



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**SECRETARÍA DE SALUD  
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO**

**“PREVALENCIA Y DIVERSIDAD DE VARIANTES ANATÓMICAS DE LA VASCULATURA  
CEREBRAL IDENTIFICADAS POR ANGIOGRAFÍA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO  
PERIODO 2011-2021”.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLOGICA**

**PRESENTA**

**DRA. ROSSY CAROLINA TAVERAS GONZÁLEZ**

**TUTOR**

**DR. GUSTAVO MELO GUZMÁN**

Ciudad de México, 2022.

El trabajo fue revisado por los CI, CEI y CB de HJM, se registró con el siguiente número: **HJM 154/21-R**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

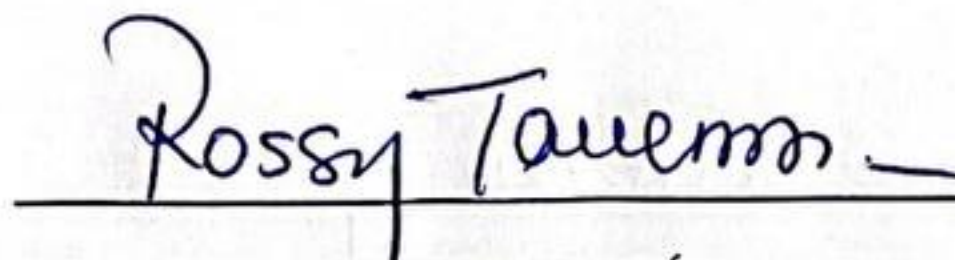
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PREVALENCIA Y DIVERSIDAD DE VARIANTES ANATÓMICAS DE LA VASCULATURA  
CEREBRAL IDENTIFICADAS POR ANGIOGRAFÍA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO  
PERIODO 2011-2021. HJM 154/21-R

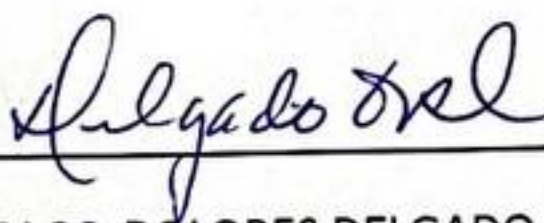
**AUTORIZACIÓN DE TESIS**



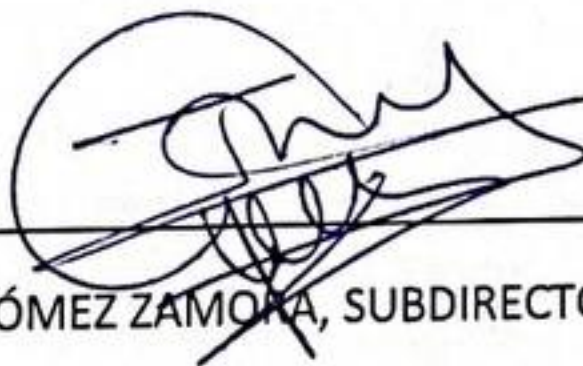
DRA. ROSSY C. TAVERAS GONZÁLEZ, TESISISTA.



DR. GUSTAVO MELO GUZMÁN, DIRECTOR DE TESIS.



M. en C. Ma. DE LOS DOLORES DELGADO, ASESOR METODOLÓGICO.



DRA. ERIKA GÓMEZ ZAMORA, SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA, HJM



DR. ERICK EFRAIN SOSA DURAN, JEFE DE POSGRADO, HJM

## **AGREDECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Agradezco a Dios, ya que bajo su manto e infinita misericordia, me ha permitido llegar hasta donde me lo he propuesto, aunque siempre poniendo pruebas en mi camino, al mismo tiempo dándome el carácter, la fortaleza y la fe para superarlas.

A toda mi familia, porque cada uno me ha apoyado de forma única y en especial a mis padres que me dieron la vida; con particular mención a mi madre quien siempre me ha ayudado bajo cualquier circunstancia y constantemente me dice: tú puedes lograrlo todo, eres la mejor!!!, confiando en mi sin dudar nunca.

A mi entrañable esposo, compañero de vida, mi cómplice durante toda esta aventura, en este y todos los senderos que hemos recorrido juntos; siempre apoyándome en cada paso, llevándome de la mano sin dejarme caer en los peores momentos y de igual forma estar presente en los mejores, robándome siempre una sonrisa. Contigo todo, sin ti nada!!!

A mi compañero de residencia, colega y amigo que me regalo este trayecto; por su apoyo durante todo el recorrido.

A mi maestro, Dr. Gustavo Melo Guzmán, por transmitirnos todos sus conocimientos y compartir su experiencia, además de conducirnos de la mejor manera hasta el final del camino para lograr nuestra meta.

**Infinitas gracias!!!!**

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
1. Introducción .....	2
2. Marco Teórico.....	2
Anatomía Vascul ar Cerebral.....	2
Embriología y Anatomía Normal.....	2
1. Circulación Anterior .....	2
2. Circulación Posterior .....	41
Variantes Anatómicas.....	56
3. Variantes de la Circulación Anterior .....	58
4. Variantes de la Circulación Posterior .....	63
5. Anastomosis Carótido Vértebro-basilares .....	66
6. Anastomosis Vertebro-Cervicales: .....	68
3. Justificación .....	69
4. Planteamiento del problema .....	70
5. Objetivos.....	70
5.1 General.....	70
5.2 Específicos .....	71
6. Metodología.....	71
6.1 Diseño del estudio .....	71
6.2 Definición de la población.....	71
6.3 Criterios de inclusión .....	72
6.4 Criterios de exclusión .....	72
6.5 Definición de variables.....	72
<input type="checkbox"/> Edad.....	72
<input type="checkbox"/> Sexo o Género .....	72
<input type="checkbox"/> Tipo de Variante Anatómica .....	73
<input type="checkbox"/> Localización .....	73
<input type="checkbox"/> Lateralidad .....	73
<input type="checkbox"/> Sistema Vascul ar .....	73
6.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de la información.....	75
7. Análisis estadístico e Interpretación de datos.....	75
7.1 Recursos .....	75

7.2 Aspectos Éticos .....	75
7.3 Aspectos de Bioseguridad .....	76
8. Resultados.....	76
9. Discusión .....	84
10. Conclusión.....	89
11. Recomendación.....	89
Bibliografía .....	91

## RESUMEN

**Introducción:** Polígono de Willis es una configuración vascular responsable de proporcionar al cerebro el flujo sanguíneo idóneo. Las variantes anatómicas encontradas en esta vasculatura así como en los vasos supraaórticos, suelen asociarse a diferentes patologías vasculares dependiendo del nivel en el que se encuentren; por lo que es fundamental reconocerlas.

**Objetivo:** Describir la prevalencia y diversidad de variantes anatómicas de la vasculatura cerebral evidenciadas por angiografía en el Hospital Juárez de México período 2011-2021.

**Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo, transversal, observacional obteniendo información de la base de datos del departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México así como de los expedientes clínicos de los pacientes a los que se les realizó angiografía diagnóstica y/o terapéutica desde Marzo 2011 a Marzo 2021 escogiendo a los se reportaron con variantes anatómicas y se realizó un análisis descriptivo de los datos con medidas de tendencia central y dispersión. Se determinó la distribución de los datos y se comparó la distribución de edad según el sexo. Estimamos proporción de las variantes anatómicas y sus características considerando la población a la que se le realizó el estudio y para el procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS Statistics 25.0 para su tabulación y posterior exposición en gráficos.

**Resultados:** Evaluamos 1,637 pacientes mayores de 18 años que se les realizó una angiografía en el departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México desde marzo del 2011 a marzo del 2021, para identificar la prevalencia y diversidad de variantes anatómicas de la vasculatura cerebral la cual fue 2.3% (n=38) en esta población. La edad media de pacientes con variantes anatómicas fue 48.7 años (DE 19.5), registrando edad mínima de 18 años y máxima de 83. La mediana fue 52 años y los percentiles 25 y 75 de 34 y 63 años, respectivamente. La edad presentó una distribución que no se aproxima a la normal (p=0.035). El 55.3% (n=21) de los pacientes fueron femeninos y el 44.7% masculinos. No se observó diferencia estadísticamente significativa de la edad entre sexos (p=0.79). El 7.9% presentaron variantes anatómicas múltiples, con una prevalencia del 0.18%, incluyendo un paciente con 4 variantes simultáneas y 2 pacientes con 2 variantes cada uno. Se identificó un total de 43 variantes anatómicas El tipo de variante más frecuente fue origen directo del cayado aórtico (arteria vertebral izquierda) en el 34.9% y en el segundo lugar la hipoplasia en el 18.6%. La AV estuvo involucrada en el 53.5% de los casos y el 30.2% de los casos fue del lado derecho, 65.1% de lado izquierdo y 4.7% en la línea media; los pacientes con variantes múltiples, uno presentó variante bilateral, otro unilateral izquierdo y el último, 3 variantes izquierdas y una derecha. La localización más frecuente fue supraaórtico en el 41.9%, infratentorial y supratentorial con 30.2% y 27.9% respectivamente. El 95.3% se reportaron en el sistema vascular arterial. Se observó que el año en el que se identificaron más variantes anatómicas fue el 2011 con 12 casos, seguido de 2012 con 10 casos.

**Conclusión:** El conocimiento a fondo de la anatomía vascular cerebral anterior y posterior, incluyendo los vasos supraaórticos, refiriéndonos tanto al sistema arterial como venoso, es imprescindible para la precisa interpretación de los actuales estudios diagnósticos de la vasculatura cerebral disponibles, así como para la realización de los múltiples procedimientos terapéuticos vía endovascular; por lo que describimos ampliamente la vasculatura cerebral normal y las probables variantes anatómicas que pudieran existir, así comprenderlas y de esta forma evidenciarlas y no dejarlas pasar así como su debido reporte. Por otra parte revelar si están ligadas o no con patologías vasculares que incluyan el vaso involucrado o el territorio adyacente. **Palabras claves:** variante anatómica, polígono de willis, vasos supraaórtico.

## **1. Introducción**

Este trabajo tiene como objetivo estudiar las diversas variantes de la normalidad de la vasculatura cerebral que podemos encontrar y su reconocimiento en angiografía cerebral con sustracción digital. Estas pudieran tener repercusión clínica, sobre todo en la patología isquémica, además de asociarse con la coexistencia de aneurismas y anomalías del desarrollo. Por tanto, debemos conocer en detalle la anatomía vascular cerebral, así como comprender, entender y analizar de forma prudente las imágenes realizadas por el neurointervencionista para poder describir y detallar de forma oportuna cualquier variación anatómica normal encontrada y tener el dominio de las misma para definirla y relacionarla, si así lo está, con alguna patología de los vasos cerebrales. Internacionalmente tanto en poblaciones anglosajonas como occidentales, las variantes anatómicas son muy frecuentes, más de lo que esperamos. En la literatura esta descrito en cuanto a la población mexicana, que se han reportado hasta en un 60% de los casos [1].

## **2. Marco Teórico**

### **ANATOMÍA VASCULAR CEREBRAL**

#### **Embriología y Anatomía Normal**

##### **1. Circulación Anterior**

Las arterias carótidas internas (ACI) se desarrollan desde el 3er arco aórtico, la aorta dorsal y la red vascular primordial plexiforme que rodea el cerebro anterior (proscencéfalo) y medio (mesencéfalo). Las ACI primitivas tienen una división craneal y otra caudal. La craneal inicialmente finaliza en las arterias olfatorias primitivas (AOP) y luego originan a las arterias cerebrales anteriores definitivas, así como las arterias coroidea anterior (AChoA) y arteria cerebral medial (ACM). La arteria comunicante anterior (ACoA) se forma de la red vascular plexiforme, que se une en la línea media y conecta el desarrollo de las dos arterias cerebrales anteriores [2].



A las cinco semanas de gestación, la arteria cerebral anterior (ACA) aparece como una rama secundaria de la AOP, la cual deriva a su vez de la ACI primitiva. A la 6ta semana, cada ACA se dirige hacia la línea media, uniéndose allí con su igual contralateral por la interposición de una anastomosis plexiforme que formará la futura ACoA. La arteria media del cuerpo caloso, una pequeña rama embrionaria, nace de la ACoA y extendiéndose hacia la lámina terminal. Esta normalmente involuciona cuando se desarrollan los segmentos de la ACA distales de la ACoA. Y en la 7ma semana, la ACI definitiva se extiende superiormente entre los hemisferios cerebrales. Las arterias perforantes basales que surgen de la ACA como las arterias estriadas mediales y la arteria recurrente de Heubner, están formadas desde AOP o desde los componentes de la anastomosis entre esta arteria y su rama cerebral anterior colateral [3].

### **1.1 Arteria Carótida Interna**

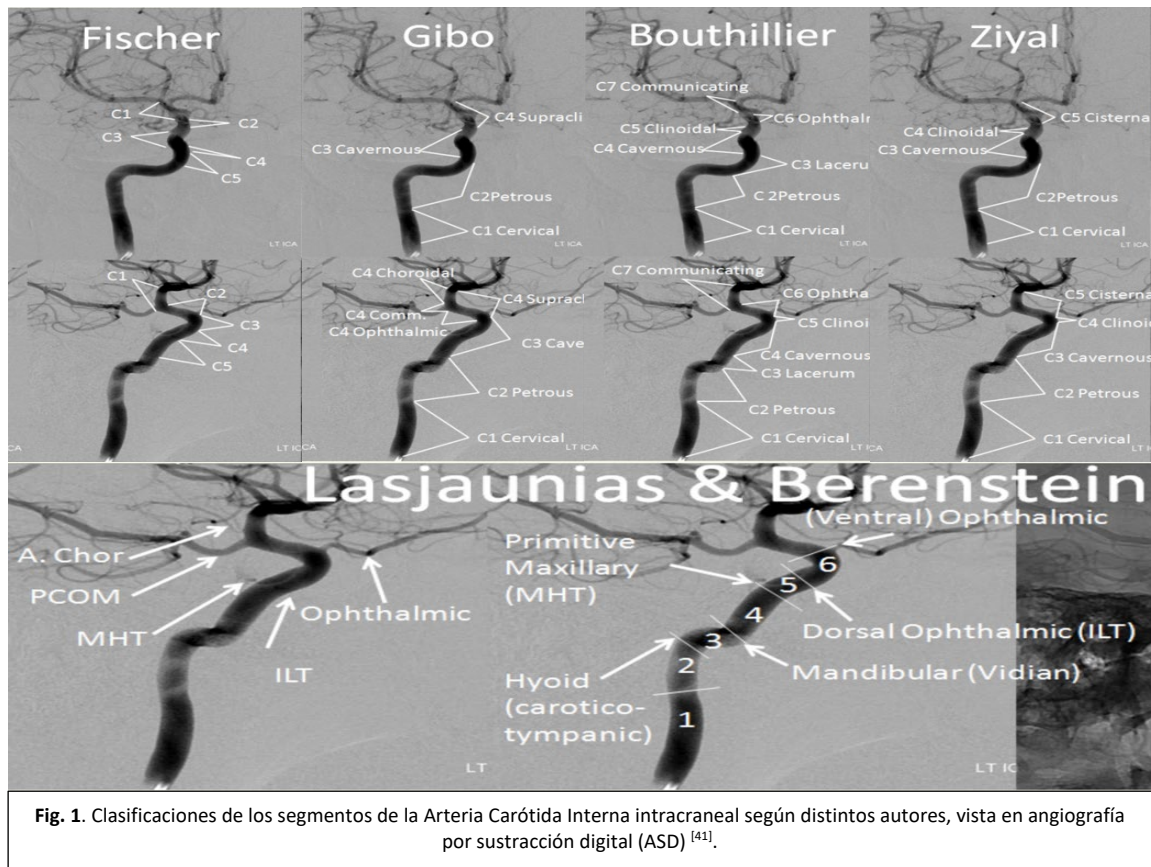
La ACI a nivel cervical (generalmente no tiene ramas pero puede tener a la arteria hipoglosa persistente o la faríngea ascendente de la ACI proximal o la occipital, puede existir una ACI cervical retrofaríngea) se dirige desde la bifurcación carotídea hasta la base del cráneo. Luego atraviesa el hueso petroso (segmento petroso) elevándose dentro del foramen lacerum. Pasa debajo del ligamento petrolingual (LPL), la cual es una estructura de referencia clave y entra en el seno cavernoso, donde tiene un aspecto en forma de S en la mayoría de los casos, aunque existen muchas variaciones. En el seno cavernoso la arteria está rodeada por un plexo venoso, así pues, la rotura de la ACI a este nivel conduce a una fístula carótido cavernosa. Después de un giro anterior (rodilla), la ACI abandona el seno cavernoso, traspasando la cubierta dura del seno que se denomina anillo dural proximal. Luego la ACI cruza una región pequeña pero importante donde, aunque ya está afuera del seno cavernoso, aún no es subaracnoidea o intradural, esta zona de transición o clinóide ha sido objeto de mucha atención quirúrgica. Después de esta pequeña porción, la ACI pasa por otro anillo dural distal y luego se vuelve intradural o subaracnoideo y su rotura conlleva a una HSA. La arteria oftálmica (AO) suele estar

en un 90% ubicada distalmente al anillo dural distal (intradural/subaracnoideo). En otras ocasiones, el oftálmico se origina más proximalmente del segmento transicional (extradural) o cavernoso, o desde la arteria carótida externa (ACE). Siendo todas estas variantes muy importantes. Más allá del segmento oftálmico, esta continúa hacia la región hipofisaria (arterias hipofisarias superiores inconstantes). Su próxima rama principal es la arteria comunicante posterior (ACoP); luego viene la AChoA que puede no distinguirse de la ACoP, cuando este último se haya hipoplásico. Al culminar, después de un segmento corto que presenta algunas ramas perforantes, la ACI se bifurca en ACA y ACM [4,5].

### **Clasificación Segmentaria ACI**

Existen varias clasificaciones de diversos autores y las mismas fueron creadas basándose en las necesidades que han ido surgiendo durante el tiempo y el uso aplicado a las diferentes especializaciones, como son: Clasificación de Fisher 1938, ACI intracraneal de C1-C5, en contra de su dirección de flujo sanguíneo. Clasificación de Gibo, Lenkey y Rhoton 1981, basados en la disección de la ACI, cuatro segmentos: cervical, petroso, cavernoso y supraclinoideo, C1-C4, en dirección del flujo sanguíneo; el segmento C4 se subdivide en oftálmico, comunicante y coroideo, el segmento C3 comenzaba donde la ACI emergía de las cubiertas durales como un vaso subaracnoideo, anterior a la era de los anillos durales. La Clasificación de Bouthillier y colaboradores, que es una clasificación de Fischer modificada, 1996, con designación alfa numérica de los segmentos ACI en dirección al flujo sanguíneo que también se basó en cuidadosas disecciones microquirúrgicas. Reconoció formalmente el segmento clinoideo como un área de transición entre ACI cavernosa e intramural, C1: cervical, C2: petroso, C3: lacerum (rasgado anterior), C4: cavernoso, C5: clinoideo, C6: oftálmico, C7: comunicante. También Ziyal cuestiono la necesidad de un segmento lacerum, no incluyeron los segmentos oftálmico ni comunicante, a favor de un simple segmento cisternal [40]. Lasjunias, Santoyo-Vázquez, realizaron una subdivisión basándose en consideraciones embriológicas en lugar de puntos de referencia anatómicos. Los límites de los segmentos se definieron

mediante ramas intracraneales de la ACI, pero no fue diseñado para facilitar disecciones quirúrgicas o métodos endovasculares [4,6-11, 41].



• **Segmento Petroso (Segmento C2)**

Embriológicamente, es la extensión craneal de la aorta dorsal. Se origina desde la apertura del canal carotídeo petroso en piso del cráneo hasta borde posterior del foramen lacerum, en el hueso temporal la ACI discurre anterior e inmediatamente bajo la cavidad timpánica y la cóclea, adelante de la Vena Yugular Interna (VYI), medial a la apófisis estiloides. En la entrada al canal carotídeo, la vaina carotídea se divide en dos hojas; la interna, que continua como el periostio del canal carotídeo y la externa se continua con el periostio de la superficie inferior del piso del cráneo. Un plexo venoso (Plexo de Rektorzik) circundan a la ACI petrosa; su existencia se ha propuesto para mitigar la pulsación de la ACI y de esta forma disminuye su apreciación por la audición [3,8].

## Subsegmentos

- **Vertical o ascendente:** Longitud 10.5mm, anterior a la vena yugular.
- **Horizontal:** Longitud 20.5mm. sale del canal en la punta del peñasco por encima del agujero rasgado anterior.
- **Rodilla (Genu):** debajo, enfrente de la cóclea y la cavidad timpánica, entre los dos segmentos previos cuando se hace anteromedial [6-9].

## Ramas

Las ramas de la ACI petrosa solo en el 235 de los casos, son visibles en la angiografía. En una serie de disección de cadáveres se descubrió que la ACI petrosa se ramificaba en solo el 38% (rama Vidiana 30% y rama perióstica en 8%), la arteria carótido timpánica (ACT) no fue encontrada en ningún caso. Pueden proporcionar flujo colateral de la ACE si la ACI se ocluye.

- **Rama perióstica:** Nace en la entrada de la ACI en el canal carotídeo. Presente en el 8% de las disecciones.
- **Arteria carótido timpánica (ACT):** Es remanente de la arteria hioidea embrionaria. Surge de la ACI petrosa cerca de la rodilla y se dirige supero posterior a la cavidad del oído medio. Se anastomosa con la arteria faríngea ascendente mediante la arteria timpánica inferior.
- **Arteria Vidiana:** o arteria del canal pterigoideo, generalmente nace de la ACE. Es una rama pequeña pudiendo manar de la ACI petrosa horizontal y viaja anterior dentro del canal vidiano (pterigoideo) a la fosa pterigopalatina, el canal vidiano se encuentra en el piso del seno esfenoidal y contiene el nervio vidiano. Esta se une con ramas de la maxilar interna (AMI). Irriga el nervio vidiano y varias estructuras de la fosa pterigopalatina: porciones de la nasofaringe posterior, tabique nasal, cornetes y musculatura circundante. Se ensancha en patologías vasculares de la nasofaringe y tejidos adyacentes en particular el Nasoangiofibroma juvenil. La obliteración iatrogénica de la AMI como tratamiento para epistaxis puede producir su ensanchamiento, así como también con la oclusión proximal de la ACI, haciendo la función de reconstitución de la ACI a partir de la AMI, aunque menos común o eficiente que las vías oftálmicas o meníngeas medias. La arteria faríngea

ascendente (AFA) también colateralizar con la Vidiana en la fosa pterigopalatina [6-9].

#### • **Segmento Lacerum o Rasgado Anterior (C3)**

Desde el segmento petroso al cavernoso, por arriba del foramen lacerum (no a través de él) con una longitud de 1cm, lleno de fibrocartílago, no es un verdadero agujero y lo atraviesa el nervio vidiano. Dividido del segmento cavernoso por el LPL, encontrándose debajo del ganglio trigémino (denominado “segmento trigémino”), cruzado lateralmente por el nervio petroso superficial mayor. Se producen el 62% de las fracturas. No tiene subsegmentos, ramas o variantes, solo que la arteria vidiana se origina rara vez cerca de la unión entre los segmentos C2-C3 [9].

#### • **Segmento Cavernoso (C4)**

Va desde el margen superior del LPL, a través del seno cavernoso hasta el anillo dural proximal (ADP). Descansa directamente sobre la superficie lateral del cuerpo del esfenoides, en el surco carotídeo, así como adyacente a la pared del seno esfenoidal < 0.5mm de espesor en 90% de los casos, con privación completa de hueso en el 10%, solo cubierto por periostio, en algunos casos la ACI puede desplegarse al seno esfenoidal; variante anatómica que debe tenerse en cuenta en la cirugía del seno esfenoidal. Este segmento forma la mayor parte del sifón carotídeo [7,8].

#### **Relaciones**

- **Lateral:** El ganglio de Gasser (GG), cubre los segmentos C3 (horizontal) y C4 posterior (vertical), dicho ganglio está separado de la carótida cavernosa por una lámina dural definida que forma el techo del Cavum de Meckel (CM). Más anteriormente los nervios craneales (NC) III, IV están contenidos en la pared dural, solo el VI par tiene su curso dentro del seno cavernoso. Sale del seno cavernoso medial a la apófisis clinoides anterior (proyección ósea del ala menor del esfenoides, lugar de inserción de la continuación anterior del tentorio y la duramadre de la pared del seno cavernoso).

- **Medial:** La propia carótida es la más medial en el interior del seno cavernoso, rodeada por sinusoides endoteliales alineados y por vénulas de pared fina. La ACI se desplaza anteriormente por un surco poco profundo a lo largo del piso del esfenoides: surco carotídeo. El seno esfenoidal esta medial a la ACI cavernosa.
- **Superior:** El borde del tentorio discurre sobre la ACI cavernosa. Anteriormente, el repliegue de dura del seno cavernoso y el tentorio se divide en un anillo proximal y otro distal (ADD) que rodean las apófisis clinoides anterior y parcialmente a la ACI en su salida del seno cavernoso. Estos anillos duros marcan la transición entre los segmentos C4 y C5. La silla turca y la hipófisis son supero mediales al segmento C4 y están separadas de él por una lámina ósea y por la delgada pared dural medial del seno cavernoso.
- **Inferior:** Bajo la ACI se encuentra el suelo óseo del surco carotídeo, parte de la base del esfenoides. Las dos primeras divisiones del nervio trigémino (V1 y V2) avanzan dentro de la pared del seno cavernoso y son inferolaterales a la ACI.
- **Anterior:** El grupo óptico y la apófisis clinoides se encuentran enfrente y ligeramente supero laterales a la rodilla anterior <sup>[1,7,8]</sup>.

### **Subsegmentos**

Ascendente o vertical, horizontal, vertical anterior (Vertical posterior. Curvatura o rodilla posterior. Horizontal (+ largo). Curvatura o rodilla anterior. Vertical anterior) <sup>[1,4,7]</sup>.

