **eminencia arcuata** (EA) es otro reparo importante en la fosa media. Tradicionalmente ha representado, la expresión del canal semicircular superior (CSS). Dado que dicha protrusión representaría un hito quirúrgico importante, hay reportes de que la eminencia podría corresponder a la suma de la elevación generada por hueso temporal bien neumatizado a nivel del receso epitimpánico más la protrusión labrada por los surcos del lóbulo temporal y al canal semicircular superior. O sea podría ser, la suma de los 3 accidentes, por lo cual el efecto localizador del **conducto auditivo interno**, usando como faro a la EA, debe ser tomado con pinzas. La EA puede estar ausente en un 15 a 20% de los casos. Es importante recalcar, que el canal semicircular superior es siempre perpendicular al eje del peñasco

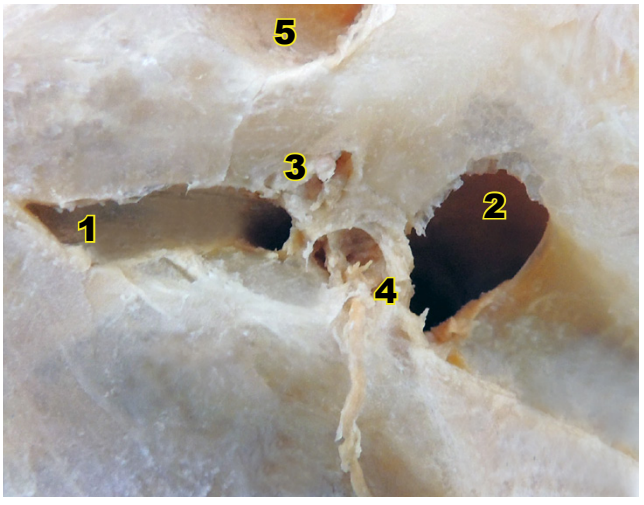


Foto Nº 1- 39 : estructura dural del foramen yugular. Un tabique extendido entre la apófisis intrayugular del temporal y su similar occipital, crea 3 compartimientos; uno anterior petroso (1) (seno petroso inferior), otro posterior o sigmoideo(2) Dicho septum tiene 2 orificios: uno antero-superior, infundibuliforme para el glosofaríngeo y el segundo póstero-inferior, en forma de colador o boca de horno para el X y XI.(4) 5-CAI. Nótese como el septum con la pars nervosa es bañado por delante y por detrás por sangre venosa.

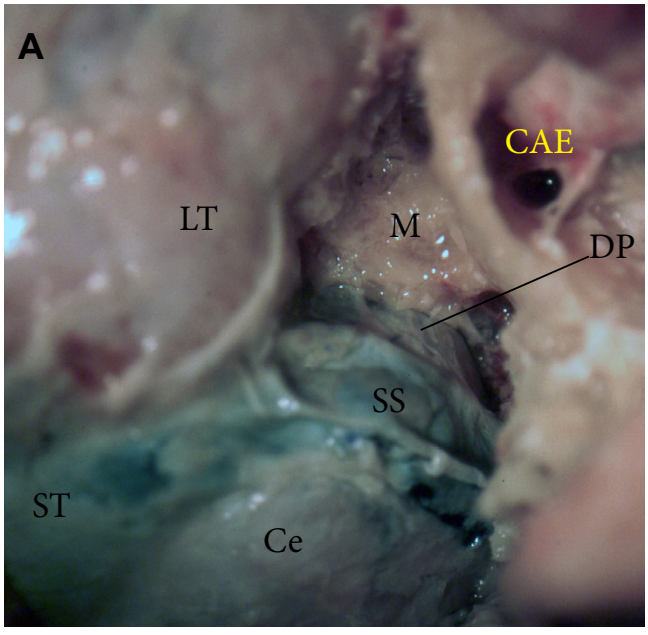
Foto Nº 1- 40 : el extremo anterior del cóndilo (1) es medial en relación a su extremo posterior. La fosa condílea (2) se ubica inmediatamente por detrás del cóndilo y aloja el agujero condíleo posterior.

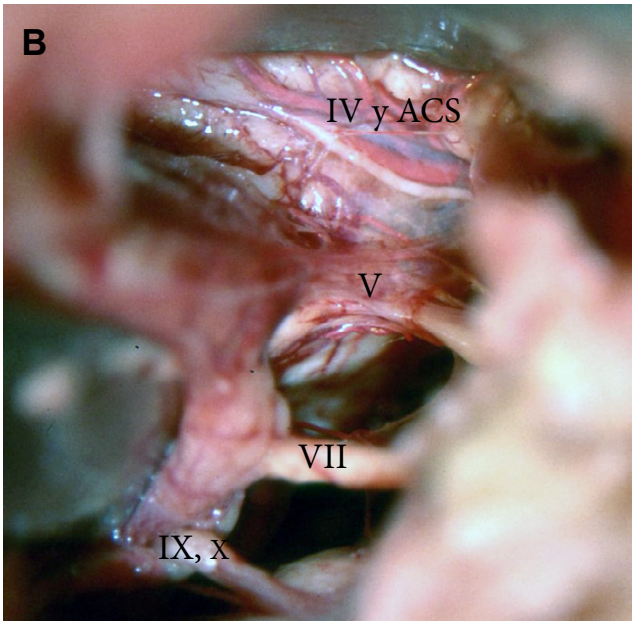
y el conducto auditivo interno está situado en un ángulo de 60°, anterior al conducto semicircular superior.

No existe un reparo absolutamente fidedigno para localizar el CSS, y que este a su vez sirva como orientación, en un abordaje subtemporal al conducto auditivo interno. Algunos autores han referido que el hito más confiable es la cabeza del martillo, el cual se ubica unos 19 mms desde la raíz del cigoma, y unos 19 mms detrás del labio posterior del foramen espinoso. Prolongando medialmente, la línea que une la raíz del cigoma con la cabeza del martillo, la misma biseccionaría al conducto auditivo interno. La eminencia arcuata forma con el eje del nervio petroso mayor un ángulo de 120º, por lo cual drillando en la bisectriz entre ambas estructuras, encontraremos el conducto auditivo interno.

Por fuera de la eminencia arcuata, se encuentra el **tegmen tympani**, el cual corresponde al techo de la cavidad timpánica. El hueso en este punto puede ser extremadamente delgado, facilitando en ocasiones la extensión de infecciones del oído medio al lóbulo temporal.

El borde del peñasco presenta sobre su extremo medial, una suave depresión





Fotos Nº 1-41-42 : Abordaje presigmoideo. En A la clave consiste en exponer la dura presigmoidea (DP), drillando la mastoides (M). ST y SS: seno transverso y sigmoideo respectivamente. La duramadre de los lóbulos temporal (LT) y cerebelo (Ce), debe ser expuesta. Luego de seccionar el seno petroso superior, se secciona el tentorio hasta su borde libre, lográndose una amplia exposición como se ve en B.

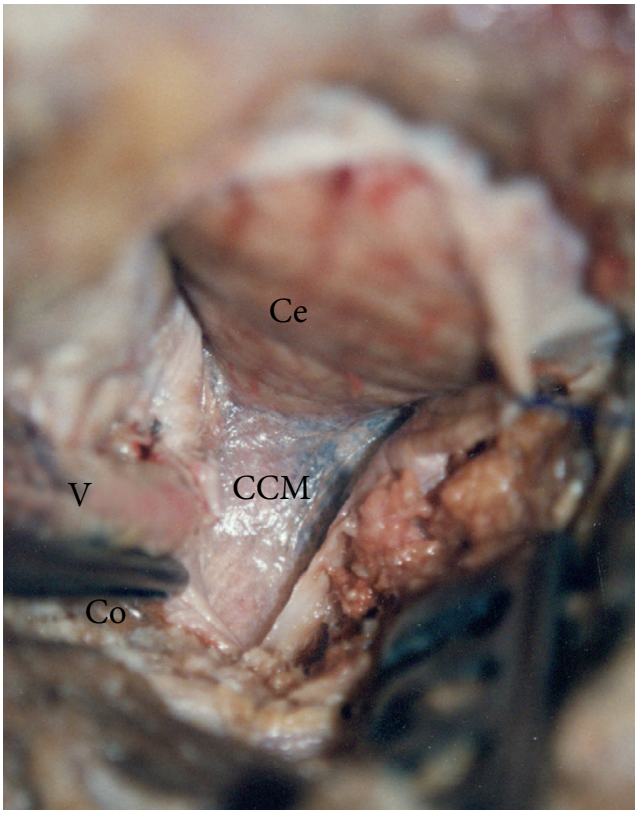


Foto Nº 1- 43 : Abordaje far lateral. Por debajo de la vertebral (V) se ha resecado parte del cóndilo (Co) para aumentar la exposición a la región del clivus bajo o área prebulbar. queda expuesta la cisterna cerebelo-medular (CCM). Ce: cerebelo.

o escotadura, conocida como **incisura de Gruber**, la cual es ocupada por una dependencia dural, el **cavum de Meckel**, por el cual salen las raíces del trigémino desde el ganglio de Gasser. El cavum mide en promedio 7 - 8 mms de ancho y 2 - 2,5 mms en altura. El resto del borde superior del peñasco está ocupado por el seno petroso superior, que lo recorre en toda su extensión. Dado que medialmente el seno petroso se comunica con el cavernoso, debe sortear al poro trigeminal (entrada al cavum de Meckel) y lo hace generalmente por arriba en el 70% de los casos, pero menos frecuentemente puede pasar por debajo de la estructura trigeminal o incluso desdoblarse y formarle como un anillo venoso al poro.

FOSA POSTERIOR

La fosa posterior aloja al tronco cerebral y al cerebelo. Su límite superior corresponde al tentorio y un orificio medial, el foramen tentorial separa las estructuras supra de las infratentoriales. En su extremo inferior el foramen magnum permite la conexión del tronco cerebral con el cordón espinal.

Anteriormente, la fosa posterior está conformada medialmente por el dorso selar, representado aquí, por la lámina cuadrilátera del esfenoides con sus clinoides posteriores y más abajo, el clivus y lateralmente por la cara posterior del peñasco. Por detrás cierra este espacio la escama del occipital.