### **Ramas**

Se dividen en 3 grupos. Son muy variantes, pero las más consistentes son los troncos posterior y lateral.

- **Tronco posterior (Arteria Meningohipofisiaria):** Nace de la curva posterior, a 10mm distal al foramen Lacerum; como un solo tronco o colección de vasos. Su prominencia es variable, dado que su territorio está en equilibrio con el tronco inferolateral, ramas clivales de la AFA y con la Arteria Meníngea Media (AMM). Generalmente, observada como irrigación de la hipófisis posterior y porciones del clivus, los Nervios Craneales (NC) III, IV, V, VI, tienda del cerebelo y la duramadre adyacente, con un peculiar rubor temprano y una fase venosa temprana (no debe

confundirse con una fistula dural). Existen varias vías colaterales con el tronco inferolateral, AMM y rama hipoglosa de la AFA. Un Tronco Meningohipofisario (TMH) apreciable en Resonancia Magnética (RM) / Tomografía Computarizada (TC) / Angiografía por sustracción digital (DSA), refleja algún tipo de patología [12]. En la fase arterial tardía de las angiografías selectivas es asiduo ver un teñido vascular prominente de la hipófisis posterior y no debe ser confundido con una neoplasia. Aunque no siempre puede ser definido [7,8].

Se presentan 3 ramas (70% de las disecciones):

- **Arteria Tentorial:** La más consistente (100% de las disecciones), a su vez, presenta dos ramas:
    1. Arteria Marginal del Tentorio (Bernasconi Cassinari): Posterior a lo largo del borde medial de cada capa tentorial hacia la tórcula, complicado de diferenciar de la arcada tentorial lateral que es la arteria que discurre desde el TMH a lo largo de la hoja tentorial hacia el seno sigmoideo, participando en la irrigación de NC adyacentes y duramadre.
    2. Arteria Basal Tentorial: Lateral, en el margen entre el tentorio y la cresta petrosa. Se une con la meníngea media y arterias durales de la fosa posterior.
  - **Arteria hipofisaria inferior:** Se dirige supero medialmente para irrigar el lóbulo posterior hipofisario, se anastomosa con la arteria hipofisaria superior, el grupo de ramas mediales y la hipofisaria inferior contralateral.
  - **Arteria meníngea dorsal:** A través del canal de Dorello (75% de las disecciones). 2 ramas que suministran la dura del piso del cráneo.
    1. Arteria Clival Lateral: Irriga la dura alrededor del canal de Dorello y del N. abducens.
    2. Arteria Dorsal Clival Medial: Irriga la dura clival superior.
    3. Arteria Recurrente del Foramen Lacerum: pequeño vaso que se une con la rama carotidea de la faríngea ascendente [8,9].
- **Tronco lateral (tronco inferolateral, inferolateral, inferior del seno cavernoso o principal lateral):** Es un remanente de la A. primitiva oftálmica dorsal, esta y las arterias oftálmicas adultas son los trayectos principales de reconstitución de

ACI luego de una oclusión proximal de la misma. Nace de la pared lateral del segmento horizontal, superior al N. abducens para irrigar la duramadre y los NC dentro del seno cavernoso (SC). Suministra el aporte del piso de la fosa craneal media, los NC del SC y está en balance con las arterias meníngeas media y accesoria. Así que, es un conducto potencial a la arteria oftálmica. Se halla en el 66% de las disecciones y con frecuencia colabora en el abastecimiento de meningiomas adyacentes, abarcando los tipos de cresta esfenoidea, petroclinoideo y ángulo pontocerebeloso que se recomiendan la embolización extra craneal, rara vez la embolización intracraneal, a través de TMH y tronco inferolateral con partículas [7].

Las ramas irrigan los NC III, IV y V, ganglio de Gasser y dura del seno cavernoso. Anteroinferiormente tiene una anastomosis directa con la arteria maxilar mediante la arteria del agujero redondo mayor. Una rama posterior vasculariza parte de la pared del seno cavernoso, del tentorio (rama tentorial) y el ganglio de Gasser. Se anastomosa con ramas de la arteria meníngea media (a través del agujero redondo menor) y de la arteria maxilar (mediante la arteria del agujero oval).

- **Rama anteromedial:** Puede conectarse con la arteria oftálmica mediante de su rama **meníngea recurrente**.
- **Rama antero lateral:** Puede unirse con la arteria del foramen redondo.
- **Rama posterior:** Puede anastomosarse con las ramas cavernosas de la meníngea media y accesoria.
- **Ramas superiores:** Ramas muy pequeñas, pueden anastomosarse con la oftálmica.

- **Tronco medial (arterias capsulares de Mc Connell):** irriga la hipófisis en el 285 de las disecciones, naciendo de la porción más superior del segmento cavernoso [1,7,8].

#### • **Segmento Clinoideo (C5)**

Es el más corto de la ACI. Ubicado entre los anillos proximales distal y proximal. Aunque esta sección se describe como interdural, la ACI está rodeada por un collar



dural que posee tributarios venosos del seno cavernoso (plexo venoso Clinoideo), se prolonga al anillo dural distal y tienen repercusiones para la cirugía de esta región; tiene forma de cuña, cuando se ve desde la parte anterior, no se puede visualizar angiográficamente y en patología se ve modificado microquirúrgicamente [7].

### **Relaciones**

- **Lateral:** la apófisis clinoides anterior, por debajo y lateral al segmento C5.
- **Medial:** con el surco carotídeo de la base del esfenoides.
- **Superior:** postero superiormente el segmento C5 está cubierto por dura que se refleja sobre la apófisis clinoides posterior y se continúa con el techo del seno cavernoso y el diafragma selar. Si las apófisis clinoides anteriores y medias se fusionan, el segmento C5 puede quedar completamente rodeado por hueso [7,8].

### **Ramas**

Este segmento puede dar origen a la arteria oftálmica en raras ocasiones, pueden surgir algunas ramas capsulares ínfimas.

Existe duda angiográficamente sobre la ubicación de los anillos dures proximales y distales, por lo que con frecuencia, no es posible concluir ciertamente, si los aneurismas en la rodilla vertical superior son cavernosos (extradurales), intradurales (oftálmicos) o intermedios (clinoideos o transicionales). En este caso la delimitación de segmento de transición es conceptual más que anatómica; es aquí donde la localización del aneurisma respecto a los anillos dures es incierta. Probablemente, parte del aneurisma se vuelva intradural [1,7,8].

### **• Segmento Oftálmico (C6)**

Es la parte intradural más proximal de la ACI. Desplegándose desde el anillo dural distal hasta el nacimiento de la comunicante posterior, no siempre contiene la arteria oftálmica. Descrito por Bouthillier, a partir del ostium de la arteria oftálmica hasta la ACoP; en su típica ubicación el ostium se encuentra justo distal 1mm al anillo dural y por lo tanto intradural, sin embargo, la oftálmica podría nacer un poco más distal al anillo (hasta la ACoA, siendo en este caso extradural, dentro de

segmentos transicionales o cavernosos), con medida de 9.6mm. El nervio óptico discurre por encima y medial a la ACI y el seno esfenoidal es anteroinferior. El puntal óptico es un proceso óseo, desde la base de la clinoides anterior al cuerpo del esfenoides, separando el canal óptico de la fisura orbitaria superior. Detectarlo en TC puede ayudar a discernir entre aneurismas cavernosos y oftálmicos. Estas lesiones en esta ubicación son descritas de la cavidad carotídea y pueden romperse hacia el interior del espacio subaracnoideo [7].

Su mejor vista angiográfica es en proyección lateral, siguiendo una dirección hacia arriba y hacia atrás para completar el denominado sifón carotídeo [6].

### **Relaciones**

- **Lateral:** el anillo dural distal.
- **Medial:** Rodeado por LCR dentro del espacio subaracnoideo supraselar.
- **Superior:** Nervio Óptico (NO), NC II, cursa superior medial al segmento oftálmico.
- **Inferior:** Seno esfenoidal es anteroinferior, aproximadamente en el 80% de los casos, el hueso separa el NO y su cubierta del seno esfenoidal es menor a 0.5mm de grosor.
- **Anterior:** la arteria oftálmica (AO) se origina en la región anterosuperior del segmento C6 y acompañada del NO cursa inferolateralmente a través del canal óptico hacia el interior de la órbita [1,7,8].

### **Ramas**

- **Arteria oftálmica:** El desarrollo definitivo de la AO desde las arterias primitivas depende de los sistemas carotídeos: interno y externo; las ramas orbitarias y extra orbitarias de estos dos vasos exhiben un equilibrio hemodinámico, pudiendo ambos vasos suministrar el flujo dominante a la órbita. En los casos en los que la AO es embriológicamente dominante y asume parte de la arteria fetal hioideo estapedial, la AO irriga parte del territorio que suele pertenecer a la ACE. Esta surge del aspecto de la ACI, medial al proceso clinideo anterior, distal o en el anillo dural distal (intradural 90%) y del segmento cavernoso (8%). Con una trayectoria inferolateral al nervio óptico (NO) en el canal óptico, dentro de la órbita

se curva inferolateral al NO (83%) y luego se acerca al globo ocular a lo largo de su aspecto medial, medial al N. oculomotor y abducens (NC III y IV ), cruza el NO y el músculo recto superior, recorriendo la pared medial de la órbita entre los músculos recto medial y oblicuo superior. En el 17% de los casos, permanece inferomedial al nervio óptico en todo su curso. Con un diámetro promedio 1.4mm (0.9-2.1mm), siendo la mayor rama intracraneal de la ACI [1,7,8].

En angiografía, desde su inicio se dirige hacia arriba 1-2mm, luego gira y avanza hacia adelante, cerca del punto medio entre su origen y el globo ocular; se angula de forma abrupta sobre el NO durante su curso [6,9,10].

Exhibe ramas de gran variabilidad y presentan anastomosis con la carótida externa, se dividen en 3 grupos:

- **Grupo Ocular:** irrigan la retina y la coroides, además de ramas colaterales del nervio óptico.

1. **Arteria Central de la Retina:** originándose de la arteria oftálmica como un solo tronco o en común con la arteria ciliar posterior, adentrándose en la vaina del nervio óptico para suplir la retina. Es una rama terminal de la arteria oftálmica, sin colaterales. Ocluirla produciría pérdida de visión. Su diámetro interno promedio 400 micras (300-600). No se ve en angiografía [6].

2. **Arterias Ciliares:** ciliares anteriores y posteriores, producen el rubor coroideo que se visualiza en la angiografía lateral en forma de media luna en la fase media arterial [6].

- **Grupo Orbitario:** irrigan la musculatura extra ocular y el periostio orbitario.

1. **Arteria Lacrimal:** Rama de la arteria oftálmica adyacente al nervio óptico, discurrendo por el borde superior del músculo recto lateral para irrigar la glándula lagrimal y la conjuntiva. Se conecta anteriormente con ramas de la arteria temporal superficial (ATS) y con numerosas ramas de la arteria maxilar interna. Proporciona la rama meníngea recurrente (rama de la lacrimal) que viaja atrás y fuera de la órbita, mediante la fisura orbitaria superior y se une con ramas de la AMM. Ramas cigomaticofaciales que se anastomosan con la arteria temporal profunda y ramas transversales faciales.

2. **Ramas Musculares:** suplen los músculos extra oculares y el periostio de la órbita, cada rama es llamada por la estructura que irriga <sup>[5,6]</sup>.

· **Grupo Extra orbitario:** posee numerosas conexiones con las ramas faciales y etmoidales de la ACE. Estas anastomosis pueden convertirse en importante fuente de flujo colateral de la ACI intracraneal en situaciones de oclusión proximal. Una rama importante la arteria anterior de la hoz nace de las arterias etmoidales anteriores e irriga parte de la hoz cerebral.

1. **Arterias Etmoidales:** Irrigan la mucosa nasal superior y se anastomosan con ramas esfenopalatinas, rama de la maxilar interna. Así como también perforan la placa cribiforme para vascularizar la duramadre de la fosa anterior. *Arteria etmoidal anterior*, origina la arteria anterior de la falx, entrando al espacio intracraneal por el agujero ciego. *Arteria etmoidal posterior*, se conecta con ramas de la arteria esfenopalatina.

2. **Arteria Palpebral:** Se divide en medial, inferomedial y superomedial, se anastomosan con la rama frontal de la temporal superficial y la rama infraorbitaria de la maxilar interna.

3. **Porción Terminal de la Arteria Oftálmica:** finaliza dividida en la rama supratroclear (se anastomosa con ramas de la arteria temporal superficial) y la rama dorsal nasal (se anastomosa con ramas de la arteria facial) <sup>[1,4,6,8]</sup>.

- **Arteria Hipofisaria Superior:** Con una media de 1.8 arterias hipofisarias superiores naciendo de la región posteromedial del segmento C6 de la ACI, la mayor parte dentro de los 5mm del nacimiento de la arteria oftálmica, posteriormente viajan al origen del tallo hipofisario y conectan con las ramas de la arteria hipofisaria superior contralateral y las arterias comunicantes posteriores para forman una conexión circunfundibular. Las A. hipofisarias superiores y el plexo circunfundibular se dividen en el tallo hipofisario y el lóbulo anterior de la hipofisaria (la rama hipofisaria inferior de la arteria meningohipofisaria irriga el lóbulo posterior). No visibles desde el punto de vista angiográfico, pueden ser lugar para la configuración de aneurismas. En casi 50% de los casos, una rama única dominante vasculariza el lóbulo anterior de la hipófisis, el tallo hipofisario, el NO y el quiasma <sup>[1,8]</sup>.

- **Ramas perforantes:** Varias ramas perforantes se originan del segmento oftálmico ya que no se incluyen con las ramas hipofisarias superiores. Surgen del aspecto posterior o medial de la ACI y vascularizando el quiasma óptico, nervio óptico, piso del tercer ventrículo y tracto óptico [1,8].

#### • **Segmento Comunicante (C7)**

Proximal al origen de la arteria comunicante posterior y termina en la bifurcación de la ACI dividiéndose en ACA y ACM, con una longitud de 10.6mm. Abarca la arteria coroidea, no obstante, se puede separar del segmento coroideo y terminal, desde la ACoP hasta el ostium coroideo anterior.

#### **Relaciones**

- **Medial:** entre el NO y el oculomotor, NO quedando supero medial a la ACI.
- **Superior:** la ACI termina debajo de la sustancia perforada anterior, en el fondo medial de la cisura de Silvio (surco cerebral lateral). Desde su origen la ACoP se dirige hacia atrás avanzando por encima del NC III [1,7,8].

#### **Ramas**

- **Arteria Comunicante Posterior:** Nace de la ACI intradural posterior 9.6 mm distal a la AO, 9.7mm proximal a la bifurcación. Discurre posteromedialmente a una distancia de 12mm para unirse a la ACP en la unión entre los segmentos P1 y P2. Comúnmente hay reflujo de contraste durante la inyección en algunas de las ACI o en las arterias vertebrales. La prueba de oclusión en la Arteria Carótida Común (ACC) homolateral durante la inyección de contraste en la arteria vertebral puede provocar reflujo de la ACP. Las mejores proyecciones para conocer su anatomía son la lateral y la submentovértex [6,11].

Sus ramas varían desde 4-14 con un promedio de 7.8, terminando en el piso del tercer ventrículo, sustancia perforada posterior, tracto óptico, tallo hipofisario y quiasma óptico. Llegan al tálamo, hipotálamo y cápsula interna. Son nombradas tálamo perforantes anteriores (atravesan la sustancia perforada posterior para vascularizar los núcleos mediales del tálamo y paredes del tercer ventrículo) para diferenciarlas de las tálamo perforantes que surgen del segmento P1. El segmento

más largo y más regular es la arteria premamilar. Los aneurismas de la ACoP se originan con mayor frecuencia de la pared posterolateral impactando el NC III con preservación de la pupila [7,8].

- **Arteria Coroidea Anterior:** nace de la ACI supraclinoidea posteromedialmente, 2-4mm distal a la arteria comunicante posterior y 5.6mm proximal a la bifurcación. Con un diámetro de 1mm, como un vaso único o como un plexo de vasos pequeños y duplicado en el 4% de los casos. Embriológicamente irriga el cerebro supratentorial disminuyendo su territorio conforme se desarrolla la circulación posterior. Es raro que se observe por completo a menos que exista patología significativa para agrandarla. Solo existe una AChA y una ACoP, pudiendo tener una proyección de 80-60°. Para su visualización, la mejor proyección es la oblicua ipsilateral, en especial cuando existe algún aneurisma. Si hubiera alguna Malformación Arteriovenosa (MAV) afectando el ventrículo lateral sería irrigada, por la AChA. En contraste con los aneurismas de la comunicante, los coroideos se proyectan inferomedialmente. Se distingue en el 95% de todas las angiografías de la ACI y puede ser observada tanto en proyecciones lateral (LAT) y Anteroposterior (AP) [6-8].

Los segmentos de la Arteria Coroidea Anterior son dos:

- **Cisternal:** Proximal. Discurre posteriormente, primero medial bajo el tracto óptico y superomedial al uncus del lóbulo temporal, después gira lateralmente continuando su trayecto a través de la cisterna supraselar y angulándose alrededor del pedúnculo cerebral hacia el cuerpo geniculado lateral, se dirige hacia arriba a medida que pasa por la fisura coroidea para penetrar al asta temporal del ventrículo lateral. Con una longitud 24mm y dando lugar a 8 ramas perforantes, que vascularizan gran parte de las estructuras que son vitales y vulnerables a lesiones isquémicas con su oclusión.

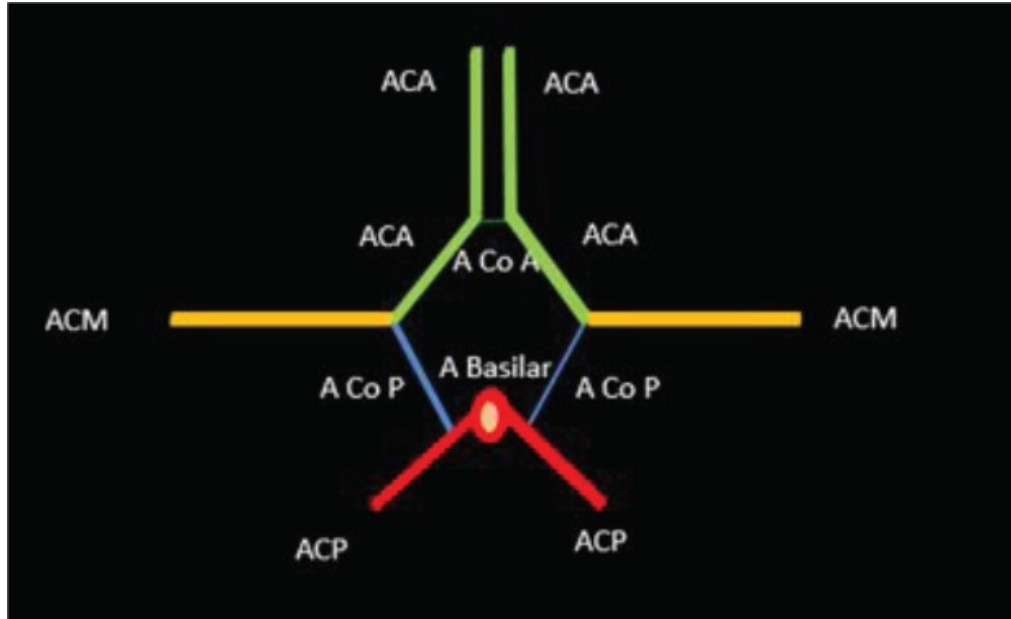
Punto de plexo angiográfico: En las proyecciones laterales, es el segmento cisternal finalizando en una angulación lateral [6].

- **Intraventricular:** Distal. En el interior del ventrículo, discurre con el plexo coroideo uniéndose con ramas de la arteria coroidea posterolateral. Se angula posteriormente hacia arriba y alrededor del núcleo pulvinar del tálamo y puede

llegar hasta el agujero de Monroe y anastomosarse con ramas de la arteria coroidea posteromedial de la circulación posterior. Ramas de este segmento irrigan el tracto óptico, cuerpo geniculado lateral y tálamo. Angiográficamente, puede aparecer como un denso teñido homogéneo que persiste tanto en la fase capilar como en la venosa precoz, correspondiente al plexo coroideo del ventrículo lateral [1,7,8].

Esta arteria envía ramas en orden de frecuencia decreciente al tracto óptico, pedúnculo cerebral, cuerpo geniculado lateral, uncus y lóbulo temporal, radiación óptica, globo pálido, mesencéfalo, tálamo, brazo posterior de la cápsula interna; pudiendo causar su oclusión: hemiplejia contralateral, hemianestesia, hemianopsia, pérdida de memoria y somnolencia. En TC se observa hipodensidad del brazo posterior de la cápsula interna, porción retrolenticular de la cápsula interna, porción interna del globo pálido y tálamo lateral. La severidad del déficit neurológico posterior a la oclusión es muy variable debido a las múltiples anastomosis coroideas posteriores y la ACP, desde asintomático hasta grave (menos común la ACA y ACM) [1,7,8,11].

## 1.2 Polígono de Willis



Proporciona circulación colateral importante entre los sistemas de circulación vascular carotídeo y vertebrobasilar. Forma un anillo de vasos conectados entre sí, que rodean el infundíbulo hipofisario, conectando así las circulaciones anteriores de ambos lados con el sistema posterior. Tiene forma de figura geométrica con 9 lados y fue nombrado así por Thomas Willis (nombrado por su alumno Lower, quien describió la estructura en 1664, ilustrada por Sir Christopher Wren). Verificado completamente presente en 90% de los casos, desarrollado total y simétricamente en el 50%; por lo menos un componente es hipoplásico y disminuido para facilitar flujo colateral en el 60%. Su asimetría puede provocar un relevante flujo asimétrico, convirtiéndose esto en un factor de riesgo importantemente predisponente para la formación de aneurismas y presentación de evento cerebrovascular (ECV) isquémicos. Se encuentra situado sobre la silla turca, en el interior de las cisternas supraselar e interpeduncular, rodeando la superficie ventral del diencefalo y cercano a los nervios y tractos ópticos [3,6,9,15,16].



## Relaciones

- **Superior:** hipotálamo y receso anterior del V3, los tractos ópticos discurren sobre las ACoP. Desde su inicio cada ACA A1 cursa medialmente bajo la sustancia perforada anterior y la circunvolución recta.
- **Inferior:** hipófisis, diafragma selar, base del esfenoides. El NC III cursa oblicuamente delante y debajo de las ACoP. Desde su nacimiento, los dos segmentos A1 pasan medialmente sobre los NO hasta la cisura interhemisférica. ACoA se unen con los dos segmentos A1, bien por encima del quiasma óptico (70%), bien por encima de los NO (30%).
- **Posterior:** la bifurcación basilar se encuentra en la fosa interpeduncular frente al mesencéfalo.
- **Lateral:** La cisura tentorial y el lóbulo temporal.
- **Medial:** bordea el tallo hipofisario y los cuerpos mamilares <sup>[14]</sup>.

Lo componen 10 elementos: ACI (2), ACoA (1), ACA A1 (2), ACoP (2), ACP P1 (2), Arteria Basilar (AB) (1) <sup>[14,16]</sup>.

## Ramas

ACA A1 (lenticuloestriadas mediales), A2 (recurrente de Heubner), ACoP-AB-P1 (tálamoperforantes, tálamogeniculadas).

## Perforantes del Polígono de Willis

- **ACA:** arterias lenticuloestriadas mediales y arteria recurrente de Heubner, quienes vascularizan la cabeza del núcleo caudado, brazo anterior de la cápsula interna y parte de los núcleos basales.
- **ACoA:** irrigan la superficie anterior del quiasma óptico y el hipotálamo anterior. Su territorio vascular puede ser significativo, incluyendo parte del cuerpo caloso, pilares del fórnix, áreas para olfatorias, lámina terminal e hipotálamo.
- **ACoP:** tálamoperforantes anteriores- irrigan una porción del tálamo, brazo infra lenticular de la cápsula interna y tractos ópticos.
- **AB y ACP:** tálamoperforantes posteriores, arterias tálamogeniculadas- mesencéfalo y tálamo <sup>[6,8,14-16]</sup>.

### 1.2.1 Arteria Cerebral Anterior

Es un vaso único, filogenéticamente el de mayor antigüedad de la especie telencefálica (irriga el lóbulo olfatorio más primitivo y otras cosas). Para clasificar la ACA existen varios esquemas. A1 y A2 (segmento proximal): El más sencillo que incluye tres segmentos:

**A1:** De la ACI a la ACoA.

**A2:** De la ACoA hasta la arteria pericallosa y supramarginal.

**A3:** Ramas distales [6,8,17].

#### • Segmento A1 y Complejo de la Comunicante Anterior

Segmento A1 (segmento pre comunicante): Va desde la bifurcación de la ACI con dirección medial y superior a su unión con la ACoA dentro o inferior a la cisura interhemisférica. Discurre superior al quiasma óptico (70%) o nervios ópticos (30%) e inferior a la sustancia perforada anterior. El complejo de la ACoA es versátil, puede tomar uno de los patrones principales.

En angiografía, tiene un trayecto recto ascendente y en paciente de edad avanzada es frecuente que descienda. En proyecciones laterales queda solapado por la ACM, por lo que para su correcta observación son funcionales las proyecciones AP y submentovértex. La proyección transorbitaria oblicua en 30-45° suele ser excelente para visualizar el segmento A1 y su conexión con la ACoA [6,8,14,16].

#### Ramas

- **Perforantes de A1** (se dividen en superiores e inferiores).

- **Superiores:** en número de 2-15, son arterias lenticuloestriadas mediales que se dirigen hacia arriba y hacia atrás en la sustancia perforada anterior, suplen el hipotálamo anterior, septum pellucidum, comisura anterior, fórnix y estriado anterior.

- **Inferiores:** vascularizan el quiasma óptico y nervios ópticos.