La cara posterior del peñasco es muy interesante, por la cantidad de accidentes importantes que alberga. En el centro de dicha cara, se ubica el poro acústico o **conducto auditivo interno** (CAI), el cual permite el pasaje de los pares VII, VII bis o intermediario de Wrisberg

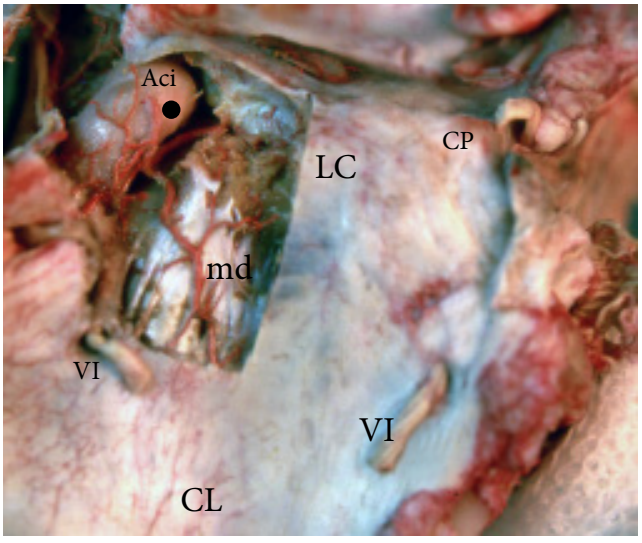


Foto Nº 1- 44 : la cara anterior de la fosa posterior está conformada por la lámina cuadrilátera del esfenoides (LC) y el clivus. CP: clinoides posterior. La arteria carótida interna (Aci) suministra el tronco meningo-hipofisiario (punto negro) una de cuyas ramas es la arteria meníngea dorsal (md). Se observan ambos VI pares entrando al canal de Dorello. um prominente plexo venoso, el plexo basilar se ubica en esta zona.

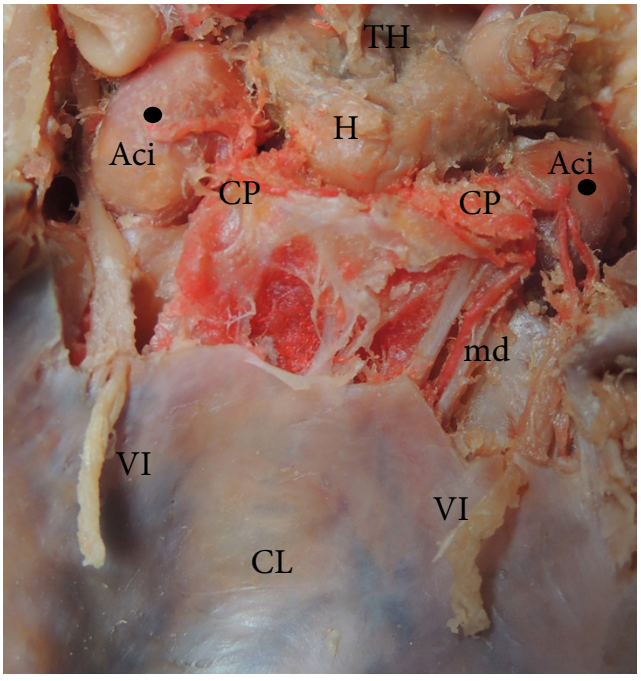


Foto Nº 1- 45 : Imagen del clivus (CL) con la dura que recubre la lámina cuadrilátera resecada. Ambas clinoides posteriores (CP) marcan el límite superior de la misma. Los ountos negros marcan el nacimiento de los troncos meníngo-hipofisiarios desde la carótida interna (Aci). La arteria meníngea dorsal (md) forma un prominente plexo a nivel de la lámina cuadrilátera y el clivus. H: hipófisis TH: tallo hipofisiario.

El poro acústico o CAI representa un hito fundamental en la patología del ángulo ponto-cerebeloso. Este tiene por lo general una forma de embudo, o menos frecuentemente su forma es cilíndrica. Sus medidas promedio son: 7 mm el ancho de la apertura del poro, 10 *mms de longitud y 4 mms de altura.*

El síndrome del canal auditivo interno estrecho es una malformación del hueso temporal caracterizado por un diámetro del canal de sólo 1 a 2 mms, debido a la hipoplasia o aplasia del nervio vestíbulo-coclear.