- **Perforantes de la ACoA:** Se dividen en ramas subcallosas (hacia atrás y arriba, arriba recorren el margen anterior del hipotálamo y debajo del cuerpo calloso irrigando el hipotálamo, cuerpo calloso, especialmente cuando existe

un sistema calloso marginal dominante, nombrándola arteria callosa mediana-igual que una pericallosa pero sin ramas corticales), hipotalámicas y quiasmáticas según sus territorios vasculares. La rama subcallosa suele ser única y la rama más grande de la ACoA, suple el septum pellucidum, fórnix, cuerpo calloso y lámina terminalis. Las hipotalámicas son mayor número y más pequeñas. Una rama quiasmática se presenta solo en el 20%.

- **Recurrente de Heubner:** rama de A2 proximal con mayor frecuencia (34-50%), puede originarse del segmento A1 en 17- 41%% de los casos y de la unión ACA - ACoA en el 5-20%<sup>1</sup> y 35%<sup>2</sup> de los casos. Llamada recurrente por su retroceso lateral a lo largo del segmento A1 hacia la ACI terminal, siendo una de las arterias perforantes mediales más grandes que nacen de A1 y M1 para conducirse a los núcleos basales. Con frecuencia y mayor facilidad es vista con una inyección por el eje contralateral. Del desarrollo de la colateralidad del área, dependerá y variará su tamaño [2,3,8,15].

Territorios vasculares de las ramas perforantes de la ACA (arterias lenticuloestriadas mediales, perforantes callosas, recurrente de Heubner): cabeza del N. caudado, región anteromedial del putamen y el pálido, región inferomedial del brazo anterior de la cápsula interna, rostrum del cuerpo calloso y parte de la comisura anterior [9].

### 1.2.2 Arteria Comunicante Anterior

Con un diámetro de 1.7mm y una longitud promedio 4mm. En el 60% de los casos se observa una ACoA única. Al tener un patrón ligeramente oblicuo sin ser estrictamente AP, es frecuente que no pueda visualizarse en proyecciones AP y laterales, siendo útiles las proyecciones oblicua, Waters o submentovértex y en algunos casos tener la necesidad de realizar pruebas de compresión en la carótida contralateral para demostrar su presencia [1,5,6,14,17].

- **Segmento A2**

También llamado poscomunicante. Discurre verticalmente desde la ACoA hasta su división en arterias pericallosa y calloso marginal cercanas a la rodilla del

cuerpo calloso. Dicho de esta forma, A2 es el análogo del segmento M1 de la ACM. Con una longitud de 43mm cuando se define desde la ACoA hasta el origen de la arteria calloso marginal. Generalmente, los segmentos A2 derecho e izquierdo discurren juntos en la cisura interhemisférica, aunque el segmento A2 derecho es más anterior al contralateral en el plano sagital (72%) [1,8,16].

Angiográficamente, en proyección lateral, A2 puede visualizarse en su curso anterior a la lámina terminal y en su trayecto ascendente hacia la rodilla del cuerpo calloso, aunque el mismo es muy variable, suele seguir una curva convexa y suave, adoptar un curso cóncavo hacia abajo o con una aguda angulación y en ocasiones puede tener un extremo anterior romo o cuadrangular. Cuando la ACA termina simplemente en el inicio de la arteria callosomarginal, el segmento A2 toma una forma en hocico de toro [5,6,8,14,17].

### **Ramas**

- **Perforantes:** Encontrándose en los primeros 5mm del segmento A2 y penetran en el giro recto y surco olfatorio.
- **Arteria Recurrente de Heubner:** Gran arteria lenticuloestriada, nace de A2 en la mayoría de los casos 57-78%, se duplica y toma curso en dirección opuesta al segmento A1 para penetrar en la sustancia perforada anterior antero lateral a la bifurcación de la ACI. Suple la cabeza del núcleo caudado, brazo anterior de la cápsula interna y tercio anterior del putamen. Aun así, a menudo no es lo suficientemente grande como para verse mediante angiografía. Su territorio pudiera ser clínicamente silencioso o producir una hemiparesia predominantemente en la cara y extremidad superior.
- **Arteria Orbito frontal:** Puede aparecer como dos o tres vasos en lugar de un solo ramo y es la primera rama cortical del segmento A2, transcurre cerca de la línea media en dirección anterior al giro recto, bulbo olfatorio y aspecto medial del lóbulo frontal inferior.
- **Arteria Fronto polar:** Surge del segmento distal de A2, debajo del cuerpo calloso, generalmente y puede aparecer como un grupo de vasos. Cursa anterior y superior hacia el polo frontal [1,6,8,14,17].

- **Segmento A3**

Las ramas A3 abarcan todas las ramas ACA distales al origen de la pericallosa y callosomarginal. La ACA distal puede subdividirse en segmentos A4 y A5, el segmento A3 es delimitado como la porción de la ACA que se extiende alrededor de la rodilla del cuerpo caloso, los segmentos A3 y A4 engloban el sector de la ACA que discurre posteriormente sobre el cuerpo caloso; estos se encuentran separados por la sutura coronal. Existen conexiones extensas de las ramas distales de ACA con ramas distales de ACM y ACP. Estas arterias anastomóticas, comprenden las zonas fronteras, que son más sensibles a la isquemia durante una falla hemodinámica, en lo más lejano de los alcances de la circulación intracraneal [1,6,8,14,17].

### **Ramas**

- **Arteria Pericallosa:** tronco principal de la ACA y mientras discurre sobre el cuerpo caloso, emite numerosas pequeñas ramas (arterias callosas cortas) que cursan lateralmente a lo largo del cuerpo caloso y se anastomosan con la arteria esplénica (“rama pericallosa posterior” una rama de la ACP). Rara vez una arteria callosa larga está presente y cursa paralela a la arteria pericallosa.
- **Arteria Callosomarginal:** segunda rama distal más grande de la ACA, viaja superiormente sobre el giro del cíngulo con una dirección posterior dentro del surco del cíngulo. En el 18% de los hemisferios no se encuentra, por el contrario está presente en el 50% de los casos. Ramas parietales y ramas corticales terminales.

Los segmentos distales tienen un territorio vascular: 2/3 anteriores del hemisferio medial, una pequeña banda generalmente (aunque tamaño variable) de corteza bajo la convexidad del cuerpo caloso.

- **Ramas frontales internas:** De acuerdo con la parte que irrigen en el giro frontal, se identifican, pudiendo surgir de la pericallosa o la caloso marginal.
  - Arterias frontales internas anteriores.
  - Arterias frontales internas medias.
  - Arterias frontales internas posteriores.

- **Arteria paracentral:** Nace de la arteria pericallosa o callosomarginal entre la rodilla y el esplenio del cuerpo calloso e irriga el lóbulo paracentral.
- **Arterias parietales:** Ramas finales y más distales de la ACA. Vascularizan el aspecto medial del hemisferio sobre el cuerpo calloso y gran parte del precuneo, se anastomosan con la parietooccipital, rama de la ACP y se dividen en Arteria parietal superior e inferior <sup>[1,6,8,14,17]</sup>.

### 1.2.3 Arteria Cerebral Media (ACM)

Embriológicamente, el desarrollo normal de la ACM se encuentra particularmente relacionada con el desarrollo de la cisura silviana (lateral) y la ínsula. Entre la 8va y 12va semana de gestación, una depresión de morfología triangular cuya invaginación posterior dará lugar a la ínsula de Reil, que ese encuentra en la parte lateral de ambos hemisferios cerebrales en desarrollo. Mientras avanza la invaginación, los lóbulos frontal y parietal comienzan a cubrir la ínsula en su porción más superior mientras que el lóbulo temporal lo hace inferiormente. Finalmente, la aposición de los opérculos frontoparietales superiormente y de los temporales inferiormente termina rodeando por completo la ínsula, dando lugar a la cisura cerebral lateral. La cisura silviana ya desarrollada muestra dos componentes: superficial y profundo. Mientras que la porción superficial es visible desde la superficie cerebral, la profunda, pudiera llamarse cisterna silviana, queda bajo la superficie por los opérculos que la rodean. Previo a la conformación de la ínsula y de la cisura de Silvio, las ramas corticales de la ACM se ramifican por encima de las superficies laterales de los hemisferios cerebrales. En esta etapa del desarrollo esas ramas parecen proyectarse casi verticalmente desde su nacimiento en la bifurcación terminal de la ACI. Estas ramas de la ACM, se van adaptando a medida que se van forman los lóbulos frontal, parietal y temporal, la cisura lateral empieza a desarrollarse y más tarde formará la ínsula. La progresiva invaginación del córtex insular y de las ramas de la ACM produce que estos vasos inicialmente formen una curva en la cisura de Silvio y corren sobre la ínsula para desde allí alinearse lateralmente en los bordes de la posición de los opérculos frontal, parietal y temporal y ramificarse por encima de la superficie lateral de los hemisferios

cerebrales. Puede decirse que al nacimiento, la ACM ya se contempla con una configuración adulta [2,3,5,14,17].

Es la mayor de las ramas terminales de la ACI y vasculariza la mayoría de la superficie lateral de los hemisferios cerebrales. En su origen mide el doble que la ACA y filogenéticamente es el vaso cerebral más joven de todos, reflejando el avance relativamente reciente de la neocorteza en “especies superiores”; a medida que surge y crece la neocorteza de 6 capas, se incorpora en el sistema lenticuloestriado para suplirlo, por tanto la ACM es un vaso lenticuloestriado hipertrofiado que captura el territorio cortical del cerebro; por lo tanto es una rama de la ACA como una rama del sistema lenticuloestriado, no al contrario. Casi todos los esquemas de clasificación dividen a la ACM en cuatro segmentos [8,14,17].

### **Territorio vascular del segmento proximal**

- **Ramas Perforantes:** mayor parte del núcleo caudado, cápsula interna, mayor parte de los ganglios basales. *Ramas corticales:* polo anterior del lóbulo temporal.
- **M1- horizontal:** desde ACI a la bifurcación o trifurcación hasta la cisura de Silvio. (prebifurcación- tronco único/ posbifurcación)
- **M2- insular:** de la bifurcación de ACM al surco circular de la ínsula. (bifurcación 50%, trifurcación o tronco común 25%).
- **M3- opercular:** desde el surco circular al aspecto superficial de la cisura Silviana.
- **M4- corticales:** ramas corticales [6,8,14,17].

- **Segmento M1 (Horizontal o Esfenoidal)**

Llamado también horizontal o segmento esfenoidal. Surge de la ACI y discurre lateralmente y paralela al ala esfenoidal y finalmente se divide en los segmentos M2. El origen de M1 suele ser el doble del tamaño del origen de A1. Termina cuando realiza un giro de 90° dentro de la Cisura de Silvio. La ACM se bifurca en el 71%, se trifurca en 12-20% y se divide en cuatro ramas en 9% de los casos. El segmento M1 mide aproximadamente 16mm de longitud y se divide a los 10-12mm desde su origen. La mejor proyección para el estudio de este segmento es la proyección AP o vértice submentoniana; la misma sigue un trayecto recto

relativamente y horizontal desde su inicio en la ACI hasta la entrada en la cisura lateral, no obstante, en neonatos y pacientes muy jóvenes, puede tener una ubicación bastante alta, mientras que en pacientes mayores, se puede proyectar una pronunciada curva sinusoidal u oblicua inferior [6,8,18].

## **Ramas**

- **Ramas Perforantes:** arterias lenticuloestriadas medial (ACM proximal-cerca a la bifurcación de la ACI) y lateral (mitad distal de la ACM M1). Arterias lenticuloestriadas mediales: llegan a la sustancia perforada anterior y se dirigen superiormente cruzando el núcleo lenticular, n. caudado y la cápsula interna. Casi en el 50% de las disecciones anatómicas, una o más de las grandes arterias perforantes nace de la ACM después de la bifurcación.

- **Arterias Lenticuloestriadas Laterales:** el 80% nacen del segmento M1 de la ACM, con un aproximado de 10 ramas, la mayoría surgiendo del aspecto superior. Penetran en la sustancia perforada anterior y vascularizan la comisura anterior, mitad superior de la cápsula interna y corona radiada adyacente, núcleo caudado (cuerpo y cabeza- excepto la porción antero inferior), putamen, globo pálido lateral, región lateral de la sustancia innominada, parte de las radiaciones ópticas y de los fascículos arqueados.

- **Arteria Temporal Anterior:** Surgiendo del punto medial del segmento M1, rara vez surge de la división inferior (segmento M2) o como parte de una trifurcación M1. Cursa anteroinferiormente sobre el polo temporal, generalmente sin penetrar la cisura silviana, irrigando el lóbulo temporal anterior. Es una rama cortical [6,8,14,17,18].

- **Segmento M2 (Insular)**

Se despliega desde la división principal del segmento M1 sobre la ínsula, dentro de la fisura Silviana y finaliza en el surco circular de la ínsula. Las divisiones de la ACM son iguales en diámetro y tamaño en el 18% de los hemisferios, la distribución superior es más grande (dominante) en el 28% y la inferior en 32% de los hemisferios. El área cortical suplida por la sección superior, va desde el área orbito frontal hasta la zona parietal posterior y la sección inferior, desde el



polo temporal al área angular. Encontramos de 6 a 8 arterias en el punto de transición a los segmentos M3 [1,6,8,16,18].

Las arterias lenticuloestriadas se estudian bien en proyección AP como levemente oblicua, durante un corto trayecto mientras traspasan la sustancia perforada anterior; estas se dirigen supero medialmente para después tomar un sentido superolateral a través de los ganglios basales y la cápsula externa y tomar lateralmente una curva convexa. Ya que la ACM tiene una morfología curva superiormente en el umbral se forma la rodilla o genu, surgiendo los segmentos M2 que muestran medialmente una configuración convexa al dirigirse hacia arriba y por encima de la ínsula. Las ramas M2 se dirigen entonces inferolateralmente al alcanzar el ápex del surco circular (la cisterna cerebroespinal que bordea a la ínsula) donde aparecen los segmentos M3. En proyección lateral es difícil observar el segmento M1 sin embargo, pueden visualizarse ramas insulares (M2) mientras se dirigen posterosuperiormente a través de la ínsula para llegar a la parte más alta de la cisura de Silvio [6,10,13,17,18].

**Punto Angiográfico Silviano:** Punto medial y de más altura, donde la última rama cortical de la ACM (normalmente la arteria angular) modifica su rumbo para dirigirse inferolateralmente y dejar la cisura de Silvio. Encontrándose próximo al ápex de la ínsula y significa la ubicación del límite posterior del surco cerebral lateral. En proyecciones AP, estos puntos silvianos de cada ACM deben tener una disposición similar [6,9-11,13,15].

**Triángulo Angiográfico Silviano:** en una angiografía lateral esta demarcado por la línea insular superior (una línea tangente a ambos techos insulares), el tronco principal de la ACM (límite posteroinferior del triángulo) y la rama más anterior del complejo frontal ascendente (límite anterior del triángulo). Si existe algún desplazamiento o asimetría en el punto o triángulo debe orientarse a la presencia de masas intracraneales [6,9-11,13,15].

La visualización de una prominente mancha o teñido vascular visible en los ganglios de la base y la corteza durante la fase arterial tardía en las angiografías carotídeas es normal y no debe interpretarse como neoplasia [11].

- **Segmento M3 (Opercular)**

Este segmento inicia en el surco circular de la ínsula y finaliza en la superficie de la cisura Silviana, discurriendo sobre la superficie del opérculo frontal y temporal para llegar a la superficie externa de la cisura Silviana. Las ramas M3 y M2 dan lugar a las arterias madre, las cuales emiten ramas corticales. Generalmente hay 8 arterias madre por hemisferio, cada una de forma clásica, da lugar a 1-5 ramas corticales [6,8,18].

En angiografía, en proyecciones AP los segmentos M3 se solapan unos con otros pudiendo ser identificados en grupo por su trayecto lateral en dirección a la superficie de los hemisferios desde la ínsula a través de la cisura de Silvio. Casi siempre en proyección lateral, muestran una doble curva particular, la primera tiene lugar donde los vasos de M2 que corren sobre de la superficie insular, cambian su dirección 180° para orientarse inferiormente por debajo de los opérculos frontoparietales, esta primera curva conforma el límite superior del triángulo angiográfico silviano, la segunda se muestra al angularse de nuevo las ramas de la ACM para dejar la cisura de Silvio y transformarse en ramas M4 (corticales) [6,8,16-18].

- **Segmento M4 (Corticales)**

También llamadas ramas corticales, inician en la superficie de la cisura Silviana y se extienden en la superficie del hemisferio cerebral. Las ramas corticales más pequeñas nacen de la cisura Silviana anterior orientándose hacia arriba y los más grandes surgen de la fisura Silviana posterior dirigiéndose hacia abajo. Las ramas corticales se pueden reunir de acuerdo con la región de la corteza que vascularizan. El área puede tener una sola arteria o varias arterias que la suplen. Habiendo 12 subdivisiones que comúnmente se usan, aunque se discute cada rama como una sola arteria, cualquier arteria cortical puede existir como varias ramas (hasta 5) de una sola arteria madre. Estas ramas pueden clasificarse en grupos anterior, medio y posterior. Existe una diferencia considerable en el número y territorio vascular de las ramas corticales individuales, generalmente

una o menos, con mayor frecuencia las dos, vascularizan una de las 12 áreas corticales mayores [6,8,18].

## **Ramas**

Las ramas de la ACM se subdividen en ramas anteriores, intermedias y posteriores:

### **Ramas Anteriores**

- **Arteria Orbito frontal (Fronto basal Lateral):** del segmento M1 o M2, puede compartir el origen con la arteria prefrontal; cursa dentro del ramo horizontal anterior de la cisura Silviana para suplir la superficie orbitaria (inferior) del lóbulo frontal.
- **Arteria Prefrontal:** Puede compartir un origen común con la arteria orbito frontal, irriga el opérculo que es parte del giro frontal inferior y la mayor parte del lóbulo frontal medio. Se bifurca con una morfología en candelabro alrededor del opérculo frontal antes de dirigirse a la convexidad del lóbulo frontal. A menudo los territorios prefrontal y orbito frontal se superponen [1,6,8,13,18].

### **Ramas Intermedias (centrales)**

- **Arteria Precentral del Surco (Precentral, Prerolándica):** constituida por una o dos ramas que se ubican en la convexidad y que corren posterosuperiormente entre los surcos pre y poscentral hacia el margen superior del hemisferio. (En el surco precentral, vasculariza parte del giro frontal inferior y la parte inferior del giro precentral).
- **Arteria Central del Surco o Arteria de Rolando (Central, Rolándica):** viaja en el surco central, puede tener un origen en común con la arteria parietal anterior, la cual es la rama más larga de la ACM del lóbulo frontal, irriga la parte superior del giro precentral y la mitad inferior del giro poscentral.
- **Arteria Parietal Anterior (Poscentral del Surco):** puede nacer con la arteria central o la arteria parietal posterior, viaja en el surco poscentral, irriga la parte superior del giro poscentral, la parte superior del surco central, la parte anterior del lóbulo parietal inferior y la parte anteroinferior del lóbulo parietal superior.

(Se ubica inicialmente en el surco poscentral y posteriormente lo hace en el surco intraparietal) [1,6,8,13,18].

**Ramas Posteriores:** nutren gran parte del lóbulo frontal, así como parte de los lóbulos temporal y occipital.

- **Arteria Parietal Posterior:** Rama ascendente más posterior de la ACM, puede compartir un tronco común con la arteria parietal anterior o la arteria angular, irrigando la parte posterior de los lóbulos parietales superiores e inferiores incluyendo la el giro supramarginal. (Cruza la convexidad en la región posterior del surco lateral, dirigiéndose posterosuperiormente demarcando anteriormente las circunvoluciones supramarginales; la arteria angular es la mayor de las ramas terminales de la ACM, esta abandona el surco lateral en su porción más posterosuperior y cruza la circunvolución de Heschl-temporal transversa).
- **Arteria Angular:** Rama terminal más grande de la ACM, surge del extremo posterior de la cisura silviana para cursar sobre el giro temporal superior y termina sobre la mitad superior del lóbulo occipital, irrigando la parte posterior del giro temporal superior y partes del giro supramarginal y angular, así como parte superior del lóbulo occipital lateral.
- **Arteria Temporo-Occipital:** Puede compartir un origen con la arteria angular, irriga la mitad posterior del giro temporal superior, parte posterior de los giros medio e inferior y la parte inferior del lóbulo occipital lateral. (con ubicación posterior en el surco temporal superior y nutre la circunvolución correspondiente, desde ahí se ramifica en la región occipital para suplir también la superficie lateral del lóbulo occipital).
- **Arteria Temporal Posterior:** Sale de la cisura Silviana posterior y cruza el giro temporal superior y medio, irriga las partes posterior y media del giro temporal superior, tercio posterior del giro temporal medio y la extensión posterior del giro temporal inferior. (Antes de situarse en el surco temporal superior la arteria temporal posterior adquiere una morfología en horquilla al atravesar la circunvolución temporal superior, esta rama cruza la circunvolución temporal

media para alcanzar el surco temporal inferior y nutrir la porción posterior del lóbulo temporal).

- **Arteria Temporal Medial (intermedia):** Emerge a la mitad de la cisura Silviana, suple la parte medial de los giros temporales. (Atraviesa la circunvolución temporal superior hacia el surco correspondiente y cruza entonces la circunvolución temporal media para finalizar en el surco temporal inferior).
- **Arteria Temporal Anterior:** Por debajo y detrás, encima del giro temporal y termina en el surco temporal medial, irrigando las partes anteriores del giro temporal superior, medio e inferior. (generalmente ramas del segmento M1, cruza el lóbulo temporal para nutrir las porciones anterolaterales de las circunvoluciones temporales superior, media e inferior).
- **Arteria Temporo polar:** Irriga el polo anterior del lóbulo temporal. (Vascularizando el polo temporal y puede surgir como un vaso solitario o como rama de la arteria temporal anterior) [4,6,8,9,16-18].

Las ramas corticales se pueden reunir según el lóbulo que suministran:

**Lóbulo Frontal:** Orbito frontal, prefrontal, precentral, central.

**Lóbulo Parietal:** Arterias parietal anterior y posterior, angular.

**Lóbulo temporal:** Temporo polar, temporal anterior, media y posterior, temporo-occipital [8].

Así mismo estas ramas corticales pueden ser agrupadas de acuerdo al segmento M2 del que surgen:

- **División Superior:** arterias orbito frontal, prefrontal, precentral y central.
- **División Inferior:** Temporo polar, temporo-occipital, angular y temporales anterior, media y posterior.
- **División Dominante:** Estas ramas pueden emerger de cualquiera de las divisiones y generalmente vienen fuera de la mayoría de las segmentaciones: Arterias parietales anterior y posterior [6,8,9,17,18].

Las colaterales leptomeníngicas: son una red de canales anastomóticos de 1mm que conectan ramas corticales distales. Son muy variables en tamaño y

distribución. Su importancia en Accidente Cerebrovascular (ACV) y vasoespasma <sup>[13]</sup>.

Las ramas corticales de la ACM terminan en la zona denominada “crítica” donde instauran conexiones piales pequeñas con sus ramas correspondientes de las arterias cerebrales anterior y posterior.

Los segmentos M4 se superponen sin poderse distinguir unos de otros, generalmente en proyección AP. En la proyección lateral, las ramas M4 se solapan frecuentemente con la ACA, por lo que puede ser útil utilizar una plantilla para denominar las ramas individuales y dibujar sus territorios vasculares. Cuando no se rellena la ACA del mismo lado, es más sencillo localizar los segmentos M4 <sup>[6,9,10,11,13,15,16,]</sup>.

#### **1.2.4 Arteria Cerebral Posterior (ACP)**

Las dos arterias cerebrales posteriores son las ramas terminales de la AB, más que ningún otro vaso craneal, son ellas las encargadas de irrigar las áreas de las funciones elocuentes de la visión y la mirada. Además de vascularizar la corteza visual, las ACP también aportan flujo sanguíneo al tejido cerebral para otras funciones visuales, incluyendo movimientos oculares, reflejos pupilares y la transmisión e integración de la información visual y memoria. La ACP irriga la mayor porción del sistema límbico y muchas de las estructuras vitales de la base del cerebro. La mayoría de las clasificaciones para la anatomía de la ACP incluyen 3 o 4 segmentos:

- **Segmento P1:** Desde la bifurcación de la arteria basilar hasta la unión con la ACoP.
- **Segmento P2:** Desde la ACoP hasta la porción posterior del mesencéfalo.
- **Segmento P3:** De la porción posterior del mesencéfalo hasta la cisura calcarina.
- **Segmento P4:** Ramas terminales de la ACP a la porción anterior a la cisura calcarina.

Sus ramas se pueden dividir en *ramas perforantes* (hasta el tallo y tálamo, surgen de los segmentos P1 y P2, se dividen en ramas directas- las cuales pasan dentro del cerebro y vasos circunflejos- los cuales viajan alrededor del tallo cerebral en

diferentes diámetros antes de entrar al cerebro), *ramas ventriculares* (surgen \*P2) y *ramas corticales* (surgen de P2, P3 y P4) [1,4,6,8,15].

Embriológicamente la ACP no se encuentra presente hasta los últimos estadios del desarrollo fetal. Algunos vasos embrionarios de prominentes que irrigan el mesencéfalo, diencéfalo y los plexos coroideos y que surgen de un tronco común en el límite caudal de la ACoP se anastomosan para formar el segmento proximal de la futura ACP. En el estadio fetal de 40mm, la ACP puede ser identificada como una continuación posterior de la ACoP (Porción caudal de la ACI). La ACoP normalmente disminuye de calibre al desarrollarse el sistema vertebrobasilar [2,3,6,8].

Las ACP se originan de la bifurcación terminal y superior de la arteria basilar, ventral al mesencéfalo, en el 90% de los casos normales, la bifurcación basilar se encuentra bien en la cisterna interpeduncular (adyacente al dorso selar), bien en la cisterna supraselar (bajo el piso del tercer ventrículo) [2,3,6,8,15,19].

- **Segmento P1**

Segmento precomunicante, mesencefálico u horizontal. La encontramos superior a los nervios oculomotor y troclear. Longitud 6.6mm, cuando existe una ACP fetal mide 8.6mm. Este segmento representa la porción más proximal de la ACP. Se extiende desde la bifurcación basilar hasta la unión con la ACoP. Al incurvarse póstero-lateralmente alrededor del mesencéfalo, los segmentos P1 dan lugar a cierto número de importantes ramas perforantes que irrigan el tronco del encéfalo y los tálamos [2,3,8,15,19].

### **Ramas**

- **Ramas Perforantes Directas:** (arteria tálamo perforantes posteriores) del segmento P1 pasa directamente al tallo, son llamadas así para distinguirlos de las tálamoperforantes anteriores, que surgen de la ACoP. Estas arterias promedian 2 a 7 en número y surgen de los aspectos posterosuperiores del segmento P1, aunque rara vez pueden surgir del aspecto anterior del vaso. Ingresan a los pedúnculos cerebrales mediales y la sustancia perforada

posterior para suministrar irrigación a partes del tálamo, tallo cerebral y cápsula interna posterior.

- **Arterias Circunflejas:** llamadas arterias pedunculares, mesencefálicas o tálamoperforantes tegmentarias, surgen de los segmentos P1 y P2 y rodean el mesencéfalo paralelo y medial a la ACP. Estas se subdividen en circunflejas pequeñas y largas en un promedio de 0.8 y 1.3 por hemisferio respectivamente.
  - **Arterias Circunflejas Cortas:** Viajan una distancia corta alrededor del tallo antes de ingresar al cerebro y llegar solo hasta los cuerpos geniculados. La mayoría de las arterias circunflejas se originan de P1 y terminan en la parte posterolateral del pedúnculo.
  - **Arterias Circunflejas Largas:** Cerca de 3 arterias circunflejas (arterias cuadrigeminales) pasan alrededor del tallo cerebral, abastecen los cuerpos geniculados y los colículos superiores. Estas arterias surgen de la ACP distal al origen de las arterias circunferenciales cortas en el 80% de los casos de P1 y el resto de los casos surgen de P2. La anastomosis larga circunflejas con las ramas de la arteria cerebelosa superior.
- **Arteria Coroidea Posteromedial:** Este vaso generalmente surge del segmento P2 pero emerge del segmento P1 en el 12% de los casos.
- **Rama Menígea o arteria de Davidoff y Schecter:** Es una rama pequeña del segmento P1 que irriga una franja de la superficie inferior del tentorio, puede agrandarse en procesos patológicos <sup>[1,2,6,8,9,15,19]</sup>.

- **Segmento P2**

Segmento ambiens, es relativamente largo, se extiende a unos 50mm de longitud. Se divide en una mitad anterior (25mm) y una mitad posterior (25mm), para ubicación de abordajes quirúrgicos. Comienza en la unión de la ACoP y viaja alrededor de la cara lateral del mesencéfalo dentro de la cisterna ambiens, paralela e inferior a la vena basal de Rosenthal, otras estructuras adyacentes es el nervio troclear bilateralmente, el borde libre del tentorio y la arteria cerebelosa superior (SUCA). Sus relaciones empiezan con la ACP en la cisterna interpeduncular anterior del mesencéfalo, luego se extiende alrededor y por detrás del mismo, se encuentra por encima del NC III y más lateralmente del NC



IV, cursa medial a la incisura del tentorio y al tracto óptico después se dirige hacia atrás por encima del tentorio, termina por debajo de los lóbulos occipital y temporal posterior) [2,3,8,15,18,19].

## **Ramas**

- **Ramas Perforantes Directas:** Arterias tálamogeniculadas; se originan en la porción media del segmento P2, nace en una dirección superior y lateral para perforar la superficie inferior de los cuerpos geniculados, son 1-3 por hemisferio y suministran la mitad posterior del tálamo lateral, el brazo posterior de la cápsula interna y el tracto óptico.
- **Ramas Perforantes Pedunculares;** pasan directamente dentro del pedúnculo cerebral y suministra múltiples estructuras dentro del tallo cerebral, así como partes del nervio oculomotor. Promedio 2 a 8 por hemisferio.
- **Arterias Circunflejas:** Generalmente surgen del segmento P1. En el 20% de los casos, la arteria circunfleja larga surge del segmento P2.
- **Arteria Coroidea Posteromedial (AChPM):** Única en el 54% de los hemisferios, puede encontrarse duplicada o triplicada. Surge del segmento P2 en la mayoría de los casos, segmento P1 (12%), segmento P3 (4%), arteria parietooccipital (10%) y arteria calcarina (3%) o muy rara vez de la arteria basilar; Tiene dos segmentos:
  - **Segmento Cisternal:** 42mm de longitud, desde su origen la arteria se curva alrededor del tallo medial al tronco principal de la ACP y emite pequeñas ramas tegmentales antes de que gire hacia adelante adyacente a la glándula pineal para ingresar al techo del tercer ventrículo. Las ramas tegmentales irrigan porciones del mesencéfalo, placa tectal, glándula pineal, tálamo y cuerpo geniculado medial.
  - **Segmento Plexal:** Viaja alrededor del velum interpósitum entre el tálamo adyacente a la vena cerebral interna y anastomosa con las ramas terminales de la arteria coroidea posterolateral, las ramas del segmento plexal irrigan el plexo coroideo, tercer ventrículo, así como el tálamo y la estría medular.
- **Arterias Coroideas Posterolateral (AChPL):** A diferencia de las arterias coroideas posteromediales, las arterias coroideas posterolaterales son

múltiples en la mayoría de los casos (84%), aproximadamente hasta 9 (promedio 4), surgen del segmento P2 en el 51% de los casos, arteria parietooccipital (13%), arteria temporal anterior (10%), hipocampo (8%), temporal posterior (9%), coroidea posteromedial (4%), calcarina (2%) o arteria temporal medial (2%). Los tamaños de estas arterias son inversamente proporcionales al tamaño de la arteria coroidea anterior. Viaja lateralmente para entrar a la fisura coroidea, tiene dos segmentos:

- **Segmento Cisternal:** Mide 23mm de longitud y envía ramas al tálamo, cuerpo geniculado, fórnix, pedúnculo cerebral, cuerpo pineal, cuerpo calloso, tegmento y corteza temporal occipital.
- **Segmento Plexal:** Este segmento comienza con el paso de las arterias coroideas posterolaterales a través de la fisura coroidea lateral a la cisterna ambiens a nivel del asta lateral temporal o del atrio. Viajan a lo largo del borde medial del plexo coroideo en el ventrículo lateral, eventualmente mezclándose con ramas de la arteria coroidea medial posterior en el cuerpo del ventrículo y en el agujero de Monroe. Ramas del segmento plexal irrigan el plexo coroideo y penetran la superficie ventricular del tálamo y fórnix.
- **Arterias Hipocampales:** Una arteria del hipocampo surge del segmento P2 en 64% de los casos; cuando está presente, es la primera rama cortical de la ACP. Esta arteria suministra el uncus, la circunvolución del hipocampo, la formación del hipocampo y giro dentado. Algunos autores agregan la arteria del hipocampo con las arterias temporales inferiores.
- **Arterias Temporales Inferiores:** La arteria temporal inferior se diferencia de las arterias temporales, que son ramas de la ACM. Las arterias temporales inferiores son variables y pueden aparecer como una sola rama inicial del segmento P2 llamado arteria temporal común (también conocida como división lateral de la ACP o arteria occipital lateral) que se encuentra en el 16% de los casos.
- **Arteria Temporal Anteroinferior:** Suele ser la segunda rama cortical de la ACP, puede encontrarse duplicada, viaja íferoanterolateral al giro del hipocampo y anastomosa con la arteria temporal anterior, rama de la ACM.

- **Arteria Temporal Media Inferior:** presente en el 38% de los hemisferios, suplen la superficie inferior del lóbulo temporal.
- **Arteria Temporal Posteroinferior:** es una rama prominente de la ACP y generalmente surge desde el aspecto inferior y lateral del segmento P2 y se dirige oblicuamente hacia el polo occipital, suministra el temporal inferior y superficies occipitales. Este vaso surge del segmento P3 en 6% de los casos.
- **Arteria Parieto Occipital:** Se origina como una rama del segmento P2, un poco más a menudo del segmento P3, viaja posterior y lateralmente dentro de la cisura parietooccipital que separa el lóbulo parietal del occipital, para suministrar la región parasagital posterior, cuneo, precuneo y giro occipital lateral. En el 24% de los casos envía ramas a través de la cisura coroidea en el ventrículo lateral.
- **Arteria Calcarina:** surge del segmento P2, menos frecuente en el segmento P3.
- **Arteria Esplenia:** Nace en el segmento P2 (4%). Vascularizan el esplenio del cuerpo calloso y la región posterior del cuerpo calloso, se anastomosan con sus homólogas de la arteria cerebral anterior.
- **Arteria de Davidoff y Schechter (Rama Dural):** Por lo general solo se ve en condiciones patológicas, irriga el ápice de la tienda, paredes de la vena de Galeno (VG) y luego se curva hacia delante a lo largo del borde libre de la falx del cerebro. También puede proporcionar un aporte sanguíneo colateral al vermis superior y colículos inferiores. A menudo es difícil de ver angiográficamente, incluso cuando está agrandado, debido a superposición con otras ramas de la ACP, se encuentra más comúnmente de lado izquierdo [1,3,6,8,9,11,19].

Desde el punto de vista angiográfico los segmentos P1 y P2 en:

**Proyección Lateral:** tiene un curso lateral frente al mesencéfalo, los segmentos P1 no se visualizan fácilmente en esta proyección, por el contrario, los segmentos P2 se visualizan e identifican con claridad al inculcarse posterolateralmente alrededor del mesencéfalo en la cisterna ambiens, los segmentos P2 usualmente presentan una configuración ligeramente convexa

hacia abajo. Las ACP ascienden al aproximarse una a la otra por detrás del mesencéfalo. Este punto marca el origen de los segmentos P3. Las ramas penetrantes y pedunculares de la ACP también se ven mejor en esta proyección. Las arterias tálamo perforantes y tálamogeniculadas siguen inicialmente un curso tortuoso en la cisterna interpeduncular y suelen adoptar una proyección rectilínea al penetrar en el mesencéfalo y el tálamo. Las arterias coroideas también se observan con facilidad en la proyección lateral de las angiografías vertebrales. La AChPM describe una curva posterior alrededor de la glándula pineal que se asemeja al número tres, la misma se dirige hacia adelante para vascularizar el plexo coroideo en el techo del tercer ventrículo. Termina recorriendo el agujero de Monroe para anastomosarse con ramas de las AChPL y vascularizar el plexo coroideo en el cuerpo del ventrículo lateral. Esta AChPL sigue un elegante proyección cóncava hacia adelante alrededor del tálamo. En las proyecciones laterales, las AChPL recorren algunos milímetros superpuestas a la AChPM. Ocasionalmente puede observarse un teñido intenso por el contraste de los plexos coroideos en la fase arterial tardía de las angiografías vertebrales; este hallazgo normal no debe ser confundido con una MAV o una neoplasia. La mayoría de las ramas corticales de la AChP pueden observarse con facilidad en las angiografías vertebrales laterales. Las arterias temporales anteriores se ven frente de la arteria basilar, y se incurvan hacia abajo en la fosa craneal media. La arteria temporal posterior cursa hacia atrás y hacia abajo caudalmente a las arterias calcarina y parietooccipital.

**Proyección AP:** Los segmentos P1 se delimitan con más claridad en la proyección AP Towne o en la submentovértex de las angiografías vertebrales. Es frecuente encontrar una considerable asimetría entre los segmentos P1 de ambos lados. Los dos segmentos P2 primero se incurvan lateralmente alrededor del mesencéfalo y después giran medialmente. Los segmentos P3 se inician en el mesencéfalo dorsal, cuando las ACP se aproximan una a la otra dentro de la cisterna cuadrigémina. De todas las ramas penetrantes de la AChP, solo las AChPL se ven claramente en la proyección AP. Las AChPL cursan primero lateralmente para entrar en la fisura coroidea del asta temporal. En este momento giran hacia arriba y medialmente alrededor del pulvinar talámico. En la

fase arterial tardía las angiografías vertebrales suelen observarse un prominente teñido vascular curvilíneo, que corresponde al plexo coroideo en su disposición dentro del asta temporal posterior, atrio y cuerpo del ventrículo lateral. Ocasionalmente se aprecia un pequeño teñido vascular en la línea media, justo por encima de la bifurcación basilar, en las proyecciones AP. Este hallazgo normal esta causado por las ramas perforantes pedunculares. Algunas ramas corticales pueden observarse mejor en las proyecciones AP. La arteria temporal posterior se ve muy bien definidas en su extensión lateral desde su origen en la cisterna ambiens. Esta arteria se dirige hacia atrás colocándose en la posición más lateral de todas las ramas corticales de la AChP [6,9,11,13,15,16].

- **Segmento P3**

Conocido como segmento cuadrigeminal, se extiende hacia posteromedial de la cisterna cuadrigeminal hasta el límite anterior de la cisura calcarina, mide aproximadamente 20mm de longitud, los segmentos P3 de cada lado se acercan entre sí. El punto donde las dos ACP están más cerca el uno del otro se conoce como colicular o punto cuadrigeminal, esta separación promedia 8.9mm. La ACP a menudo se dividen en sus dos ramas terminales (calcarina y parietooccipital) entre la cisterna calcarina y la fisura calcarina [2,3,8,15,18,19].

### **Ramas**

- **Arteria Parietooccipital (APO):** Está presente en casi toda la totalidad de las disecciones anatómicas. 46% de los hemisferios, En el 95% de los casos surge como una rama única, originándose a la vez que la arteria calcarina o haciéndolo independientemente desde la ACP en la cisterna ambiens. La APO cursa hacia atrás en el surco parietooccipital a lo largo de la superficie medial del lóbulo occipital, después se incurva lateralmente para vascularizar el cerebro adyacente al surco parietooccipital, proporciona además un aporte sanguíneo accesorio a la corteza visual en el 35% de los especímenes anatómicos.

- **Arteria Coroidea Posterolateral:** en el 11% de los casos [1,4,6,8,15].

- **Segmento P4**

Comienza en el límite anterior de la cisura calcarina e incluye una de las dos ramas terminales de la ACP, la arteria calcarina. La otra rama terminal de la ACP, la arteria parietooccipital frecuentemente surge del segmento P2 o P3 [2,3,8,15,18,19].

### **Ramas**

- **Arteria Calcarina:** Es la otra rama arterial medial de la ACP, se origina en la bifurcación distal de la ACP, surge de la arteria parietooccipital en el 10% de los casos. Viaja posterior y medial dentro de la cisura calcarina para llegar al polo occipital. Se duplica en el 10% de los casos y envía ramas al giro lingual y el cuneo inferior, esta irriga la corteza visual, sigue un tortuoso curso hacia atrás en la profundidad del surco calcarino para acabar en la corteza visual.

- **Arteria Esplenia o Pericallosa Posterior:** Surge de la arteria parietooccipital en el 62% de los casos, pero puede nacer de la arteria calcarina (12%), arteria coroidea posteromedial (8%), arteria temporal posterior (6%), P2 o P3 (4% cada uno) o de la arteria coroidea posterolateral (4%). La arteria esplenia es relativamente constante y viaja superior a lo largo del esplenio del cuerpo caloso para anastomosarse con la arteria pericallosa.

Las ramas corticales de la ACP terminan en la llamada zona limítrofe o fronteriza donde poseen pequeñas anastomosis piales con sus homólogas de las arterias cerebrales anterior y media. El área donde coinciden las tres es una de las regiones más vulnerables en los síndromes de hipoperfusión cerebral [1,4,6,8,15].

Desde el punto vista angiográfico, el segmento P3 se extiende solo unos milímetros desde la altura del dorso del mesencéfalo hasta la parte anterior del surco calcarino. El segmento P3 se visualiza e identifica mejor en una proyección AP Towne o en una submentovértex. El segmento P4 representa la porción terminal de la ACP en el surco calcarino. Este segmento y su bifurcación en un tronco medial y otro lateral, se observan bien en una proyección frontal. La arteria parietooccipital (APO) proximal suele ser la más medial de las ramas terminales

de la ACP; más posteriormente, la APO distal se extiende hacia arriba y lateralmente en su curso en la profundidad del surco parietooccipital. En la vista AP, el origen de la arteria calcarina es lateral al de la APO y medial a la arteria temporal posterior. La arteria calcarina distal suele estar cruzada por ramas de la APO en su extensión lateral por el surco parietooccipital.

En una proyección Lateral todas las ramas corticales terminales de la ACP así como la arteria pericallosa posterior (esplenia) suelen ser observadas con facilidad en esta proyección. La APO cursa hacia atrás y hacia arriba y es la más alta de las tres ramas corticales posteriores de la ACP. La arteria calcarina se identifica con facilidad en las proyecciones laterales por su curso relativamente recto entre la APO por encima de la arteria temporal posterior por debajo [6,9-11,15,16].

## **2. Circulación Posterior**

La división caudal de la ACI se anastomosa con las arterias neurales longitudinales dorsales (ANLD). La división caudal regresa y da lugar a las arterias comunicantes posteriores, generalmente. Esta división también vasculariza los segmentos precomunicantes de las ACPs. Las dos arterias neurales longitudinales dorsales se unen en la línea media y conforman la arteria basilar. Cuando la circulación vertebrobasilar definitiva madura, se anexa las ACPs y sus conexiones proximales a la circulación anterior parcialmente involucionadas [2,3,5,8].

Son territorios de irrigación de la circulación posterior:

- Tronco del encéfalo donde existen variaciones significativas en la extensión de la vascularización por arterias perforantes del bulbo, la protuberancia y el tegmento mesencefálico. Los segmentos V4 de las arterias vertebrales (AV) y sus ramas vascularizan la región lateral del bulbo, y las ramas perforantes de la AB vascularizan su región central. La protuberancia recibe el aporte sanguíneo desde las arterias perforantes paramedianas y circunferenciales de la AB. La región superior de la protuberancia también está perfundida por pequeñas ramas de la SUCA. En su patrón más típico, el tegmento está vascularizado principalmente por ramas de la

ACP y las SUCA pero también contribuyen las arterias perforantes medias y laterales que surgen directamente de la AB [2,3,5,6,8].

- Los hemisferios cerebelosos y vermis en el cerebelo se diferencian tres superficies: tentorial o superior (que se relacionan con la tienda del cerebelo), petrosa (que se relaciona por delante con el peñasco del temporal) y la occipital o posterior (que se relaciona con la escama del occipital). En general la SUCA vasculariza la superficie tentorial del cerebelo y el vermis superior. La arteria cerebelosa pósterio inferior (PICA) vasculariza las superficies inferior y posterior del cerebelo y el vermis inferior. La PICA tiene el área de vascularización más pequeña: la superficie petrosa [2,3,5,6,8].

Existen numerosas anastomosis entre las ramas musculares que surgen de la AV extracraneal y las correspondientes ramas de las arterias occipitales y faríngeas ascendentes. Estas anastomosis intersegmentarias pueden proporcionar una fuente importante de flujo colateral en la enfermedad vascular oclusiva. La PICA se anastomosa con la SUCA y la AICA sobre los hemisferios cerebelosos y el vermis. La región central del vermis y de los hemisferios representan un área limítrofe con contribuciones variables desde los tres vasos [12,19,21,22].

Estudios recientes han demostrado que no existe una mezcla significativa de los flujos de las AV en el interior de la AB. En el 80% de los casos, la contribución vascular vertebral es homolateral, resultando en la AB dos flujos paralelos. En el restante 20% existe una rotación espiral de los flujos de las AV, lo que resulta en una mezcla variable entre ambos [12,19,21,22].

## **2.1 Arteria Vertebral (AV)**

Con algunas excepciones menores, toda la vascularización del bulbo, protuberancia, mesencéfalo y cerebelo proviene del sistema vertebrobasilar. Embriológicamente a la 4ta semana de gestación, en el estadio de 4mm (28 días), ya están presentes las divisiones craneal y caudal de la ACI primitiva. Las dos arterias neurales longitudinales, dos arcadas arteriales plexiformes paralelas de localización dorsal, aparecen sobre el día 29 [2,3].



A la 5ta semana de gestación, las arterias vertebrales se desarrollan desde anastomosis plexiformes entre las 7 arterias intersegmentarias cervicales embrionarias. En este estadio, las arterias neurales longitudinales empiezan a unirse a lo largo de las caras del rombencéfalo en desarrollo. También se desarrollan anastomosis transitorias entre estos vasos y las arterias carótidas primitivas. La más cefálica de estas anastomosis, denominadas anastomosis carótidobasilares, es la arteria trigeminal. Las arterias neurales longitudinales reciben inicialmente la irrigación sanguínea desde arriba por las arterias trigeminales y desde abajo por las arterias segmentarias cervicales. Ya en la 6ta semana, las divisiones caudales de las ACI, las futuras arterias comunicantes posteriores, conectan las ACI con los límites craneales de las arterias neurales longitudinales plexiformes. Los séptimos segmentos cervicales (C7) en desarrollo y vascularizan el límite caudal de las arterias neurales longitudinales. Las uniones entre las 6 primeras arterias intersegmentarias y la aorta dorsal suelen regresar completamente. También lo hacen las anastomosis carótidobasilares primitivas. El sistema vertebrobasilar intracraneal se desarrolla después de que el sistema carotídeo interno ya está bien establecido, probablemente a medida que la demanda sanguínea aumenta comienza a agotar la reserva del sistema carotídeo interno. Varios vasos segmentarios que surgen de las aortas dorsales suministran elementos ecto, meso y endodérmicos sostienen el tubo neural en desarrollo, posteriormente las anastomosis longitudinales entre estos vasos dan lugar a la arteria vertebral. Debido a su naturaleza segmentaria, la arteria vertebral es propensa a muchas variaciones. Los sistemas longitudinales (arterias cervicales ascendentes y profundas) mantienen anastomosis extensas con el sistema vertebral como parte de la misma disposición segmentaria [2,3,12,19,22,28].

Cada arteria vertebral puede ser dividida en 4 segmentos: V1 extra óseo, V2 foraminal, V3 extra espinal, V4 intradural, y a su vez estos segmentos dan ramas cervicales (espinal, muscular), ramas meníngeas (arterias meníngeas anterior y posterior), ramas intracraneales (arterias espinales anterior y posterior) y PICA, irrigando bulbo lateral, médula espinal anterior, amígdalas cerebelosas, hemisferios cerebelosos inferiores, vermis. V1 de la arteria subclavia al foramen transverso de

C6, V2 al foramen transverso de C2, V3 de C1 a la dura- agujero magno, V4 segmento intradural- agujero magno a la basilar [12,18,19,21,22].

- **Segmento V1**

Segmento extraóseo que surge de la pared superior (47%), ventral, caudal o dorsal (53%) de la arteria subclavia y cursa en dirección pósterio-superior. Esto pasa posterior a los músculos escalenos anteriores y entra en el agujero vertebral en C6 (90%), C5 (7%) o C7 (3%). Suministra el ganglio estrellado [1,4,8,12,19,21,22].

- **Segmento V2**

Segmento foraminal, cursa en un trayecto vertical dentro del foramen transversal, generalmente de C6 a C1, está rodeado de fibras simpáticas del ganglio estrellado y por un plexo venoso que cubre todo el segmento V2 y drena a través de la vena vertebral hacia las venas yugulares, subclavias e internas más profundamente. La vena vertebral o venas suelen ser grandes y están inmediatamente anterior a las arterias vertebrales [1,4,8,12,19,21,22].

### **Ramas**

- **Ramas Espinales:** o radiculomedulares, nace de la vertebral de C1 a C5 y pueden variar en el número y lugar de origen, irrigando la médula espinal y las vértebras.
- **Ramas Musculares:** múltiples ramas pequeñas que irrigan los músculos cervicales.
- **Arteria de la Extensión Cervical:** Generalmente se originan de las dos arterias vertebrales en la región de C4 a C6 y anastomosa con la arteria espinal anterior para irrigar la médula espinal ventral, también puede surgir del tronco tirocervical.
- **Arteria Meníngea Anterior:** Se origina en el segmento distal de V2, suministra irrigación a la dura alrededor del foramen magno y se extiende hasta el clivus, formando colaterales con la arteria faríngea ascendente a través de la arcada odontoidea y ramas durales de la faríngea ascendente, y con la ACI a través de ramas del TMH.

- **Arteria meníngea posterior:** Surge cerca del agujero magno e irriga la dura medial occipital y la falx del cerebelo.
- **Arteria Cerebelosa Pósterio-Inferior (PICA):** en ocasiones se origina a nivel de C1 [22].

- **Segmento V3**

Segmento extra espinal, comienza cuando la arteria vertebral sale del agujero vertebral de C1 en el lado medial del musculo recto lateral de la cabeza, luego viaja en una dirección horizontal y medial, superior al arco posterior de C1 y corre por debajo de la membrana atlantooccipital posterior antes de girar supero anterior para penetrar la duramadre [1,4,8,12,19,21,22].

### Ramas

- **Arteria Cerebelosa Pósterio-Inferior (PICA):** En alrededor del 5-20% de los casos, tiene un origen extradural generalmente cualquier parte del segmento V3 [22].
- **Arteria suboccipital de Salmón:** Una o hasta tres ramas musculares irrigan los músculos suboccipitales (67% de los casos).

- **Segmento V4**

Segmento intradural de la arteria vertebral, se extiende desde su entrada a través de la duramadre hasta la unión con la arteria vertebral opuesta, la duramadre se engrosa y forma el anillo dural fibroso alrededor de la arteria vertebral, la longitud promedio es 22mm, la unión de V4 derecha e izquierda generalmente se unen a nivel de la unión pontomedular. Las ramas se dividen en ramas mediales (arteria espinal y ramas del agujero ciego) y ramas laterales (PICA). Una red anastomótica usualmente interconecta ramas de V4 [12,21,22].