Inferolateralmente al poro acústico se encuentra el **foramen yugular** (foto 1-29). Este se ubica entre el hueso petroso del temporal y el occipital. Es muy variable en forma y tamaño de lado a lado y muestra diferencias en ambos sexos y distintos grupos raciales.El foramen yugular derecho suele ser más grande que el izquierdo, por el preferencial drenaje venoso hacia la derecha. En el cráneo seco, el borde inferior del hueso petroso, que viene a ser el borde superior del foramen, presenta una procidencia conocida como proceso intrayugular del temporal. Un proceso, opuesto al temporal, el proceso intrayugular del occipital, generalmente de menor tamaño, nace del occipital, justo por encima del canal hipogloso. Estos procesos dividirán el foramen en una porción posterior, más grande y oval, llamada porción sigmoidea y otra anterior, menor, conocida como porción petrosa (foto 1- 39). Ambos procesos pueden fusionarse, generando así dos conductos. Desde el proceso intrayugular del temporal, en sentido profundo y hacia delante, se extiende un tabique que bordea la cara medial del seno sigmoideo, llamado tabique intrayugular, y que separa a aquel de la arteria carótida. Visto extracranealmente, se ve como un reborde óseo, que separa la carótida del margen anterior del foramen yugular. Allí en el medio de ese reborde, se encuentra el **canalículo timpánico**, por el cual el nervio timpánico o de Jacobson, rama del IX par, ingresa a la caja del tímpano. Sobre la vertiente anterior

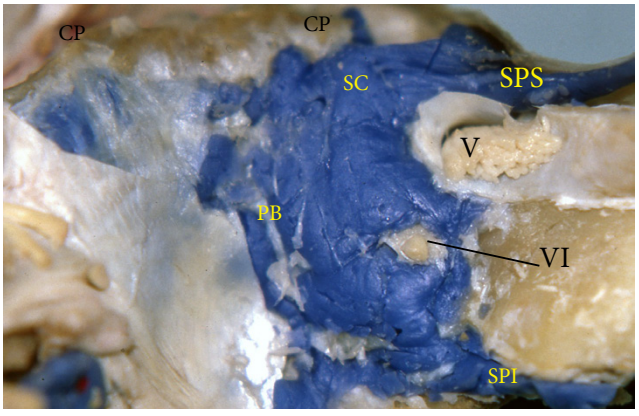
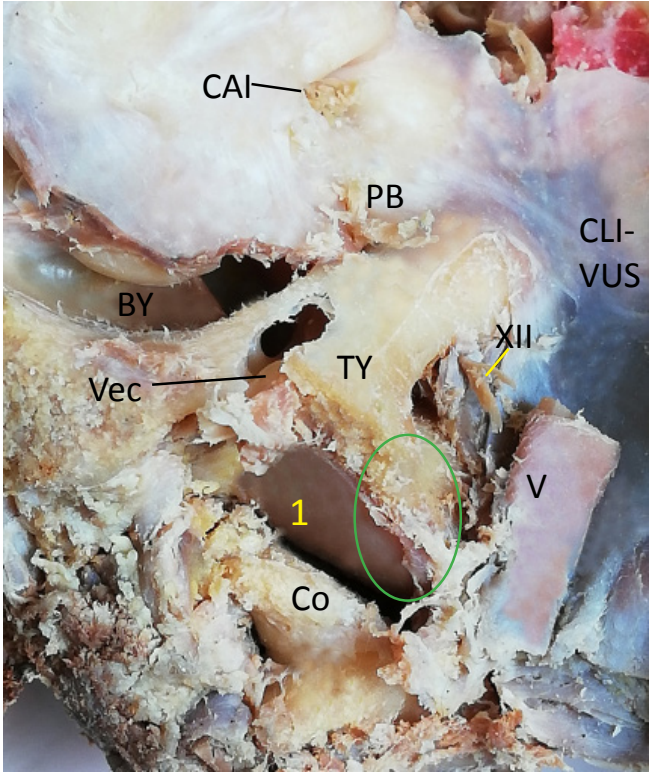


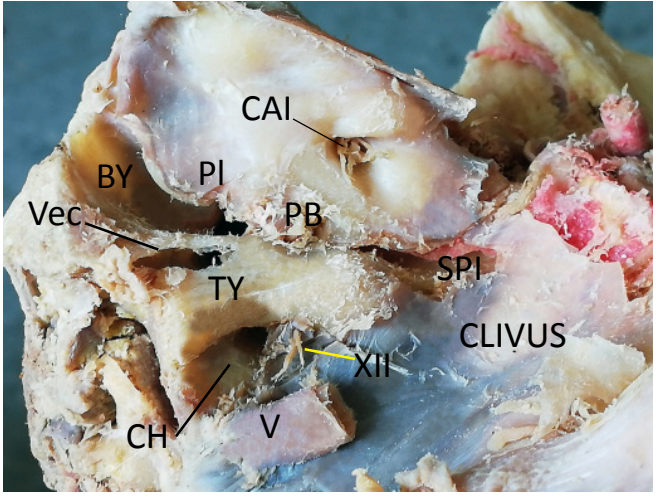
Foto Nº 1- 46 : Un profuso plexo venoso, el plexo basilar (PB), se ubica sobre el clivus. Se continúa con el seno cavernoso (SC) y con los senos petroso superior (SPS) e inferior (SPI). Nótese como el VI al entrar al canal de Dorello está embebido de estos canales venosos. V: trigémino. CP: clinoides posterior.