- **Arteria Cerebelosa Postero-Inferior (PICA):** Es la arteria más grande, compleja y de más variabilidad de las arterias cerebelosas. Se origina aproximadamente 16-17mm proximal a la unión vertebrobasilar, un promedio de 8.6mm superior al foramen magno. Irriga la médula inferior y los aspectos inferiores del cuarto ventrículo, amígdalas cerebelosas, vermis y hemisferio cerebeloso inferolateral. Viaja posterolateralmente alrededor de la médula. Sobre el aspecto dorsal del tallo cerebral viaja hacia abajo por una distancia variable, a veces a nivel de C2, luego forma un bucle (bucle caudal) y gira 180° para viajar superiormente adyacente a la amígdala cerebelosa. El vaso entonces alcanza su extensión superior y forma otro bucle (bucle craneal) y luego viaja hacia abajo y lateralmente para emerger sobre el hemisferio cerebeloso. Pasa rostral a las raíces de los nervios glossofaríngeo, vago y espinal, o bien, lo hace entre ellos <sup>[11]</sup>.
- **Segmento medular anterior:** Se extiende desde el origen hasta la prominencia olivar inferior. En 40% de los casos, no existe este segmento, porque la PICA surge lateralmente, en lugar de anterior a la médula. (curso posterolateralmente en la cisterna bulbar rodeando el límite inferior de la oliva).
- **Segmento medular lateral:** Se extiende desde la prominencia olivar inferior a los orígenes de los NC IX, X, XI, tiene en promedio 1.8 perforantes. (Se continúa hacia atrás en la fisura bulbo cerebelosa, hace un bucle caudal de tamaño variable en la superficie lateral del bulbo).
- **Segmento medular posterior:** Segmento amígdalo medular, pasa donde la PICA pasa posteroinferior a los NC y termina donde el vaso ascendente alcanza el nivel medio de la superficie medial de la amígdala. Pasa inmediatamente posterior al techo de la mitad inferior del cuarto ventrículo, tiene en promedio 3.3 perforantes. (Se forma cuando la PICA alcanza el borde posterior del bulbo y asciende por detrás del velo medular posterior).
- **Segmento supra tonsilar:** Segmento telovelotonsilar, comienza a mitad de la amígdala incluye un asa craneal y termina donde la PICA sale de las fisuras entre vermis, amígdalas y hemisferio cerebeloso para alcanzar la superficie cortical. En una angiografía lateral este segmento describe la amígdala a lo

largo de sus aspectos anterior, superior y posterior. (Representa el segundo bucle, craneal de la PICA en su curso sobre las amígdalas cerebelosas, la PICA gira entonces hacia abajo en la fisura retroamigdalina y termina cerca del punto más alto del bucle craneal dividiéndose en ramas amigdalino hemisféricas (laterales) y vermianas (mediales).

- **Segmentos corticales:** Segmentos hemisféricos, a menudo se bifurca en troncos medial y lateral, donde el vaso emerge hacia la superficie cortical inferior, donde los vasos emergen hacia la superficie cortical inferior, el tronco medial da las ramas vermiana y el tronco lateral produce las ramas hemisféricas. (La PICA da lugar a arterias coroideas y corticales, así como numerosas ramas perforantes de pequeño tamaño que vascularizan la superficie lateral del bulbo. El techo de su bucle craneal, la PICA también envía pequeñas ramas para los plexos coroideos del cuarto ventrículo y para las amígdalas cerebelosas. La PICA termina dividiéndose en las arterias bulbar inferior y cerebelosa hemisférica) <sup>[6,12,15,16,19,21,22,28]</sup>.

### **Ramas de la PICA**

1. **Perforantes Directas:** estas ramas viajan directamente en el tallo y se encuentran en los tres segmentos medulares.
2. **Perforantes Circunflejas:** viajan alrededor del tallo por cierta distancia antes de entrar. Estos vasos surgen principalmente de los segmentos medular lateral y posterior.
3. **Arterias Coroideas:** Ramas del plexo coroides del cuarto ventrículo surgen del segmento posterior y supra tonsilar.
4. **Arterias Corticales:** Ramas vermianas, ramas tonsilares, ramas hemisféricas.
5. **Ramas Menígeas:** La arteria menígea posterior (nace a la altura del agujero magno o ligeramente por debajo del mismo, sigue un curso superomedial relativamente recto y vasculariza la hoz del cerebelo y la duramadre a lo largo de la cara medial del hueso occipital) y la arteria de la falx del cerebro pueden surgir de la PICA <sup>[6,12,15,16,19,21,22,28]</sup>.

- **Perforantes:** Un promedio de 4.2 perforantes surgen directamente de cada arteria vertebral e irrigan el bulbo lateral, pedúnculo cerebeloso inferior y superficie medular del cerebelo.

Desde la AV surgen directamente varias arterias perforantes de pequeño tamaño que vascularizan las olivas bulbares y los pedúnculos cerebelosos inferiores, estas ramas se anastomosan extensamente con las ramas perforantes de la arteria basilar así como de las arterias cerebelosas posteroinferior y anteroinferior.

- **Arteria Espinal Anterior:** Surge de la arteria vertebral 6.5mm proximal a la unión vertebrobasilar y viaja en una dirección inferior para dar lugar a cierto número de pequeñas perforantes para irrigar la superficie anterior del bulbo en concreto en las pirámides y médula espinal. En cerca del 50% de los casos una pequeña arteria comunicante conecta la arteria espinal anterior derecha e izquierda en la superficie anterior del bulbo y como un solo vaso, seguir una dirección caudal en la fisura media anterior de la médula espinal.

- **Ramas del Foramen Ciego:** En cerca de 1/3 de los casos, ramas de la arteria vertebral viaja superiormente para irrigar el foramen ciego en la base del puente.

- **Arteria Espinal Lateral:** Puede surgir del segmento V4 o de la PICA, puede ser difícil visualizar en angiografía, se origina lateral al bulbo y viaja en una dirección caudal, anterior a las raíces del nervio espinal posterior y posterior al ligamento dentado. Irriga el NC XI y la superficie lateral y posterior de la médula a través de ramas de los nervios C1-C4. Es un vaso intradural, homologo con el segmento medular lateral de la PICA y con las arterias espinales posteriores en las regiones torácica y lumbar.

- **Ramas Meníngeas:** La arteria meníngea posterior y la arteria de la falx cerebelosa puede originarse de la PICA <sup>[6,12,15,19,21,22]</sup>.

En Angiografía, la evaluación del segmento proximal de las AV y de su origen puede ser difícil. En algo más de la mitad de los casos, las AV se originan desde su cara ventral, dorsal o caudal de las arterias subclavias en lugar de hacerlo de su borde superior. Como consecuencia, la región proximal de V1 suele estar

superpuesta a la arteria subclavia en las angiografías del arco aórtico. La tortuosidad del segmento V1 también puede producir que la AV y la arteria subclavia se solapen en las proyecciones angiográficas estándar. Para separar las imágenes de estos vasos, pueden ser necesarias múltiples proyecciones o la realización de angiografías selectivas en la arteria subclavia, las lesiones del ostium arterial, así como las estenosis y las tortuosidades de la AV proximal pueden pasar desapercibidas si el origen de la AV no se toma adecuadamente [2,3,5,6].

**Proyección AP:** El segmento V2 sigue típicamente un curso cefálico relativamente recto atravesando los agujeros transversos C3-C6. A lo largo de su curso, da lugar a ramas segmentarias para la musculatura cervical y la médula espinal. El trayecto de la AV a través de C2 y C1 tiene la apariencia de medio cuadrado. Cuando la AV alcanza la apófisis transversa de C2, gira lentamente y forma el primer ángulo o margen inferior del medio cuadrado. Al girar hacia arriba a través del agujero del atlas forma el segundo ángulo y el margen lateral, al girar medialmente 90 grados, quedan formados el tercer ángulo y el margen superior. El segmento V3 se dirige ligeramente hacia arriba para pasar a través del agujero magno [6,10,11,13,15].

**Proyección Lateral:** En las proyecciones laterales de las angiografías cerebrales, el segmento V2 asciende hasta alcanzar C2. Su curva lateral a través de esta vértebra queda solapada por el segmento distal de V2, una leve angulación posterior suele demarcar su curso a través del agujero transverso de C2. Desde C2 la AV gira bruscamente hacia arriba para rodear el agujero transverso de C1. Al rodear el agujero transverso de C1, el segmento V3 se incurva hacia atrás, pasando posterolateralmente y alrededor de la articulación atlanto occipital. La AV sigue entonces hacia atrás en un surco horizontal a lo largo del borde superior del arco posterior de C1. Cerca del límite posterior del arco del atlas, la AV gira bruscamente hacia arriba y hacia delante, formando una imagen en horquilla. La arteria se acerca a la línea media y entra en el cráneo por el agujero magno. La PICA sigue un curso característico que se aprecia generalmente mejor en las proyecciones laterales de las angiografías

vertebrales. Los bucles caudal y cefálico quedan particularmente bien delineados en esta proyección, así como las arterias espinal anterior y meníngea posterior [6,10,13,15].

## **2.2 Arteria Basilar (AB)**

Embriológicamente, a las 5 semanas de gestación, las dos arterias neurales longitudinales primitivas que se encuentran en ambos lados del rombencéfalo en desarrollo se van acercando lentamente hasta que se fusionan en la línea media. La AB definitiva es pues el resultado de la fusión cráneo caudal de las dos arterias longitudinales dorsales. Este hecho ocurre típicamente entre la altura de las arterias trigeminal e hipoglosa. El límite caudal de la arteria basal definitiva es plexiforme un considerable periodo de tiempo, probablemente como consecuencia de la presencia de fenestraciones en esa localización.

6ta semana: Durante las etapas tempranas del desarrollo fetal, la ACI aporta el flujo sanguíneo para las circulaciones anterior y posterior. Las comunicaciones embrionarias que interconectan las dos circulaciones regresan gradualmente al formarse la AB. Pueden persistir como arterias comunicantes posteriores. El sistema vertebrobasilar en desarrollo asume entonces el flujo dominante hacia la fosa posterior.

Del 4to al 5to mes, el cerebelo se desarrolla relativamente tarde en la vida embrionaria comparado con los hemisferios cerebrales. Las arterias cerebelosas superiores serán las primeras en aparecer, seguidas por las arterias cerebelosas antero inferiores, Las arterias cerebelosas posteroinferiores son las últimas en desarrollarse. La gran variabilidad de estos vasos está relacionada con la persistencia relativamente tardía del plexo vascular primordial en la región cerebral posterior [2,3,6,12].

La arteria Basilar se origina en la unión pontomedular, viaja anterior al puente y termina cerca de la unión pontomesencefálica, mide en promedio 32mm de longitud y viaja en la línea media o al menos medial a los márgenes laterales del clivus en el 98% de los casos, el curso es recto en 45% de los casos, curvo en 35% y tortuoso en 20%, diámetro de 4.1mm en adultos, excepto por un ensanchamiento en la



bifurcación basilar que le da un aspecto de cobra en el 16% de los casos. Se forma por fusión del sistema neural longitudinal, se considera es una continuación de la arteria espinal anterior y sus ramas y perforantes nombradas como homólogas de las arterias coronarias y surco-comisurales. En angiografías, la bifurcación de la AB y los segmentos horizontales P1 son mejor identificados en las angiografías vertebrales en proyección submentovértex con mucho Towne, cuando existe un origen fetal de la ACP, esta no consigue visualizarse tras la administración de contraste en el sistema vertebro basilar (VB) para confirmar esta frecuente variación se realiza una inyección de contraste de la ACI homolateral. (El 92% de los casos la bifurcación terminal de la AB está localizada en la cisterna interpeduncular adyacente al dorso selar o bien en la cisterna supraselar por debajo del nivel del suelo del 3er ventrículo) [4,6,8,12,16,19]

## **Relaciones**

Ocupa la hendidura media poco profunda en la protuberancia, es anterior a la protuberancia y posterior al clivus, cursa hacia arriba en la cisterna prepontina, se encuentra entre los NC abducens (VI) a la altura de la protuberancia inferior y entre los NC oculomotores (III) a la altura de la protuberancia superior. Se divide en las dos ACP en la fosa interpeduncular o en la mitad [6,12, 15,19,21,22]

## **Ramas**

### **- Arteria cerebelosa antero inferior (AICA)**

A diferencia de la PICA que puede conceptualizarse como una arteria cervical dentro de la fosa posterior por expansión de las necesidades del cerebelo, la AICA es una verdadera arteria cerebelosa y del tallo cerebral, se desarrolla como una rama del sistema neural longitudinal (basilar) del cual surgen los vasos transversales que tienen el potencial de convertirse en SUCA y AICA al capturar el territorio cortical del cerebelo en desarrollo. El dominio de AICA produce la conocida variante AICA-PICA. Se podría considerar que la arteria basilar es una continuación de la arteria espinal anterior y sus ramas perforantes nombradas como homólogas de las arterias coronarias y surco-comisurales. Las arterias

pontinas transversales que se encuentran entre SUCA y AICA corresponden a un infarto pontino ventral que ocasiona el síndrome de enclaustramiento.

Surge de la arteria basilar, segmento medio a inferior, en un promedio de 9.6mm distal a la unión vertebrobasilar, viaja en una dirección posterior e inferolateral a través de la protuberancia hacia el ángulo pontocerebeloso, termina pasando sobre y enviando ramas a la superficie antero lateral del hemisferio cerebeloso, es la más pequeña de las arterias cerebelosas, tiene relaciones recíprocas y anastomosis extensas con la SUCA y la PICA, el 6to NC cruza la AICA, 6-7mm distal al origen de la arteria y el vaso yace adyacente a los NC VII y VIII en el ángulo pontocerebeloso. Tiene 3 segmentos:

- **Segmento Premeatal:** Se extiende del origen del vaso al 7mo y 8vo NC.
- **Segmento Meatal:** Relacionado con el canal auditivo interno.
- **Segmentos Postmeatales:** La AICA generalmente se divide en troncos caudal y rostral en el ángulo pontocerebeloso, después de cruzar los NC 7mo y 8vo, el tronco rostral viaja lateralmente sobre el flóculo para alcanzar el pedúnculo cerebeloso medio y la parte superior de la superficie antero lateral (petrosa) del hemisferio cerebeloso. El tronco caudal irriga la parte inferior de la superficie antero lateral <sup>[6,12, 15,19,21,22]</sup>.

### Ramas de la AICA

- **Perforantes:** el tallo recibe pequeñas ramas perforantes del segmento premeatal y perforantes recurrentes del segmento meatal.
- **Arteria Auditiva Interna (Arteria Laberíntica):** surge de la AICA en 45% de los casos, puede surgir del segmento meatal o premeatal, viaja con el NC VII,VIII dentro del meato auditivo interno y se distribuye al oído interno. (son unas arterias largas y delgadas que nacen directamente de la AB 16% o de la SUCA 25% o AICA 45%, acompañan a los NC VII, VIII, en el conducto auditivo interno y se distribuyen por el oído medio).

- **Arteria Subarcuata:** surge de la AICA medial al meato auditivo y penetra la duramadre que cubre la fosa subarcuata en la superficie posterior del hueso temporal y suministra la región de los canales semicirculares [1,6,12, 15,19,21,22]

#### - **Perforantes de la Arteria Basilar**

Promedio de 17 perforantes surgen de la basilar, desde su origen a la SUCA. Además en promedio surgen otros 2.5 perforantes horizontales pequeños del tallo cerebral surgen de la superficie posterior de la arteria basilar distal al origen de SUCA. Suministran la sustancia perforada posterior y tallo como los tractos cortico espinales y cortico bulbares, núcleo pontino, lemnisco, fascículo y núcleos motores del mesencéfalo y puente.

- **Perforantes Mediales y Paramediales:** longitud promedio de 5.8mm de longitud, penetran en el puente y el surco basilar. (Surgen en ángulo recto en el margen posterior de la AB, cursan directamente hacia atrás, penetrando en la protuberancia y extendiéndose hacia el suelo del 4to Ventrículo).
- **Perforantes Circunflejas:** promedio de 16mm de longitud, viajan alrededor del tallo antes de penetrar. (Nacen en la superficie posterolateral de la AB y rodean los márgenes anteriores y laterales del tronco del encéfalo, a lo largo de su curso, estos vasos dan lugar a muchas pequeñas ramas perforantes que penetran en la protuberancia en ángulo recto desde sus vasos de origen) [1,6,12,19,21,22]

#### - **Arteria Cerebelosa Superior (SUCA)**

Es la arteria cerebelosa más constante, nace de la arteria basilar inmediatamente anterior a la bifurcación basilar. Se dirige posterolateralmente alrededor del tallo, inferior al 3-4 nervio craneales y superior al 5 nervio craneal, entra en contacto con el 5 nervio craneal en el 50% de los casos, a una distancia promedio de 18.5mm del origen la SUCA se bifurca en un tronco rostral y un tronco caudal. El tronco rostral continua alrededor del tallo y emite perforantes directas y circunferenciales, emite ramas a los colículos inferiores y suministra la superficie superior del vermis y el aspecto para mediano de hemisferio cerebeloso. El tronco

caudal irriga la superficie lateral superior del hemisferio cerebeloso, el pedúnculo cerebeloso superior y parte del pedúnculo cerebeloso medial.

Se divide en cuatro segmentos:

- **Segmento pontomesencefálico anterior:** segmento pontino anterior se extiende del origen de la SUCA al margen antero lateral del tallo.
- **Segmento pontomesencefálico lateral** o segmento ambiens, se extiende del margen antero lateral del tallo al margen anterior del surco cerebelo mesencefálico, este segmento es paralelo a la ACP y la vena basal de Rosenthal, el NC IV cruza la porción media de este segmento.
- **Segmento cerebelo mesencefálico:** segmento cuadrigeminal, viaja dentro de un surco entre el cerebelo, mesencéfalo y pedúnculos cerebelosos superiores.
- **Segmentos corticales:** Incluyen ramas al vermis y superficie cortical del hemisferio cerebeloso superior <sup>[1,6,12,19,21,22]</sup>.

### Ramas de la SUCA

- **Perforantes:** un promedio de dos perforantes surgen del tronco principal de SUCA, 5 del tronco rostral y 2 del tronco caudal, perforantes directas de SUCA son menos comunes que las perforantes circunflejas.
- **Arterias Precerebelosas:** Surgen de las ramas hemisféricas (promedio 4), y ramas vermianas (promedio 2) e irrigan los núcleos cerebelosos profundos, el colículo inferior y el velo medular superior.
- **Arterias Corticales:** ramas hemisféricas, ramas vermianas, arterias marginales. Arteria auditiva interna: es más frecuente rama de la AICA, de la SUCA 25% de los casos <sup>[1,6,12,19,21,22]</sup>.

Desde el punto vista angiográfico la Arteria Basilar en:

**Proyección AP:** Normalmente se encuentra en la línea media o en una posición paramediana, medial a los márgenes laterales del clivus y el dorso selar. Las AICA suelen observarse con facilidad en las proyecciones AP estándar y de Towne de las angiografías vertebrales. Las AICA nacen de las AB proximal y cursan directamente laterales hacia las cisternas de los ángulos pontocerebelosos. Al

alcanzar el conducto auditivo interno, las AICA suelen describir un bucle hacia afuera que se incurva dentro del conducto. Las SUCA proximales se estudian bien en las angiografías vertebrales AP, aunque sus ramas distales son mejor delineadas en las proyecciones laterales. Los segmentos iniciales de las SUCA son casi paralelos al curso de las ACP, de las que están separadas sólo algunos milímetros. Al extenderse alrededor y detrás del tronco del encéfalo, en las proyecciones AP Towne las SUCA aparecen aproximándose la una a la otra en las cisternas cuadrigéminas. Las ramas vermianas superiores de las SUCA cursan hacia atrás sobre el culmen, siguiendo un curso relativamente recto. Las pequeñas ramas perforantes pontinas y las arterias laberínticas (auditivas internas) no suelen ser identificadas, ni siquiera en las angiografía por sustracción digital. [6,9,10-13,16,21].

**Proyección Lateral:** En esta proyección, la AB exhibe típicamente una suave convexidad anterior, encontrándose unos milímetros por detrás del clivus. En las proyecciones laterales las AICA tienen una curva característica, única o doble, correspondiente a su bucle en el poro acústico. Esta doble se angula suele recordar una N o una M. El aspecto angiográfico de las ramas distales de la AICA tiene gran variabilidad. Pueden terminar cerca de la protuberancia o continuar lateralmente para observar la superficie petrosa de los hemisferios cerebelosos. Si la PICA es pequeña o está ausente, la AICA puede dar lugar a una rama accesoria que irriga su territorio habitual. En las proyecciones laterales de angiografías vertebrales, las arterias vermianas superiores se ven a la altura o unos milímetros encima de las ACP distales, ya que el culmen y el declive, los lóbulos más superiores del vermis, se encuentran justo bajo el vértice del tentorio. Las arterias vermianas superiores discurren entonces póstero inferiormente alrededor del vermis para conectarse con las ramas vermianas inferiores (normalmente de las PICA). Las ramas hemisféricas de la SUCA se bifurcan sobre la superficie tentorial del cerebelo. En ocasiones, algunas ramas marginales prominentes de la SUCA cursan en la gran fisura horizontal del cerebelo, proporcionando una demarcación angiográfica de este importante punto de referencia anatómico [6,9,10-13,16,21].

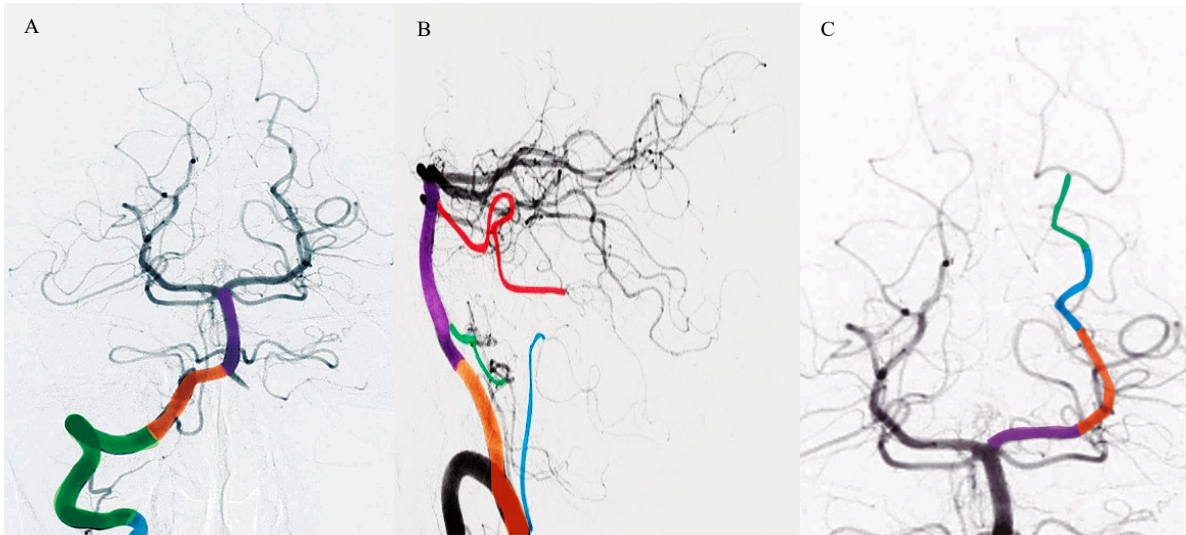
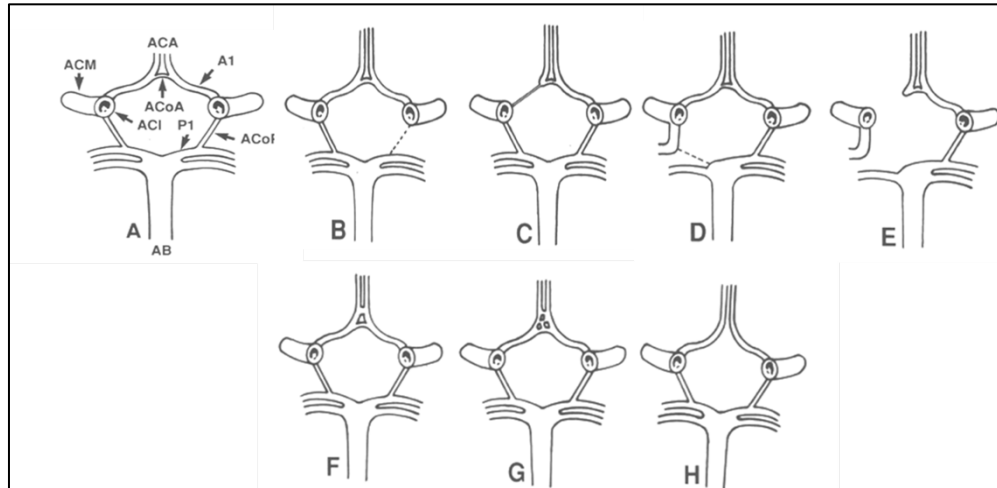


Fig. 3. Imagen de angiografía por sustracción digital (DSA) de las arterias vertebral derecha y basilar en proyecciones anteroposterior (A) y lateral (B) y anteroposterior de la arteria cerebral posterior izquierda en colores. [32]

### Variantes Anatómicas

Las variantes del polígono de Willis (PW) son muy frecuentes se visualiza en un 20-25% de los casos, siendo las más importantes la hipoplasia, ausencia y duplicaciones [17].

Según Osborn, existen variantes en la mayoría de los casos, siendo la región posterior la de mayor frecuencia. Las ACoP son el asiento que con más frecuencia se encuentran estas variantes: ausencia, hipoplasia, ACoP Infundibular, origen fetal de la ACP (con hipoplasia de P1), ACI aislada (ACP fetal, ausencia de A1 homolateral, restricción potencial al flujo colateral [6].



**Fig. 4.** Tomado de Osborn<sup>[6]</sup>. Diagramas anatómicos del polígono de Willis, (A) y sus variaciones más comunes (B-H). **A:** Polígono de Willis completo. Todos los componentes están presentes y ninguno es hipoplásico. Esta configuración se encuentra en menos de la mitad de los casos. **B:** La hipoplasia (derecha) o la ausencia (izquierda) de una o ambas ACoP es la variante más frecuente, presentándose en un 25-33% de los casos. **C:** La hipoplasia o la ausencia del segmento horizontal (A1) de la ACA se encuentra aproximadamente en el 10-20% de los casos. En este ejemplo está ausente el segmento A1 derecho. **D:** Origen fetal de la ACP derecha con hipoplasia del segmento pre comunicante (P1), visto en el 15-25% de los casos. **E:** Si coexiste un origen fetal de la ACP con ausencia del segmento A 1 homolateral queda una AC anatómicamente aislada, con una severa restricción potencial del flujo colateral. En este caso, la ACI derecha termina en una ACM y una ACP fetal. **F:** Se puede encontrar una ACoA multicanalizada (dos o más) en un 10-15% de los casos. En este caso la ACoA está duplicada y ambos canales son completos. **G:** En la ACoA fenestrada, el vaso tiene una apariencia plexiforme. **H:** Ausencia de ACoA. ACA, arteria cerebral anterior; A1, segmento horizontal de la ACA; P1 segmento horizontal (pre comunicante) de la ACP.

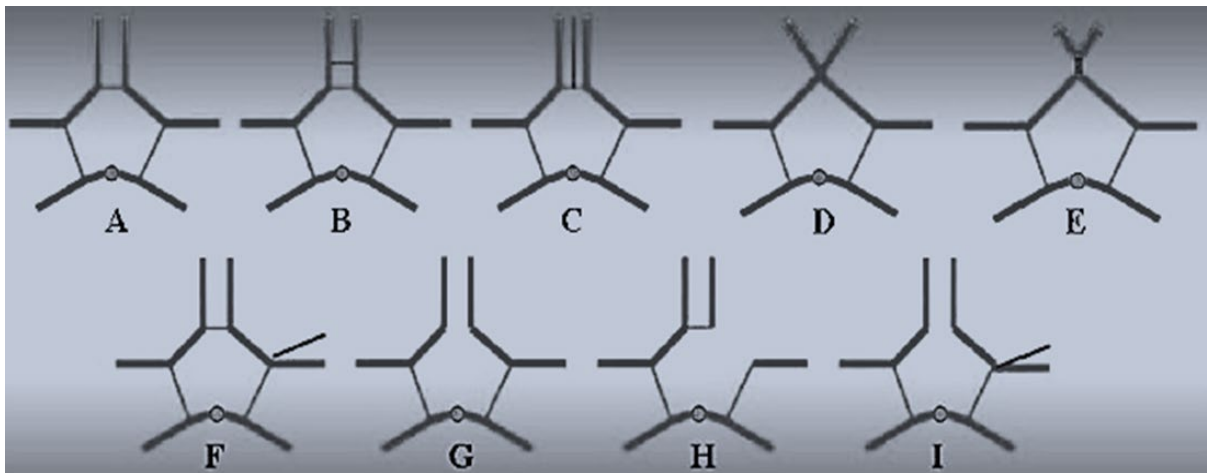
La duplicación consiste en dos arterias distintas con origen separado y sin convergencia distal. La fenestración es la división de la luz arterial en dos canales diferentes, cada una con su propia pared muscular y endotelial, mientras que la adventicia está compartida.

Estas variantes normales suelen ser hallazgos incidentales en estudios angiográficos generalmente en el contexto de la valoración del amplio espectro de patologías como estenosis, dilataciones aneurismáticas, malformaciones arteriovenosas, para valoración de arteritis, etc. [4,6,14,17,20,22-26].

Las variantes encontradas en la ACI, se dan de igual forma en los diferentes segmentos en que ella se divide angiográficamente, según Osborn en 6 segmentos: Segmento Cervical C1, donde la bifurcación (normalmente a nivel vertebral C4) puede estar más alta (por encima de C1) o anormalmente baja (por debajo de D2), además un origen medial de la ACC (en lugar de lateral) entre el 10% y el 15%. En el segmento petroso C2, no se han reportado ninguna variante al igual que en el segmento lacerum

o rasgado C3. En el segmento cavernoso C4, se ha observado un curso para medial (dentro de la silla turca) y además se ha encontrado una tortuosidad exagerada. No se han reportado variantes en el segmento clinoideo C5 y en el último de los segmentos, Comunicante C6, la más frecuente es el origen fetal de la arteria cerebral posterior en la ACI, seguida de la dilatación Infundibular en el origen de la ACoP [20,22-25].

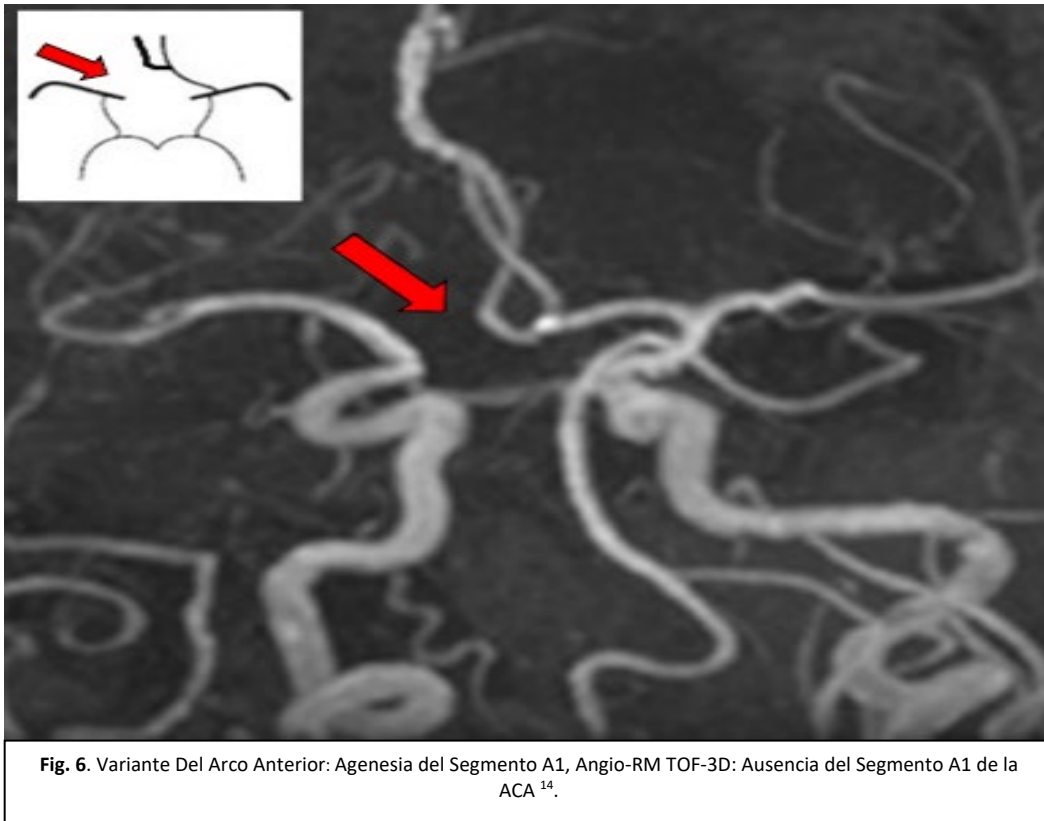
### 3. Variantes de la Circulación Anterior



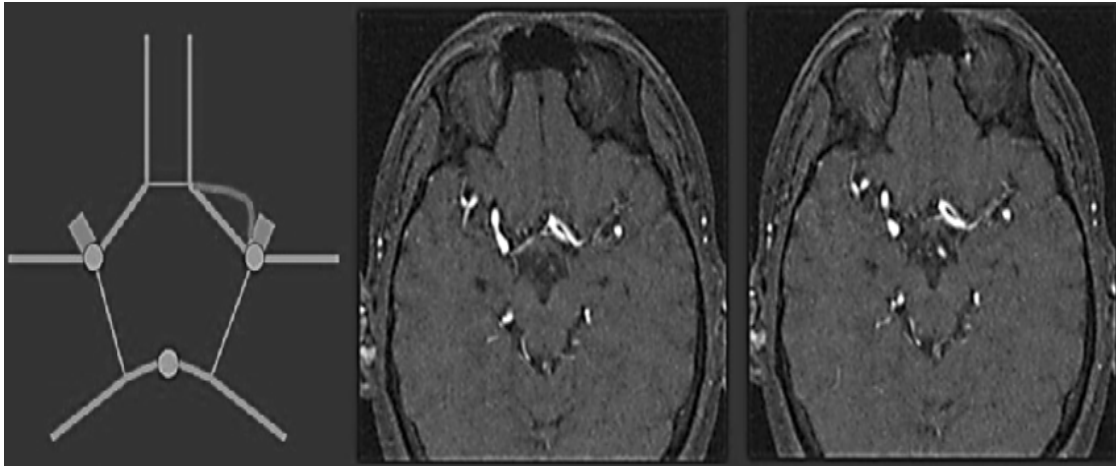
**Fig. 5.** Tomado de Esquema de las variantes del arco posterior. Estudio de las variantes del Polígono de Willis<sup>17</sup>. (A) Normal, única ACoA. ACI se bifurca en ACA, segmento A1 (precomunicante) y la ACM, (B) Dos o Mas ACoAs. (C) Arteria medial del cuerpo caloso [surge de la zona central de la ACoA]. (D) fusión de las ACAs. (E) Fusión de Ambas ACA formando un tronco común que se divide distal en dos segmentos de la A2. (F) la ACM se divide en dos troncos desde ACI. (G) Hipoplasia o ausencia de la ACoA. (H) una segmento de la A1 hipoplásico o ausente, surgiendo del otro segmento A1 ambos A2. (I) Hipoplasia o ausencia de la ACoA. La ACM surge de dos troncos separados. Variantes de la A-F son completas y de la G-I incompletas.

La hipoplasia del segmento A1 encontrándose en el 10% y la agenesia entre el 1-2%, la arteria del otro lado debe suplir la ausencia de este segmento. Por ejemplo, en la enfermedad ateroembólica, puede existir el riesgo infarto si la colateralidad no es suficiente para cubrir el territorio contralateral, y si el segmento A1 es hipoplásico en un sitio, el A2 ipsilateral se rellena del otro lado con ayuda de la ACoA [4,6,8,11,14,17,20,23-26].

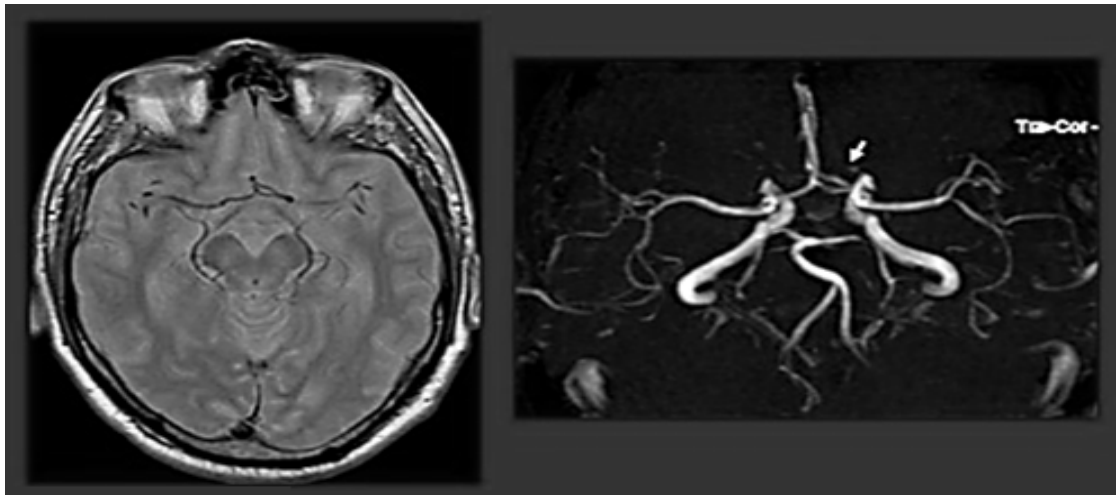




En el caso de la duplicación o fenestración de este segmento, son menos frecuentes, representando la fenestración solo el 0-4% de las autopsias y un 0.058% visualizado mediante técnicas de imagen [4,6,8,11,14,17,20,23-25].

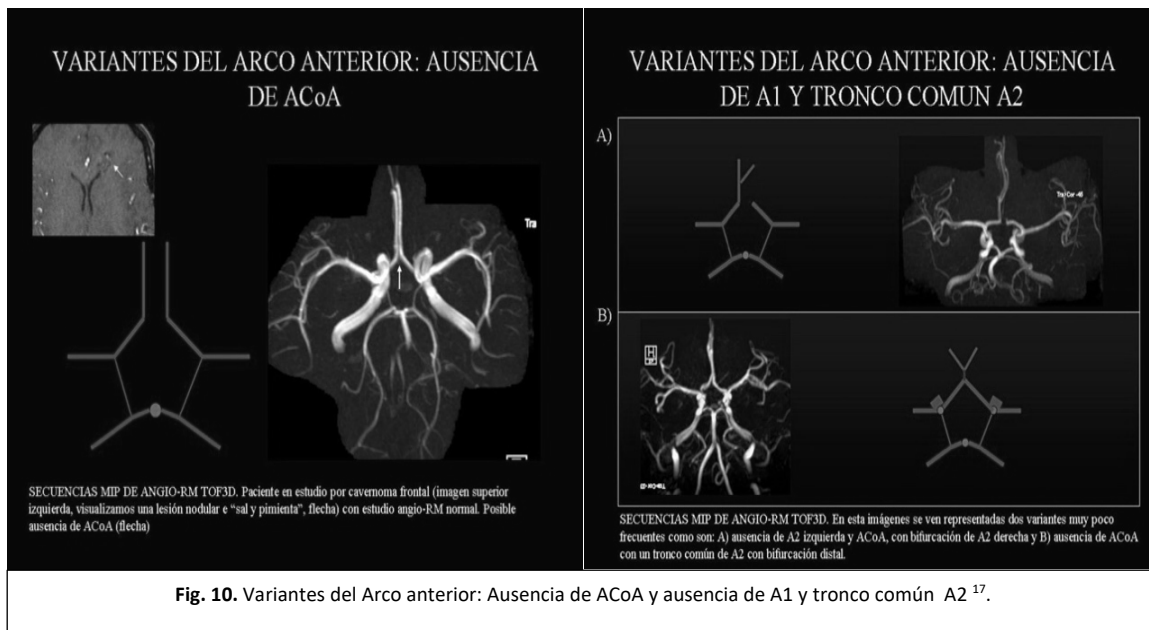


**Fig. 8.** Variante Del Arco Anterior: Duplicación de A1, Angio-RM TOF-3D: duplicación del Segmento A1 Izquierdo que a su vez coexiste con una variante embrionaria con persistencia de la Arteria Trigeminal <sup>14</sup>.

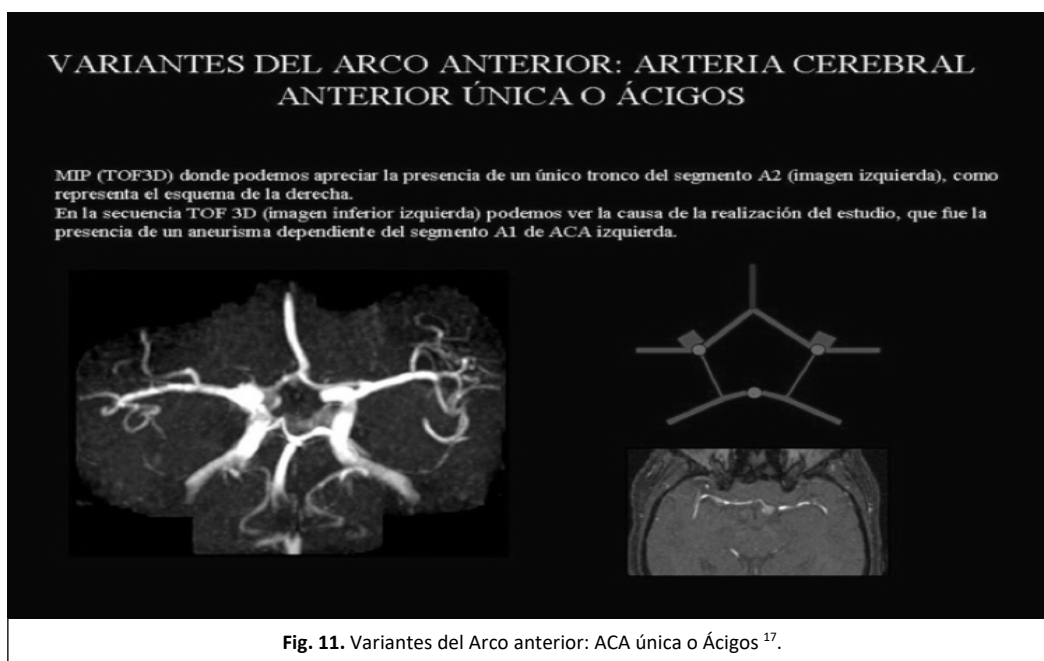


**Fig. 9.** Variante Del Arco Anterior: Fenestración de A1, Secuencias DP y Angio-RM TOF 3D: Fenestración de A1 de ACA Izquierdo <sup>14</sup>.

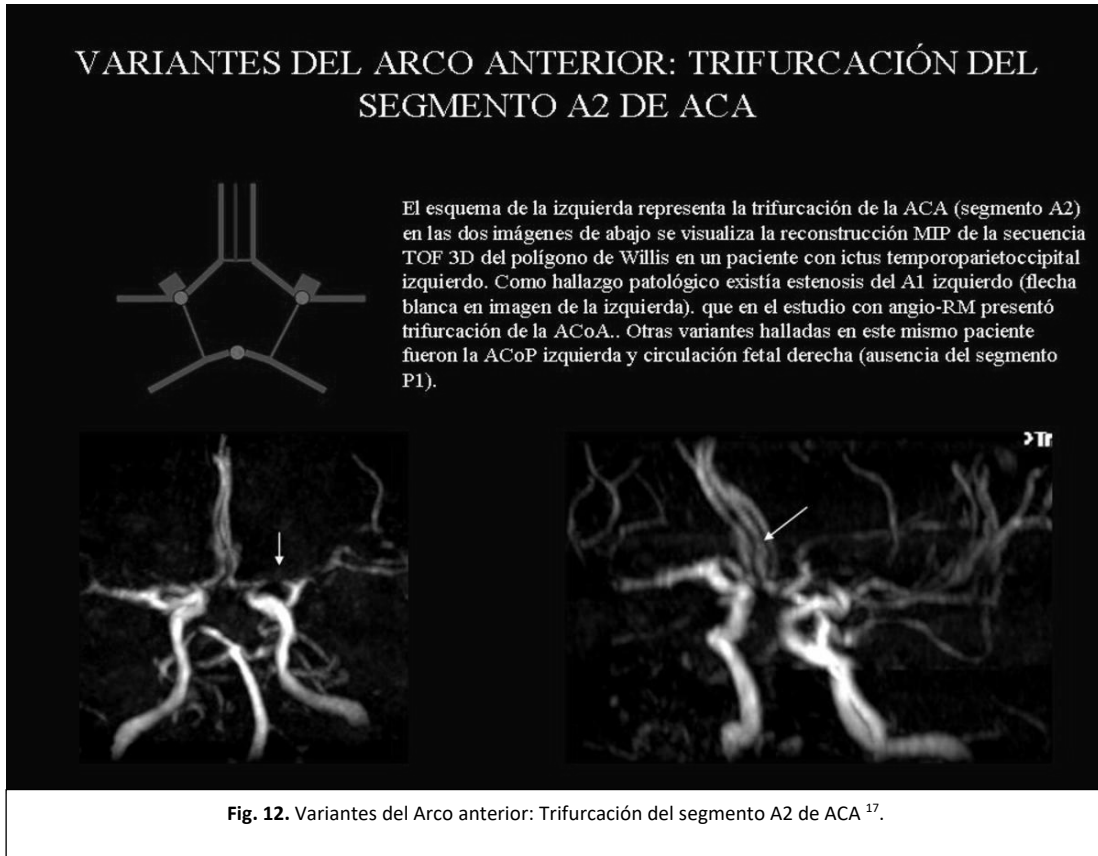
En tanto a la ACoA, podemos encontrar también la combinación duplicación/fenestración o ausencia de la misma (5%), siendo ésta última más difícil de diagnosticar por su pequeño tamaño, que puede no verse en los estudios con angio-RM, pero ello no significa que no exista [4,6,8,11,14,17,20,23-25].



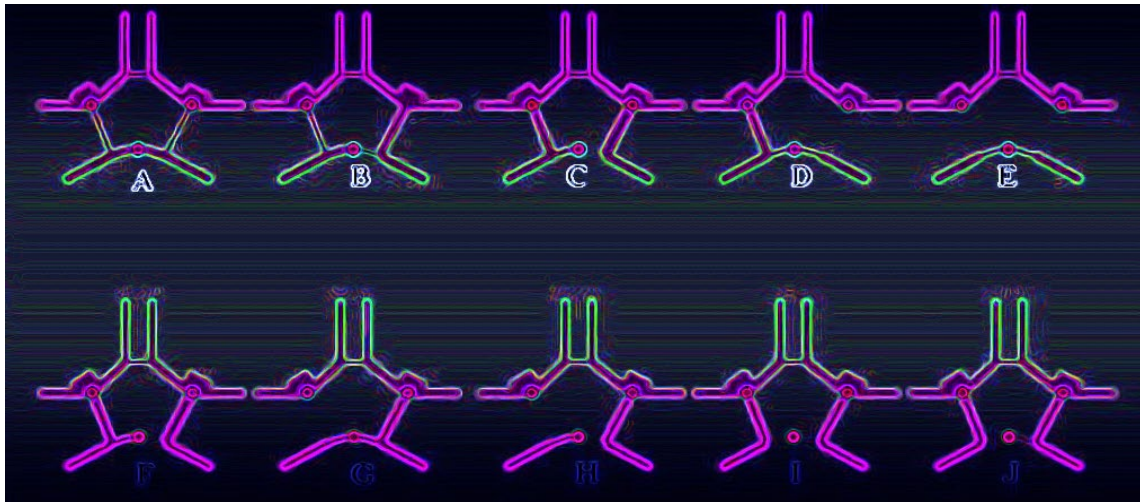
Continuando con el segmento A2 (no integrante del PW, propiamente dicho), también podrían encontrarse variantes. Un segmento único de A2 (arteria Anterior Ácigos) representando el 0.2-4% y condicionada por la persistencia de la arteria mediana embrionaria del cuerpo calloso, donde todo el territorio de ACA está irrigado por un único tronco A2 medial, pudiendo hallarse asociado a holoprosencefalia, trastornos de la migración neuronal o aneurismas y tener relevancia clínica por el riesgo de trombosis o en el caso de intervenciones quirúrgicas y/o vasculares [4,6,8,11,14,17,20,23-25].



Otra variante que podemos hallar es la trifurcación de la ACA que supone del 2-3%, caracterizándose por la disposición de tres segmentos A2 desde la ACoA, igualmente condicionada por la persistencia de la arteria callosa mediana [4,6,8,11,14,17,20,23-25].



#### 4. Variantes de la Circulación Posterior

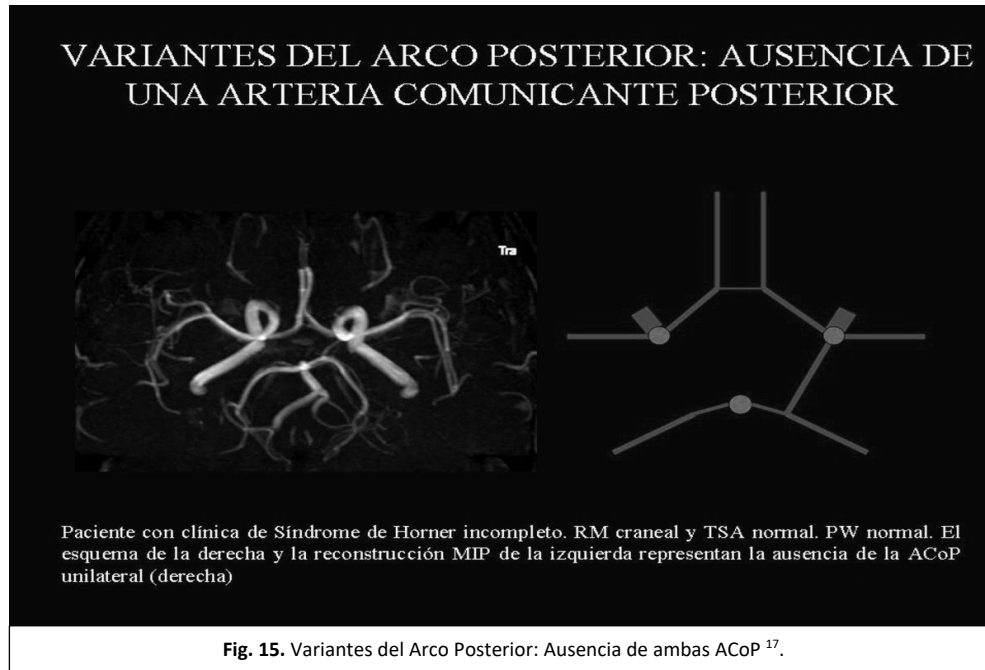


**Fig. 13.** Tomado de Esquema de las variantes del arco posterior. Estudio de las variantes del Polígono de Willis <sup>17</sup>. A) Normal: ambas ACoP se encuentran presentes. B) ACoP se origina predominantemente de la ACI, conocido como tipo unilateral de circulación fetal de la ACP. En este caso la ACoP se encuentra presente en ambos lados. C) Origen fetal bilateral con ambos segmentos de P1 presentes. D) ACoP unilateral presente. E) Ausencia o hipoplasia de ambas ACoP, separación de la parte anterior y posterior del PW. F) Origen fetal con hipoplasia del segmento P1 ipsilateral. G) Origen fetal con hipoplasia del segmento P1 contralateral. H) Origen fetal con ausencia o hipoplasia del segmento P1 y ACoP. I) Origen fetal bilateral con ausencia o hipoplasia de ambos segmentos P1. J) Origen fetal bilateral con ausencia o hipoplasia de un segmento P1. Variantes de la A-C son completas y de la D-J incompletas.