Fotos Nº 1-47-48 : Complejo lateral del agujero occipital. Se observa el cóndilo (Co) y el tubérculo yugular (TY) con la articulación occípito-atloidea (1). En este caso

del proceso intrayugular temporal, se ubica un pequeño receso triangular, conocido como la **fosa piramidal**. Esta alberga la apertura externa del **acueducto coclear**, con el conducto perilinfático y una vena proveniente de la cóclea, que va al seno petroso, ambos envueltos por una prolongación tubular de la duramadre. En esta fosa piramidal se aloja el ganglio superior del IX par. En el margen antero-lateral de la par petrosa suele haber una pequeña espícula ósea, llamada **proceso hamatus**, que se une a la superficie opuesta del hueso temporal. El facial, que sale por el agujero estilo-mastoideo, hace su aparición 5 mms lateral al borde lateral del foramen yugular.

Investido con la duramadre, el foramen yugular, forma allí 3 compartimientos, uno posterior o sigmoideo, uno anterior o petroso y un tercero entre ambos, con un septum intrayugular, extendido entre los procesos intrayugular temporal y occipital. Dicho septum situado entonces en la porción intrayugular del foramen presenta 2 perforaciones, una



una voluminosa vena emisaria condílea (Vec) ocupa un canal, que desemboca en en el bulbo yugular (BY). El canal del hipogloso (CH), permite el paso del hipogloso (XII). Encima del TY se ubican los pares bajos (PB). CAI: conducto auditivo interno. SPI: seno petroso inferior (SPI). El círculo verde representa la zona a drillar para aumentar la exposición en un abordaje far lateral.

más anterior y superior en forma de embudo para el glosofaríngeo y otra perforación vagal, poco profunda, en forma de colador, para el X y XI pares, . Entre ambas hay un septum dural que mide de 0,5 a 4 mms. El margen superior y posterior de la pars intrayugular presenta un pliegue grueso, que forma un labio que cubre ambos forámenes y que es llamada **plica occipital oblícua.**

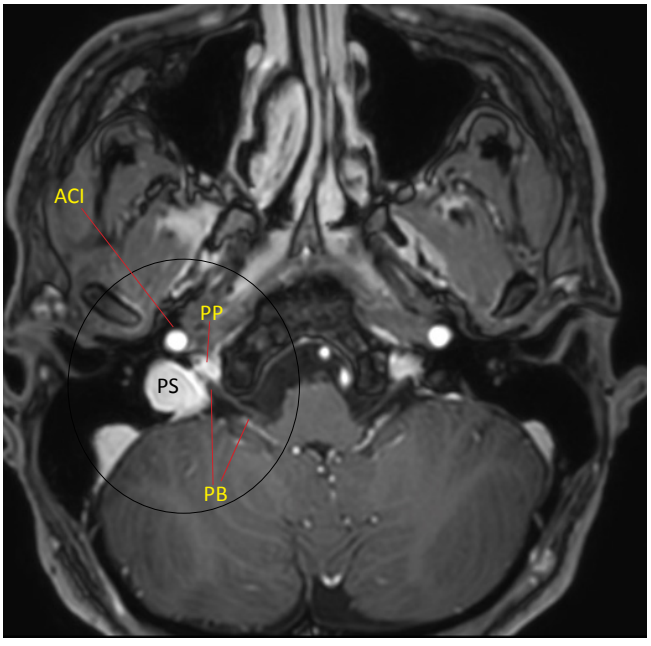


Foto Nº 1-49: Imagen en resonancia del foramen yugular. PB: pars petrosa; PS: pars sigmoidea; PB: pares bajos ingresando al foramen yugular. ACI: arteria carótida interna.

Por el foramen yugular pasan además de los pares IX, X y XI y sus ganglios, el seno petroso inferior, yendo a desembocar en el bulbo de la yugular, la rama timpánica del glosofaríngeo (nervio de Jacobson), la rama auricular del vago (nervio de Arnold), el bulbo de la yugular, el acueducto coclear y pequeña ramas meníngeas de la faríngea ascendente y arteria occipital. El glosofaríngeo es el más anterior de los nervios que pasan por el foramen yugular, atravesando el extremo anterior de la pars petrosa. En ocasiones el proceso intrayugular del temporal se extiende hacia adelante formando un conducto óseo, para el glosofaríngeo. El foramen yugular se ubica 5 mms debajo del poro acústico, y su pars petrosa, 5 mms encima del conducto del hipogloso.

El complejo lateral del agujero occipital está constituído por el **cóndilo occipital**, el **tubérculo yugular**, el **conducto del hipogloso**, la **fosa condilar** y el **canal condíleo posterior** situado en el fondo de la fosa condílea. El cóndilo occipital, flanquea lateralmente el agujero occipital. Su forma es variable, aunque generalmente es oval. Mide en promedio 20-24 mms de longitud ántero-posterior, 9 a 13 mms de ancho y 10 mms de altura. Se orienta oblicuamente, de manera tal, que su extremo anterior está más cerca de la línea media que el posterior. El canal hipogloso sobre la cara medial del cóndilo (orificio intracraneal), se ubica siempre en el 1/3 medio, mientras que el orificio extracraneal del mismo se ubica en el 1/3 anterior, por lo que el canal para el nervio hipogloso tiene así una dirección oblicua ántero-lateral. El **tubérculo yugular** se ubica inmediatamente por arriba del cóndilo, y del canal hipogloso y separa a éstas estructuras del foramen yugular. La fosa condílea es inmediatamente posterior al cóndilo.