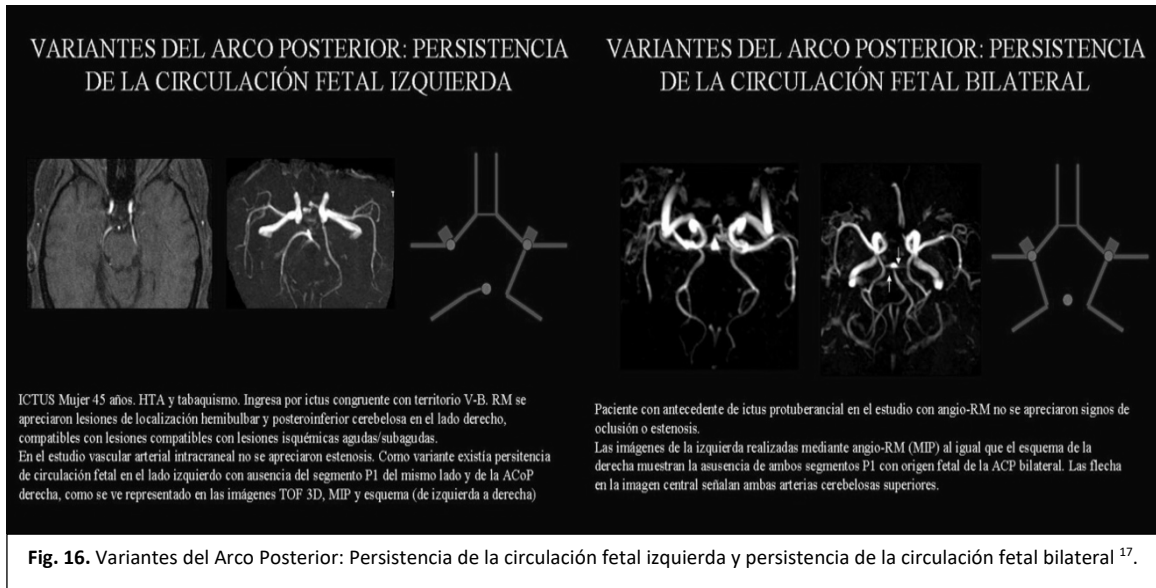
La hipoplasia o ausencia de una o ambas ACoP es la más común de todo el polígono de Willis, encontrada entre el 25-33% aproximadamente. Es detectada en 1/3 de las disecciones anatómicas y en 1/4 de las angio-RM. En el caso de ser de manera bilateral, no tendría comunicación entre la circulación anterior y posterior [4,6,8,11,14,16,17,20,23-25].



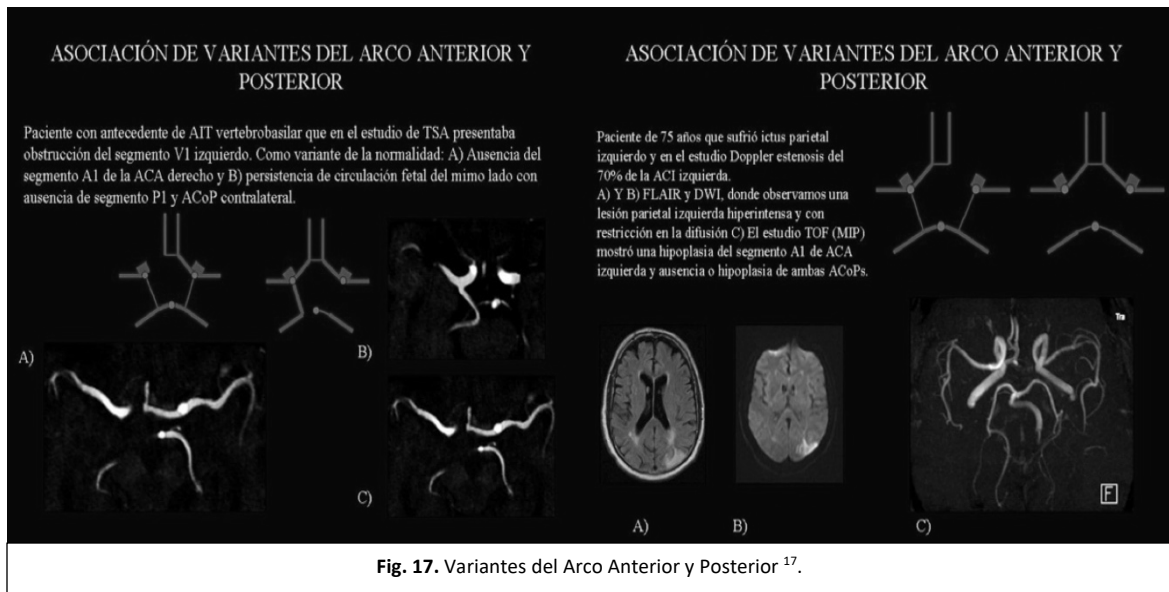
En el hallazgo de estas variaciones es importante tener en cuenta si sucede una estenosis u obstrucción de los vasos extracraneales, ya que estas interconexiones normales entre la circulación anterior y posterior pueden proveer circulación colateral de gran envergadura para el paciente. En situaciones donde la ausencia es unilateral, la colateralidad no se encuentra tan arriesgada [4,6,8,11,14,16,17,20,23-25].



La persistencia del origen fetal de la ACP, se origina por ausencia de regresión de la arteria cerebral posterior embriogénica que nace en ACI (porción supraclinoidea) nutriendo al segmento P2. El segmento P1 mayormente suele ser hipoplásico o estar ausente. Se encuentra tanto del lado derecho o del lado izquierdo en el 10% y 8% bilateralmente [4,6,8,11,14,16,17,20,23,25].



Con mucha frecuencia encontramos la asociación de variantes de arco anterior y posterior [16,17,20-26].



La ausencia de la arteria carótida interna es una variante rara y en la mayoría de los casos suele ser asintomática y descubierta incidentalmente en un estudio por otra razón. Sin embargo es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que puede estar asociada a otras malformaciones, sobre todo en pacientes que serán sometidos a cirugía vascular del lado contralateral [4,6,8,11,14,16,17,20,23-25].

## AGENESIA/HIPOPLASIA DE LA ACI

Paciente de 31 años al que se le realiza RM por cefalea de carácter impreciso y síndrome de Menière de OD, existiendo una asimetría en los senos cavernosos sugestivo de ausencia ACI izquierda. Posteriormente se confirma con Angio-RM de PW y TSA, con hallazgos compatibles con agenesia/hipoplasia. El dibujo de la izquierda muestra la ausencia de la ACI izquierda, suplantándose el aporte del territorio de ACM por una ACoP prominente y de ACA por la también prominente ACoA. Además se visualiza una ausencia de la ACoP derecha. En secuencia TOF 3D (arriba) podemos ver la ausencia de la ACI en el seno cavernoso izquierdo así como la ausencia de la ACI y A1 en las reconstrucciones MIP (abajo) junto con la presencia de ACoA y ACoPI prominentes.

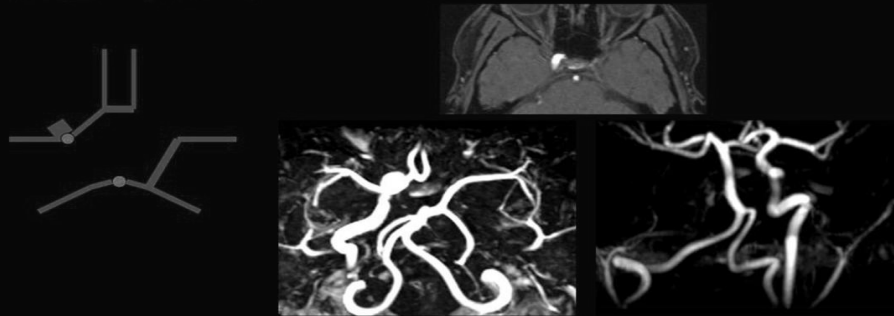


Fig. 18. Agenesia/ Hipoplasia de la Arteria Carótida Interna <sup>17</sup>.

## 5. Anastomosis Carótido Vértebro-basilares

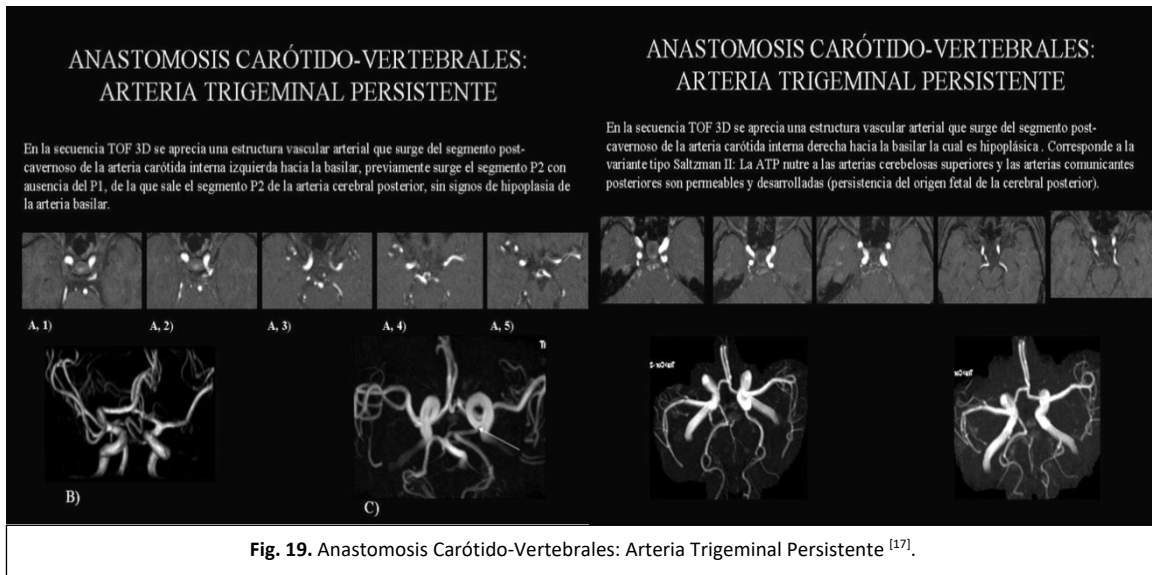
Este tipo de variantes suceden cuando hallamos anastomosis vasculares entre la carótida y el sistema vertebrobasilar, siendo el resultado de un patrón de la circulación embrionaria persistente después de la vida fetal. Entre ellas la más frecuente es la Arteria Trigeminal Persistente (ATP), debiéndose a la conexión entre una arteria proveniente de la ACI cavernosa y la basilar (circulación anterior y posterior) [14,26-28,37,38].

Existen otras anastomosis carótidobasilares menos frecuentes como: la arteria ótica, arteria hipoglosa y la proatlantoidea intersegmentaria. La arteria hipoglosa persistente tiene su origen en la arteria carótida cervical (segmentos C1 y C3) y discurre por el canal hipoglosa hasta anastomosarse con la arteria basilar [14,26-28, 37,38].

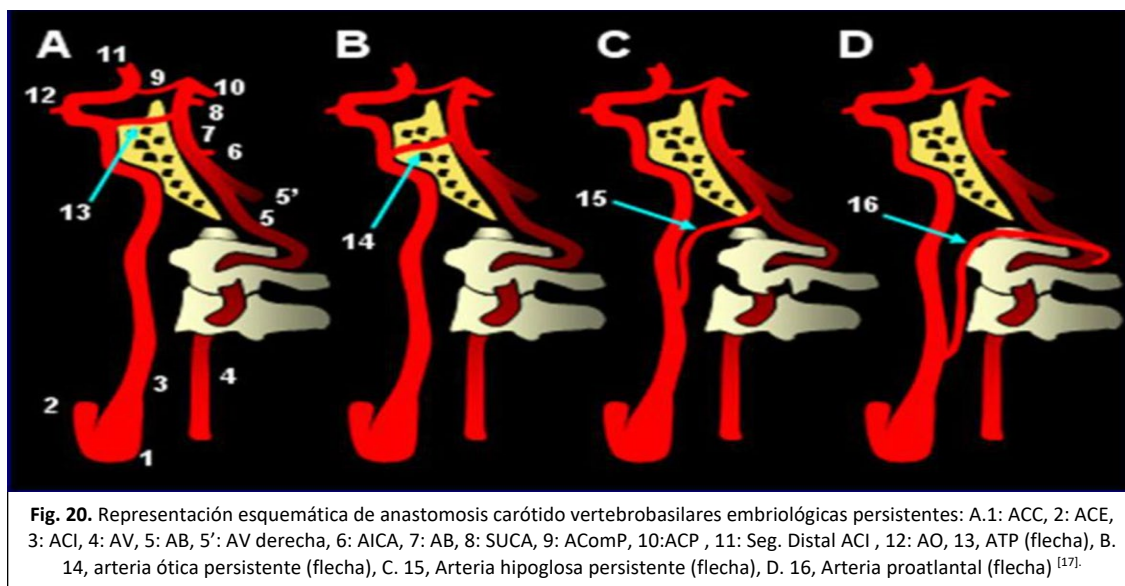
La persistencia de la arteria trigeminal primitiva fue descrito por Quain en 1844 en una autopsia y por Sutton en 1950 angiográficamente; se observa en el 0.1-0.6% de las angiografías cerebrales y su hallazgo de forma bilateral es extremadamente raro [37]. La ATP nace de la ACI, deja el canal carotídeo y entra en el seno cavernoso. Su recorrido es generalmente posterolateral a lo largo del nervio trigémino (41%), pasa por encima o a través del dorso selar (59%) para unirse posteriormente con la arteria



basilar. Mayormente se encuentra asociada a ACoP de pequeño tamaño y arterias vertebrales así como arterial basilar hipoplásica caudal a la anastomosis con la ATP lo cual incrementa la incidencia de MAV y aneurismas [14,16,26-28,30,31,38].



La persistencia de la arteria hipoglosal primitiva (AHP), la encontramos en el 0.027-0.26% de las angiografías cerebrales. Cruza por el canal del hipogloso, paralelo al nervio y conecta con la ACI cervical con la arteria basilar. Cuando se encuentra presente, es funcionalmente la única arteria que irriga al tronco del encéfalo y cerebelo, de ahí su importancia cuando está presente y está asociada a aneurismas [24,26].



Estos son los casos más representativos de las variantes del PW que en general son incidentales y no son considerados como patológicos, no obstante, en ocasiones se asocian a patologías vasculares como malformaciones, aneurismas; debido al alto flujo que conllevan [14,17,23,26].

C. Madrid Muñiz y colaboradores, concluyeron que las variantes más comunes que encontraron en sus estudios en la vertiente del Polígono de Willis son la ausencia o hipoplasia de alguno de los componentes y en menor medida la duplicación o fenestración. Las variantes más comunes y que mayormente hallaron fueron la hipoplasia de la ACoP (una o ambas) y el origen fetal de la ACP [17].

En cuanto al Arco aórtico y los grandes vasos que se originan a partir de él, este forma parte fundamental para la adecuada circulación hacia los vasos que darán irrigación de al tejido cerebral y es por esto que desde aquí se han estudiado las diferentes variantes que este pueda presentar, sirviendo tanto para el correcto estudio y descripción del mismo, así como su navegación de forma ágil, si se conoce su angioarquitectura y las variantes que pudiera presentar como: un tronco braquiocefálico y ACCI compartiendo un origen común (25%-30%), ACCI originándose del tronco braquiocefálico (7%), ACCI y ASCI formando un tronco braquiocefálico izquierdo (1%-2%), Arteria vertebral izquierda (AVI) originándose directamente desde el arco aórtico, del lado derecho (<0.1%) y del lado izquierdo (4%) [33,34,39], además de abultamientos y tortuosidades, que si bien no son propios de la edad, podrían presentarse precozmente [4,32,43,44,48].

## **6. Anastomosis Vertebro-Cervicales:**

Puede haber anastomosis vertebrales extensas con la arteria cervical ascendente, cervical profunda, faríngea ascendente. Los canales anastomóticos están formados por arterias segmentarias transversales en cada uno de los niveles cervicales. La arteria anastomótica varía según el nivel, para C1 y C2 suele ser occipital, C3-C4-C5 suele ser cervical profunda y C5-C7 cervical ascendente. C3 es el nivel de la arcada odontoidea que conecta ambas vertebrales y por tanto representa una anastomosis

vertebro-vertebral por debajo de la unión vertebrobasilar. C3 y superiores también son niveles de posible colateralización faríngea ascendente <sup>[16,22,26,28]</sup>.

### **3. Justificación**

La presencia de variantes anatómicas vasculares cerebrales no suele ser tan rara, incluso son muy frecuentes; a nivel mundial está ampliamente publicada en la literatura, más de lo que esperamos y sobre la población mexicana esta descrito que se han reportado hasta en un 60% de los casos <sup>[1]</sup>.

De tal manera que conocer cada vez más sobre las diferentes variantes anatómicas encontradas en la vasculatura cerebral tanto a nivel supratentorial como Infratentorial y vasos supraaórticos así como las posibles consecuencias hemodinámicas que pudieran tener, puede ayudar a comprender la fisiopatología subyacente tanto del desarrollo mismo a nivel vascular así como de la remodelación arterial cerebral o del tejido encefálico propiamente dicho. Es por esto que el perfeccionamiento de esta apreciación puede facilitar la comprensión e interpretación de los estudios angiográficos con mayor eficacia, agilidad y facilidad para la identificación de verdaderas patologías o anomalías vasculares cerebrales y por tanto traducirse en una adecuada toma de decisiones al momento de reportar o describir un acertado diagnóstico con o sin patología vascular angiográficamente demostrable ya que las variantes anatómicas suelen mostrar frecuentemente características identificables que permiten ser reconocidas y no confundirse con una patología <sup>[35,36]</sup>. De esta forma, considerar la planeación de tratamientos protocolizados por el neurointervencionista de ser necesarios, si existe una verdadera patología y no una variante anatómica normal <sup>[25,27,36]</sup>.

Por lo que es importante conocer cuáles son esas variantes anatómicas de la vasculatura cerebral más frecuentes encontradas en la población mexicana atendida en la sala de hemodinamia del Hospital Juárez de México, siendo un centro de referencia de neurointervencionismo; ya que la mayoría de los estudios publicados

sobre este t3pico se han basado en poblaciones anglosajonas y occidentales. De tal forma queremos identificar si existen diferencias o no en los hallazgos de nuestra poblaci3n comparado con la literatura <sup>[45]</sup>, as3 como la existencia de factores predisponentes relacionados con la presencia de una variante anat3mica en dicha vasculatura o bien una patolog3a de etiolog3a vascular.

#### **4. Planteamiento del problema**

La gran variedad y m3ltiples porcentajes de variantes anat3micas normales que podemos encontrar en la vasculatura cerebral ya altamente descrita y revisada en la literatura, puede predisponer a la formaci3n de patolog3as vasculares como aneurismas, f3stulas arteriovenosas, malformaciones arteriovenosas, etc.

En M3xico se posee poca informaci3n estad3stica al respecto, por lo que es conveniente llevar a cabo un estudio enfocado en la b3squeda y valoraci3n de las variantes anat3micas de la circulaci3n anterior, posterior y vasos supraa3rticos en los pacientes atendidos en el Hospital Ju3rez de M3xico, aprovechando el m3todo imagenol3gico de la angiograf3a con sustracci3n digital con la que contamos en la unidad de hemodinamia de nuestro centro, la cual es una herramienta 3til con alta sensibilidad y especificidad para la vasculatura cerebral, la cual se encuentra a disposici3n y de f3cil acceso para los pacientes referidos e ingresados en nuestro hospital. Por lo que nos pareci3 3til e interesante cu3l es la prevalencia y diversidad de variantes anat3micas de la vasculatura cerebral identificadas por esta tecnolog3a de ASD en el Hospital Ju3rez de M3xico.

#### **5. Objetivos**

##### **5.1 General**

Describir la prevalencia y diversidad de variantes anat3micas de la vasculatura cerebral halladas por angiograf3a en el Hospital Ju3rez de M3xico per3odo 2011-2021.

## **5.2 Específicos**

- Evaluar la prevalencia de variantes anatómicas de la vasculatura cerebral identificadas por angiografía en el Hospital Juárez de México en el período 2011-2021.
- Caracterizar la diversidad de variantes anatómicas de la vasculatura cerebral identificadas por angiografía en el Hospital Juárez de México en el período 2011-2021.
- Discutir si existe o no diferencia entre las variantes anatómicas de la vasculatura cerebral identificadas por angiografía del Hospital Juárez de México en comparación con las demás poblaciones de la mayoría de series revisadas ya que en su gran mayoría, han sido realizadas en grupos de estudio de origen diferente a nuestra población.

## **6. Metodología**

### **6.1 Diseño del estudio**

El tipo de estudio es observacional retrospectivo, de tipo transversal descriptivo.

### **6.2 Definición de la población**

Todos los pacientes que se realizaron una angiografía diagnóstica y/o terapéutica en el Departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México en el periodo Marzo 2011 a Marzo 2021 que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.

### **6.3 Criterios de inclusión**

- Todos los pacientes mayores de 18 años que se realizaron una angiografía diagnóstica y/o terapéutica en el Departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México en el periodo Marzo 2011 - Marzo 2021 reportada con alguna variante anatómica normal de la vasculatura cerebral.

### **6.4 Criterios de exclusión**

- Pacientes menores de 18 años.
- Pacientes de origen extranjero.
- Pacientes con expediente incompleto.

### **6.5 Definición de variables**

#### **▪ Edad**

- Definición conceptual: Tiempo de existencia desde el nacimiento hasta el momento del estudio.
- Definición operacional: Se medirá en años
- Tipo de variable: Cuantitativa.

#### **▪ Sexo o Género**

- Definición conceptual: Conjunto de características biológicas físicas y como fisiológicas que distinguen a los seres humanos en dos grupos: femenino o masculino.
- Definición operacional: Femenino o Masculino.
- Tipo de variable: Categórico dicotómica.

- **Tipo de Variante Anatómica**

- Definición conceptual: Tipo específico de variación anatómica encontrada en la circulación cerebral anterior y posterior a partir de vasos supraaórticos.
- Definición operacional: anastomosis, duplicación, agenesia, persistencia, hipoplasia, accesoria, bifurcación, fenestración, trifurcación, origen fetal, origen Infundibular, origen directo cayado aórtico, origen ectópico.
- Tipo de variable: Cualitativa nominal.

- **Localización**

- Definición conceptual: Región de la circulación cerebral donde se presenta la variante anatómica.
- Definición operacional: supratentorial, infratentorial y supraaórtico.
- Tipo de variable: Categórica nominal.

- **Lateralidad**

- Definición conceptual: Ubicación con respecto al plano coronal, donde se encuentra la variante anatómica.
- Definición operacional: Derecho, Izquierdo y línea media.
- Tipo de variable: Categórica nominal.

- **Sistema Vascular**

- Definición conceptual: Sistema de la circulación, ya sea el arterial o el venoso, donde se encuentre la variante.
- Definición operacional: Arterial o Venoso.  
Tipo de variable: Categórica dicotómica.

**Tabla 1. Definición y operacionalización de variables.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>VALORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>
<b>Edad</b>	Tiempo de existencia desde el nacimiento hasta el momento del estudio.	1=18-36 2=37-54 3=55-72 4=73-90	Edad en años	Cuantitativa
<b>Sexo o Género</b>	Conjunto de características biológicas físicas y como fisiológicas que distinguen a los seres humanos en dos grupos: femenino o masculino	0=Masculino 1=Femenino	Masculino Femenino	Categórica dicotómica
<b>Tipo de Variante Anatómica</b>	Tipo específico de alteración anatómica encontrada en la circulación cerebral	1=Anastomosis 2=Duplicación 3=Agenesia 4=Persistencia 5=Hipoplasia 6=Accesoria 7=Bifurcación 8=Fenestración 9= Trifurcación 10=Origen Fetal 11=Origen Infundibular 12=Origen directo cayado aórtico 13=Origen ectópico	Anastomosis Duplicación Agenesia Persistencia Hipoplasia Accesoria Bifurcación Fenestración Trifurcación Origen Fetal Origen Infundibular Origen directo cayado aórtico Origen ectópico	Cualitativa nominal
<b>Localización</b>	Región de la circulación donde se presenta la variante anatómica	1=Supratentorial 2=Infratentorial 3=Supraaórtico	Supratentorial Infratentorial Supraaórtico	Categórica nominal
<b>Lateralidad</b>	Ubicación con respecto al plano coronal, donde se encuentra la variante anatómica	1=Derecho 2=Izquierdo 3= Línea media	Derecho Izquierdo Línea media	Categórica nominal
<b>Sistema Vascular</b>	Sistema de la circulación, ya sea el arterial o el venoso donde se encuentre la variante.	1=Arterial 2=Venoso	Arterial Venoso	Categórica dicotómica



## **6.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de la información.**

Se obtuvo información de la base de datos del departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México, así como del expediente clínico de cada uno de los pacientes a los que se les realizó una angiografía diagnóstica y/o terapéutica en el periodo Marzo 2011 a Marzo 2021.

## **7. Análisis estadístico e Interpretación de datos**

Se realizó el análisis descriptivo para la presentación de los datos con medidas de tendencia central y dispersión. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución de los datos. Se comparó la distribución de edad según el sexo con la prueba de U de Mann-Whitney. Un valor de  $p < 0.05$  fue considerado estadísticamente significativo. Se estimó la proporción de las variantes anatómicas y sus características considerando la población a la que se le realizó una angiografía diagnóstica y/o terapéutica. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 25.0 para su tabulación y posterior exposición en gráficos. Se realizó estadística descriptiva y medidas de tendencia central, así como proporciones para variables categóricas.

### **7.1 Recursos**

Médicos residentes del departamento de terapia endovascular neurológica realizaron la recopilación de los datos desde el equipo de cómputos de la sala de hemodinamia y los expedientes clínicos por lo que no implicó ningún costo para la institución ni para los pacientes.

### **7.2 Aspectos Éticos**

Debido a que es un estudio de recopilación de datos tanto de reportes como de los estudios angiográficos de manera retrospectiva, se estimó de acuerdo al artículo 17, título segundo de la Ley General de Salud en materia de investigación, que este

estudio no tuvo implicaciones éticas y fueron protegidos los datos sensibles según la ley de protección de datos a terceros, por lo que no ameritó firma de consentimiento informado por parte de los pacientes.