El conocimiento de la anatomía del cóndilo (foto 1-31) es esencial en el planeamiento del abordaje transcondilar, que aumenta la exposición de la región del clivus bajo-foramen magno.

*Dado que el canal hipogloso se ubica en el 1/3 medio, es segura la resección del 1/3 posterior del mismo. Diferentes autores hallaron medidas disimiles desde el borde posterior del cóndilo al canal hipogloso, variando la dis*tancia de 4 a 12 mms. La presencia de un cóndilo corto, de menos de 20 mms, se ve en un 10% de los casos. Esto es importante, porque en este caso, la resección de una parte del mismo puede originar inestabilidad en la articulación occípito-atloidea

Por detrás, y entre el cóndilo y la porción posterior del tubérculo yugular, se encuentra el agujero condíleo posterior, situado en el fondo de la fosa condílea (foto 1-31). Es importante recordar, que ésta fosa, es la superficie externa del tubérculo yugular. Este foramen da paso a una vena emisaria condílea que une el seno sigmoideo con la vena vertebral o bien el bulbo yugular con el plexo suboccipital. Esta vena, que comunica los sistemas venoso exo y endocraneal, es muy importante en el período embrionario, perdiendo su protagonismo con el cambio de circulación de fetal a adulto. Visto intracranealmente el agujero condíleo puede ser intrasinusal, o sea nacer a nivel del canal para el seno sigmoideo, o bien retrosinusal, originándose por detrás del canal sigmoideo. Ambas orificios, exo y endocraneal se comunican mediante un canal óseo. Puede estar ausente en un 40% de los casos, ya sea uni o bilateralmente. Dada su proximidad al foramen yugular, la presencia del agujero y/o canal, sobre todo si es de calibre grande, no debe mal interpretarse como tumor del foramen yugular. El abordaje trans-fosa condilar, utiliza la fosa del mismo nombre y parece mejor, que el transcondilar, dado que preserva la articulación. Este tipo de acceso, que drilla extraduralmente la porción posterior del tubérculo yugular, provee amplia visión de la cisterna cerebelo-medular, de la unión ponto-medular y del complejo vertebral-PICA.

El agujero occipital o **fZoramen magnum** permite la conexión del tronco cerebral con el cordón espinal. Su forma es variable, describiéndose, hasta 8 formas diferentes del mismo, que van desde el foramen redondo (el más común), a aquellos con forma irregular, pasando por formas ovales, pentagonales, hexagonales, etc. Su diámetro sagital es en promedio de 35 mms y el diámetro transverso oscila alrededor de 30 mms.

BIBLIOGRAFIA

Bernardo, A., Evins, A. I., Tsiouris, A. J., & Stieg, P. E. (2015). A Percutaneous Transtubular Middle Fossa Approach for Intracanalicular Tumors. World Neurosurgery, 84(1), 132–146.

Catalano PJ, Eden AR: An external reference to identify the internal auditory canal in middle fossa surgery. Otolaryngol Head Neck Surg. 1993 Feb; 108(2):111-6.

Cappabianca P, Califano L, Iaconetta G: Cranial, Craniofacial and Skull Base Surgery. Springer. 2010

Cappabianca P, Cavallo LM, de Divitiis O, Esposito F: Midline Skull Base Surgery. Springer. 2016

Chaisuksunt V, Kwathai L, Namonta K, Rungruang T, Apinhasmit W, Chompoopong S: Ocurrence of the foramen of Vesalio and its morphometry relevant to clinical consideration. ScientificWorldJournal. 2012;2012:817454.

Choudhri AF, Patel RM, Wilroy RS, Pivnick EK, Whitehead MT: Trigeminal nerve agenesis with absence of foramina rotunda in Gómez-López-Hernández syndrome. Am J Med Genet A. 2014 Oct 22.

Di Ieva A, Lee JM, Cusimano M: Handbook of Skull Base Surgery. Thieme. 2016

Donald PJ: Surgery of the Skull Base. Lippincott-Raven. 1998

Faure A, Masse H, Gayet-Delacroix M, Khalfallah M, Bordure P, Hamel O, Raoul S, Leborgne J, Robert R: What is the arcuate eminence? Surg Radiol Anat. 2003 May; 25(2):99-104.

Forbes JA, Rivas A, Tsai B, Ehtesham M, Zuckerman S, Wanna G, Weaver K: Microsurgical localization of the cochlea in the extended middle fossa approach. J Neurol Surg B Skull Base. 2012 Dec;73(6):410-4.

Friedman RA: Lateral Skull Base Surgery. Thieme. 2012.

Fukuda H, Evins AI, Burrell JC, Iwasaki k, Stieg P, Bernardo A: The Meningo-Orbital Band: Microsurgical Anatomy and Surgical Detachment of the Membranous Structures through a Frontotemporal Craniotomy with Removal of the Anterior Clinoid Process. J Neurol Surg B Skull Base. 2014 Apr; 75(2): 125–132.

Fukushima: Manual of Skull Base Dissection. Thieme 2009

Georgiou C, Cassell MD: The foramen meningo-orbitale and its relationship to the development of the ophthalmic artery. J Anat. 1992 Feb; 180 (Pt 1):119-25.

Hajiioannou J, Owens D, Whittet HB: Evaluation of anatomical variation of the crista galli using computed tomography. Clin Anat. 2010 May; 23(4):370-3.

Jho HD, Ha HG: Endoscopic endonasal skull base surgery: Part 1--The midline anterior fossa skull base. Minim Invasive Neurosurg. 2004 Feb; 47(1):1-8.

Jittapiromsak Pakrit, Sabuncuoglu Hakan, Deshmukh Pushpa, Nakaji Peter, Spetzler Robert F., Preul Mark C.: GREATER SUPERFICIAL PETROSAL NERVE DISSECTION: BACK TO FRONT OR FRONT TO BACK?Neurosurgery, May 2009 – volume 64 – Issue 5 – p ons253- ons259.

Kakizawa Y, Abe H, Fukushima Y, Hongo K, El-Khouly H, Rhoton AL Jr: The course of the lesser petrosal nerve on the middle cranial fossa. Neurosurgery. 2007 Sep; 61(3 Suppl):15-23.

Kale A, Aksu F, Ozturk A, Gurses IA, Gayretli O, Zeybek FG, Bayraktar B, Ari Z, Onder N: Foramen of Vesalius. Saudi Med J. 2009 Jan; 30(1):56-9.

Kalthur SG, Padmashali S, Gupta C, Dsouza AS: Anatomic study of the occipital condyle and its surgical implications in transcondylar approach. J Craniovertebr Junction Spine. 2014 Apr; 5(2):71-7.

Kaplan M, Erol FS, Ozveren MF, Topsakal C, Sam B, Tekdemir I: Review of complications due to foramen ovale puncture. J Clin Neurosci. 2007 Jun; 14(6):563-8.

Kartush JM, Kemink JL, Graham MD: The arcuate eminence. Topographicorientation in middle cranial fossa surgery. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1985 Jan-Feb; 94(1 Pt 1):25-8.

Katsuta, Toshiro; Rhoton, Albert L. Jr.; Matsushima, Toshio: The Jugular Foramen: Microsurgical Anatomy and Operative Approaches. Neurosurgery. 41(1):149-202, July 1997.

Krishnamurthy A, Nayar SR, Prabhu LV, Mansur DI, Ramanathan L, Madhyastha S, Saralaya V: The morphology of meningo-orbital foramen in south Indian population. Bratisl Lek Listy: 2008; 109 (11) 517-9.

Kwiatkowski J1, Wysocki J, Nitek S: The morphology and morphometry of the so called "meningo-orbital foramen" in humans. Folia Morphol (Warsz). 2003 Nov; 62(4):323-5.
Lan MY, Shiao JY: Using greater superficial petrosal nerve and geniculate ganglion as the only two landmarks for identifying internal auditory canal in middle fossa approach. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2010 Dec; 267(12): 1867-71.

Lee JM, Ransom E, Lee JY, Palmer JN, Chiu AG: Endoscopic anterior skull base surgery: intraoperative considerations of the crista galli. Skull Base. 2011 Mar; 21(2):83-6.

Liu J, Pinheiro-Neto CD, Fernandez-Miranda JC, Snyderman CH, Gardner PA, Hirsch BE, Wang E. Eustachian tube and internal carotid artery in skull base surgery: An anatomical study. Laryngoscope. 2014 Oct 7

Liu XD, Xu QW, Che XM, Mao RL: Anatomy of the petrosphenoidal and petrolingual ligaments at the petrous apex. Clin Anat. 2009 Apr; 22(3): 302-6.

Matsushima T, Kawashima M, Masuoka J, Mineta T, Inoue T: Transcondylar Fossa (Supracondylar transjugular tubercle) approach: Anatomic basis for the approach, surgical procedures and surgical experience. Skull Base 2010, Mar; 20(2): 83-91.

Matsushima, K., Matsushima, T., Kuga, Y., Kodama, Y., Inoue, K., Ohnishi, H., & Rhoton, A. L. (2014). Classification of the Superior Petrosal Veins and Sinus Based on Drainage Pattern. Neurosurgery, 10, 357–367.

Muthukumar N, Swaminathan R, Venkatesh G, Bhanumathy SP. A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach.Acta Neurochir (Wien) 2005;147:889–95.

Naderi S, Korman E, Citak G, Güvençer M, Arman C, Senoglu M, et al. Morphometric analysis of human occipital condyle. Clin Neurol Neurosurg.2005; 107: 191–9.

O'Brien A, McDonald SW: The meningo-orbital foramen in a Scottish population. Clin Anat. 2007 Nov; 20(8):880-5.

Osawa S, Rhoton AL Jr, Seker A, Shimizu S, Fujii K, Kassam AB: Microsurgical and endoscopic anatomy of the vidian canal. Neurosurgery. 2009 May; 64(5 Suppl 2):385-411

Ozer MA, Govsa F: Measurement accuracy of foramen of vesalius for safe percutaneous techniques using computer-assisted three-dimensional landmarks. Surg Radiol Anat. 2014 Mar; 36(2):147-54.

Ray B, Gupta N, Ghose S: Anatomic variations of foramen ovale. Kathmandu Univ Med J UMJ). 2005 Jan-Mar; 3(1):64-8.

Rhoton A.Jr: Jugular Foramen. Neurosurgery: sept 2000. Vol 47 Issue 3 pp s267-s285.

Sabancı, P. A., Batay, F., Civelek, E., Al Mefty, O., Husain, M., Abdulrauf, S. I., & Karasu, A. (2011). Meckel's Cave. World Neurosurgery, 76(3-4), 335–341.

Salas E, Sekhar L N, Ziyal I M, Caputy A J, Wright D C. Variations of the extreme-lateral craniocervical approach: anatomical study and clinical analysis of 69 patients. J Neurosurg. 1999;90(2 Suppl):206–219.

Shahinian HK: Endoscopic Skull Base Surgery. Humana Press.

Shao YX, Xie X, Liang HS, Zhou J, Jing M, Liu EZ: Microsurgical anatomy of the greater superficial petrosal nerve. World Neurosurg. 2012 Jan; 77(1): 172-82.

Shinohara AL de Souza Melo CG, Silveira EM, Lauris JR, Andreo JC, de Castro Rodrigues A: Incidence, morphology and morphometry of the foramen of Vesalius: complementary study for a safer planning and execution of the trigeminal rhizotomy technique. Surg Radiol Anat. 2010 Feb; 32(2): 159-64.

Skrzat J, Walocha J, Srodek R: An anatomical study of the pterygoalar bar and the pterygoalar foramen. Folia Morphol (Warsz). 2005 May; 64(2): 92-6.

Somesh MS, Sridevi HB, Prabhu LV, Swamy MS, Krishnamurthy A, Murlimanju BV, Chettiar GK: Morphometric study of foramen oval. Turk Neurosurg. 2011; 21(3):378-83.

Suazo Galdames I, Zavando Matamala D, Luiz Smith R: Anatomical study of the pterygospinous and pterygoalar bony bridges and foramens in dried crania and its clinical relevance. Int.J.Morphol. v.28 n.2 Temuco jun.2010.

Tanasi M, Hârşovescu T, Balmeş B, Istode C, Mihailovici A, Paduraru D: The arcuate eminence of the petrous portion of the temporal bone. Descriptive features. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi. 2008 Jan-Mar; 112(1): 208-12.

Tanriover N, Sanus GZ, Ulu MO, Tanriverdi T, Akar Z, Rubino PA, Rhoton AL Jr: Middle fossa approach: microsurgical anatomy and surgical technique from the neurosurgical perspective. Surg Neurol. 2009 May; 71(5):586-96

Tauber M, van Loveren HR, Jallo G, Romano A, Keller JT: The enigmatic foramen lacerum. Neurosurgery. 1999 Feb; 44 (2): 386-91.

Tsunoda A: Arcuate eminence in Caucasian populations. J Laryngol Otol. 2001 Jan; 115(1):9-13.

Tsunoda A, Kimura Y, Sumi T, Komatsuzaki A, Sato T: The arcuate eminence is not a protrusion of the superior semi-circular canal but a trace of sulcus on the temporal lobe. J Laryngol Otol. 2000 May; 114(5): 339-44.

Tubbs RS, Custis JW, Salter EG, Sheetz J, Zehren SJ, Oakes WJ: Landmarks for the greater petrosal nerve. Clin Anat. 2005 Apr; 18(3):210-4.

Tubbs, R. S., Mortazavi, M. M., Krishnamurthy, S., Verma, K., Griessenauer, C. J., & Cohen-Gadol, A. A. (2013). The relationship between the superior petrosal sinus and the porus trigeminus: an anatomical study. Journal of Neurosurgery, 119(5), 1221–1225.

Tubbs RS, May WR Jr, Apaydin N, Shoja MM, Shokouhi G, Loukas M, Cohen-Gadol AA. Ossification of ligaments near the foramen ovale: an anatomic study with potential clinical significance regarding transcutaneous approaches to the skull base. Neurosurgery. 2009 Dec; 65(6 Suppl): 60-4.

Vescan AD, Snyderman CH, Carrau RL, Mintz A, Gardner P, Branstetter B 4th, Kassam AB: Vidian canal: analysis and relationship to the internal carotid artery. Laryngoscope. 2007 Aug; 117(8): 1338-42.

Wang W, Lieber S, Mathias RN, Sun X, Gardner PA, SnydermanCH, Wang EW, Fernandez Miranda JC: The foramen lacerum: surgical anatomy and relevance for endoscopic endonasal approaches. J Neeurosurg 2018 Nov 1;1-12.

Wen HT, Rhoton AL, Jr, Katsuta T, de Oliveira E. Microsurgical anatomy of the transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions of the far-lateral approach.J Neurosurg. 1997; 87:555–85.

Ziyal IM, Ozgen T, Sekhar LN, Ozcan OE, Cekirge S: Proposed classification of segments of the internal carotid artery: anatomical study with angiographical interpretation. Neurol Med Chir (Tokyo). 2005 Apr; 45(4): 184-90.