### **7.3 Aspectos de Bioseguridad**

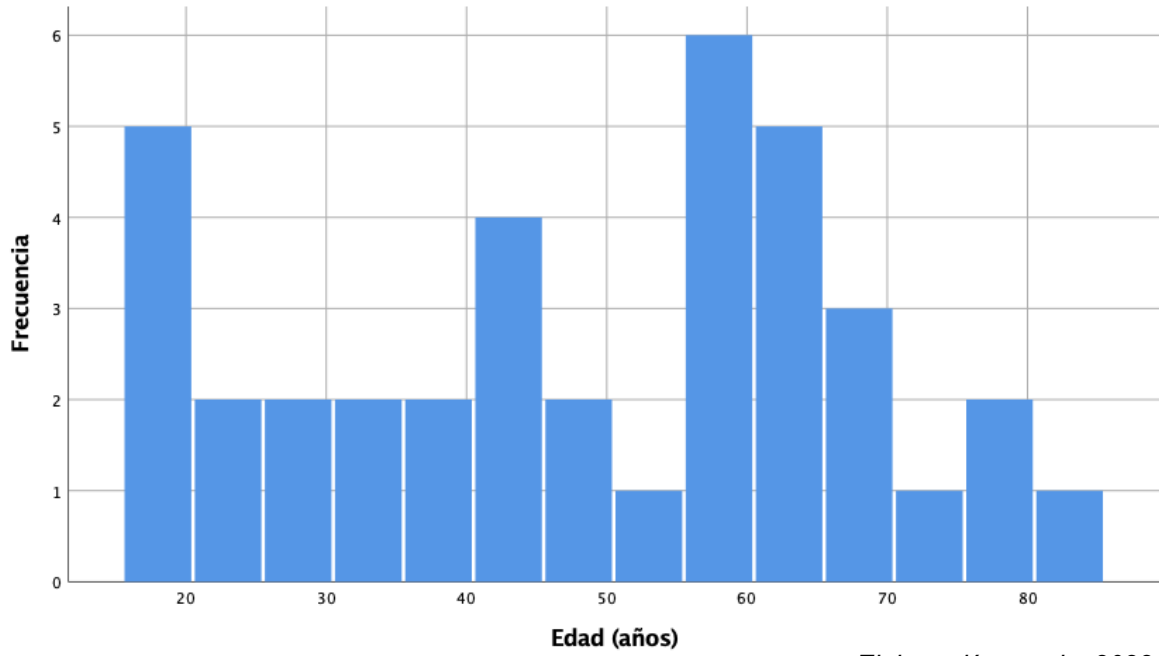
El estudio que se realizó fue de tipo descriptivo retrospectivo, por lo que no involucro la realización de procedimientos que tengan implicaciones de ningún tipo en la bioseguridad de los pacientes, del medio ambiente ni de los investigadores.

## **8. Resultados**

Se evaluó la información de 1,637 pacientes mayores de 18 años a los que se les realizó una angiografía en el Departamento de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Juárez de México en el periodo de marzo del 2011 a marzo del 2021, para identificar la prevalencia y diversidad de variantes anatómicas de la vasculatura cerebral.

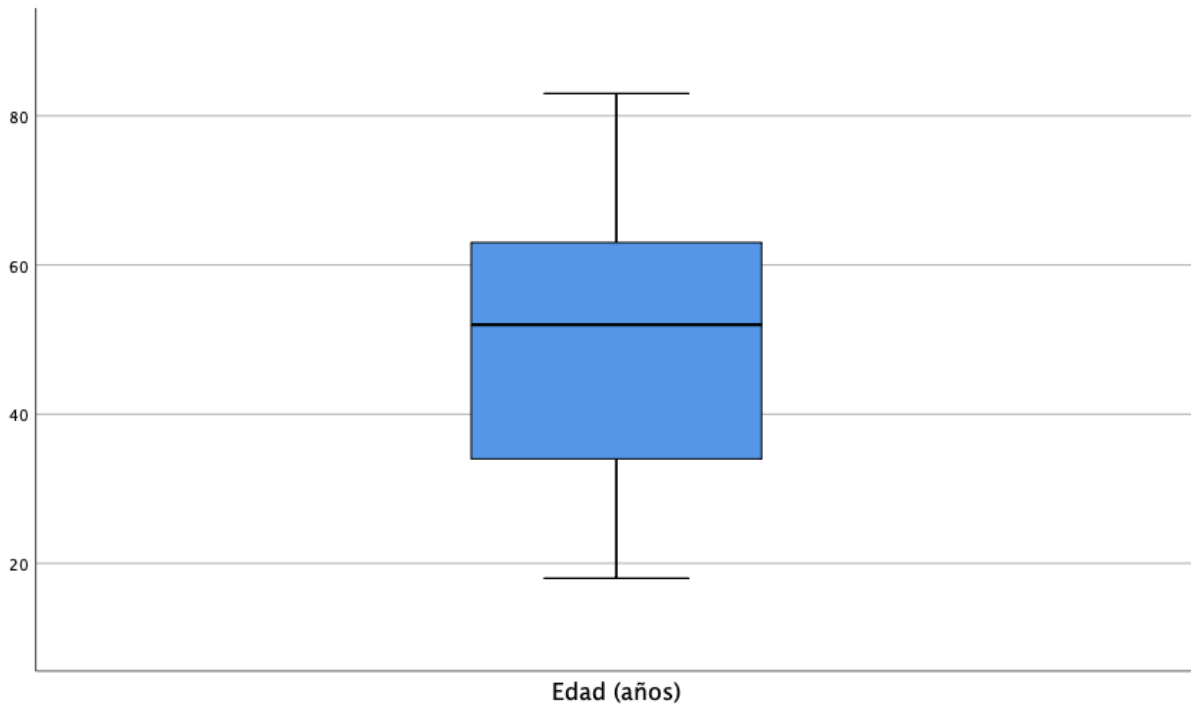
Se observó una prevalencia de variantes anatómicas del 22.3.3% (n=38) en esta población. La media de edad de los pacientes con variantes anatómicas fue de 48.7 años (DE 19.5) y se registró una edad mínima de 18 años y máxima de 83. La mediana fue de 52 años y los percentiles 25 y 75 de 34 y 63 años, respectivamente. La edad presentó una distribución que no se aproxima a la normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov,  $p=0.035$ ). El 55.3% (n=21) de los pacientes fue del sexo femenino y el 44.7% (n=17) del sexo masculino. No se observó una diferencia estadísticamente significativa de la edad entre sexos ( $p=0.79$ ). En la gráfica 1 y 2 se muestra la frecuencia y distribución de la edad y en la gráfica 3 la proporción del sexo.

**Gráfica 1. Frecuencia de edad.**



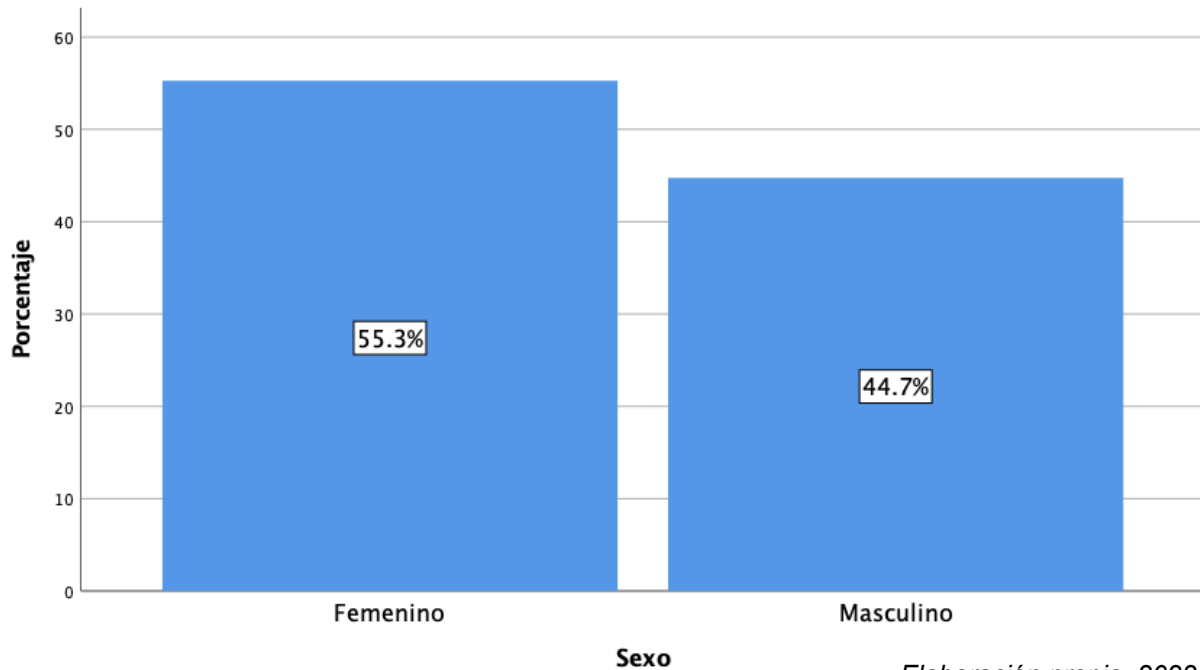
*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 2. Distribución de edad.**



*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 3. Proporción de sexo.**



*Elaboración propia, 2022.*

Del total de pacientes con variantes anatómicas, el 7.9% (n=3 pacientes masculino) presentaron variantes anatómicas múltiples, con una prevalencia del 0.18%, incluyendo un paciente con 4 variantes simultáneas y 2 pacientes con 2 variantes cada uno. Se identificó un total de 43 variantes anatómicas cuyas características y prevalencias se muestran en la tabla 2-6 y en las gráficas 4-8. El tipo de variante más frecuente fue la de origen directo del cayado aórtico (arteria vertebral izquierda) en el 34.9% (n=15) y en el segundo lugar la hipoplasia en el 18.6% (n=8). La arteria vertebral estuvo involucrada en el 53.5% (n=23) de los casos. El 30.2% (n=13) de los casos fue del lado derecho, 65.1% (n=28) de lado izquierdo y 4.7% (n=2) en la línea media; dentro de los pacientes con variantes múltiples, uno presentó variante bilateral, otro unilateral izquierdo y el último, 3 variantes izquierdas y una derecha. La localización más frecuente fue supraaórtico en el 41.9% (n=18), seguido de infratentorial y supratentorial en el 30.2% (n=13) y 27.9% (n=12), respectivamente. El 95.3% (n=41) de las variantes ocurrieron en el sistema vascular arterial.

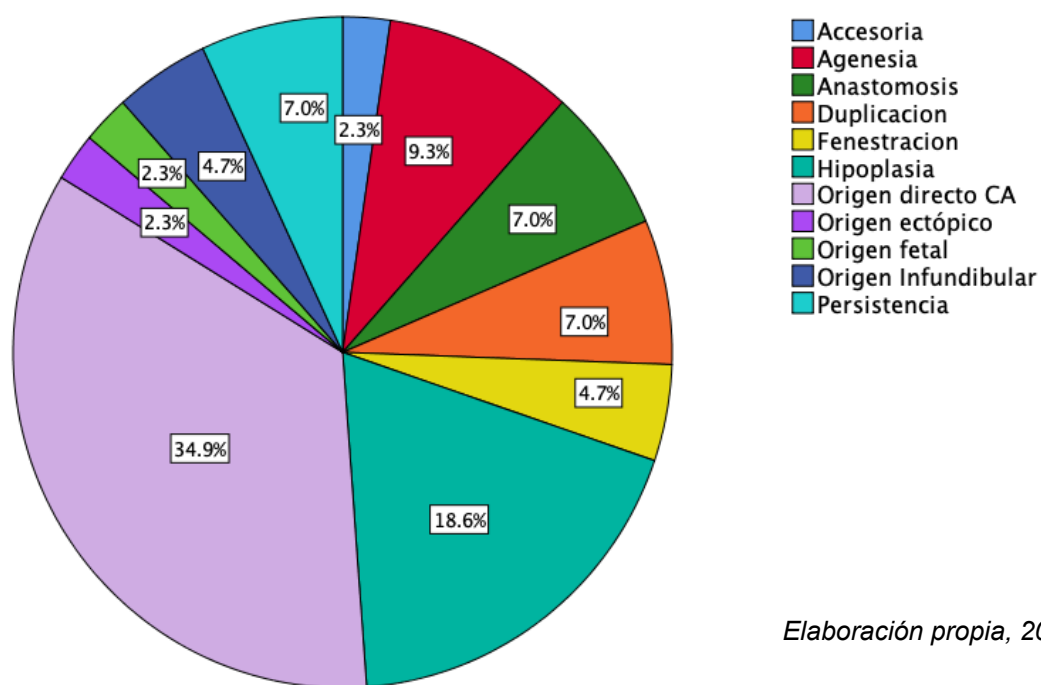
**Tabla 2. Frecuencia, proporción y prevalencia del tipo de variantes anatómica**

Tipo de variante	Frecuencia (n=43)	Proporción (100%)	Prevalencia*
Origen directo CA	15	34.9	0.92
Hipoplasia	8	18.6	0.49
Agnesia	4	9.3	0.24
Persistencia	3	7.0	0.18
Anastomosis	3	7.0	0.18
Duplicación	3	7.0	0.18
Fenestración	2	4.7	0.12
Origen Infundibular	2	4.7	0.12
Origen fetal	1	2.3	0.06
Accesoria	1	2.3	0.06
Origen ectópico	1	2.3	0.06

\*% considerando los 1,637 pacientes evaluados.

*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 4. Proporción de tipos de variantes anatómicas.**



*Elaboración propia, 2022.*

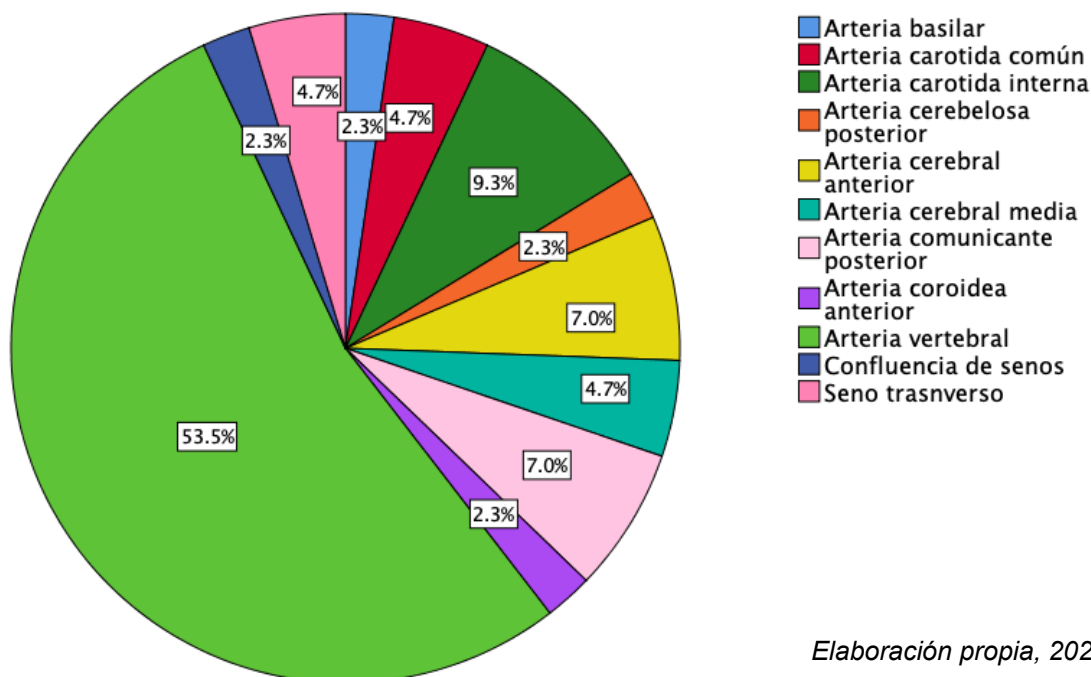
**Tabla 3. Frecuencia, proporción y prevalencia del vaso involucrado.**

Vaso involucrado	Frecuencia (n=43)	Proporción (100%)	Prevalencia*
Arteria vertebral	23	53.5	1.4
Arteria carótida interna	4	9.3	0.24
Arteria comunicante posterior	3	7.0	0.18
Arteria cerebral anterior	3	7.0	0.18
Seno transverso	2	4.7	0.12
Arteria cerebral media	2	4.7	0.12
Arteria carótida común	2	4.7	0.12
Arteria coroidea anterior	1	2.3	0.06
Confluencia de senos	1	2.3	0.06
Arteria basilar	1	2.3	0.06
Arteria cerebelosa posteroinferior	1	2.3	0.06

\*% considerando los 1,637 pacientes evaluados.

*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 5. Proporción de vaso involucrado**



*Elaboración propia, 2022.*

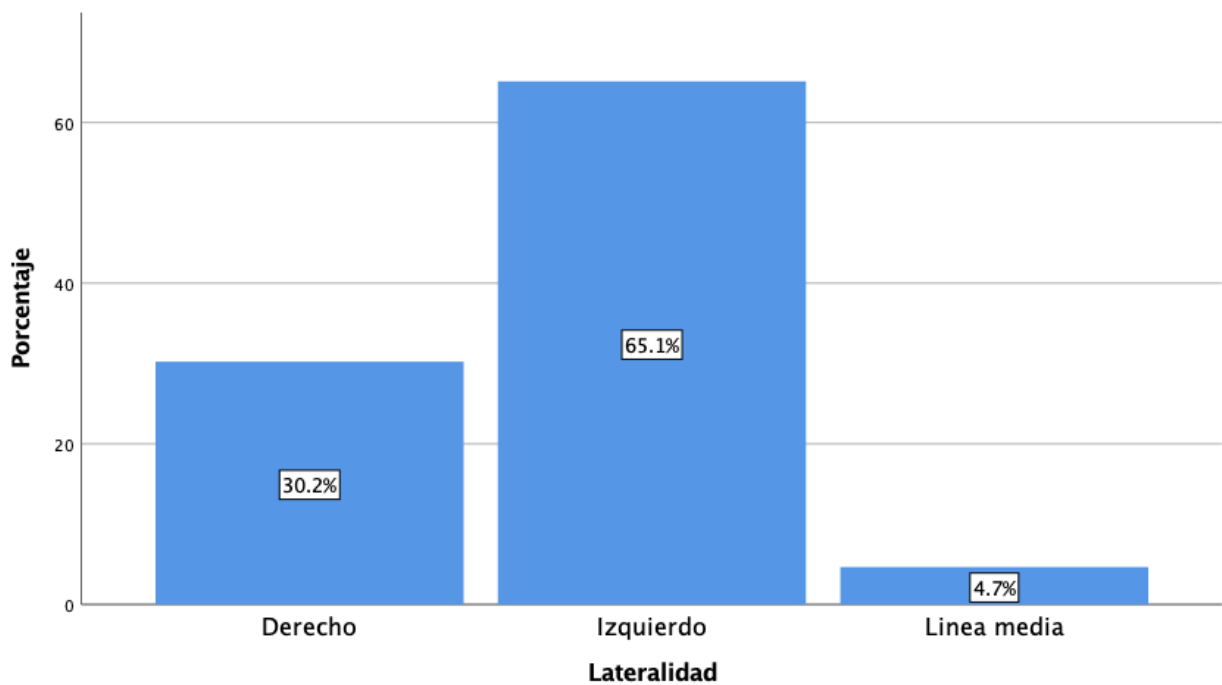
**Tabla 4. Frecuencia, proporción y prevalencia por lateralidad.**

Lateralidad	Frecuencia (n=43)	Proporción (100%)	Prevalencia*
Derecho	13	30.2	0.79
Izquierdo	28	65.1	1.71
Línea media	2	4.7	0.12

\*% considerando los 1,637 pacientes evaluados.

*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 6. Proporción de lateralidad**



*Elaboración propia, 2022.*

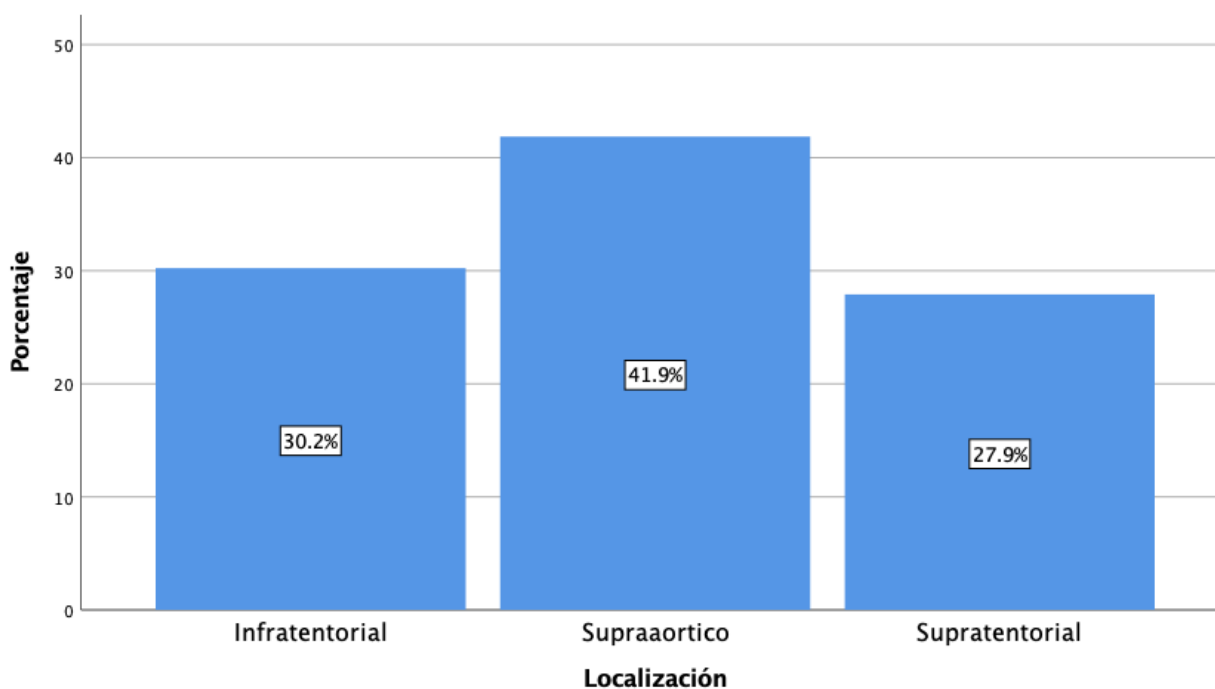
**Tabla 5. Frecuencia, proporción y prevalencia por localización.**

Localización	Frecuencia (n=43)	Proporción (100%)	Prevalencia*
Supraaórtico	18	41.9	1.09
Infratentorial	13	30.2	0.79
Supratentorial	12	27.9	0.73

\*% considerando los 1,637 pacientes evaluados.

*Elaboración propia, 2022.*

**Gráfica 7. Proporción de localización.**



*Elaboración propia, 2022.*



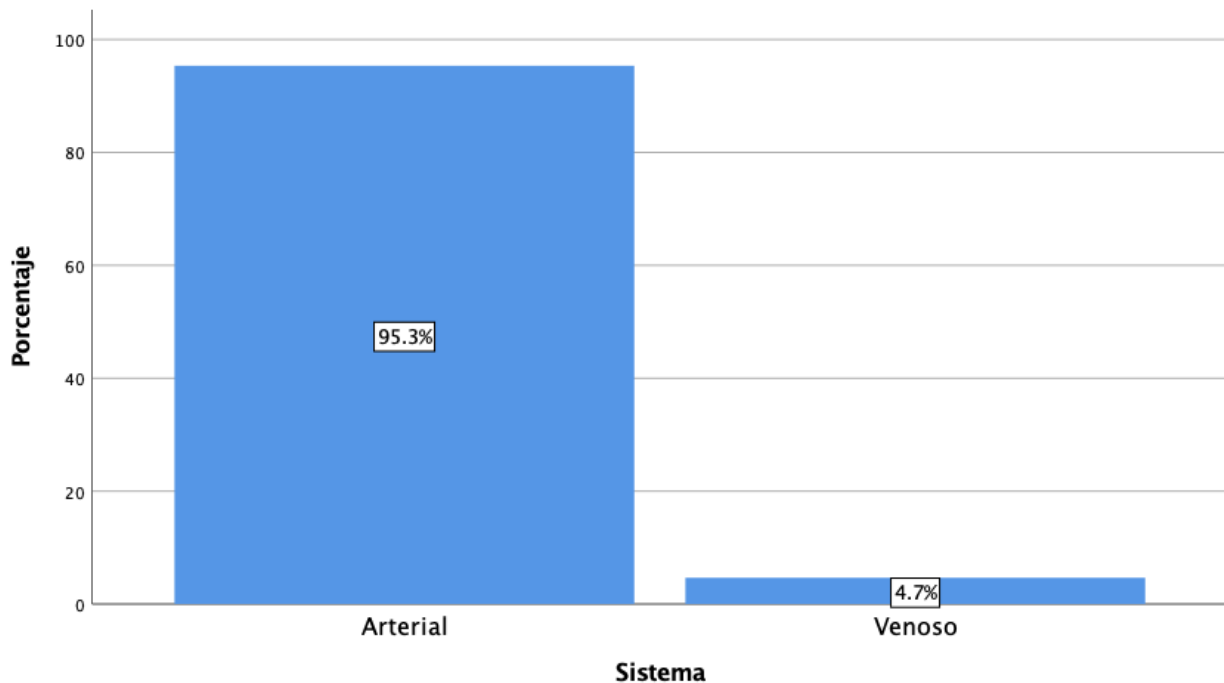
**Tabla 6. Frecuencia, proporción y prevalencia por sistema vascular.**

Sistema vascular	Frecuencia (n=39)	Proporción (100%)	Prevalencia*
Arterial	41	95.3	2.50
Venoso	2	4.7	0.12

\*% considerando los 1,637 pacientes evaluados.

*Elaboración propia, 2022.*

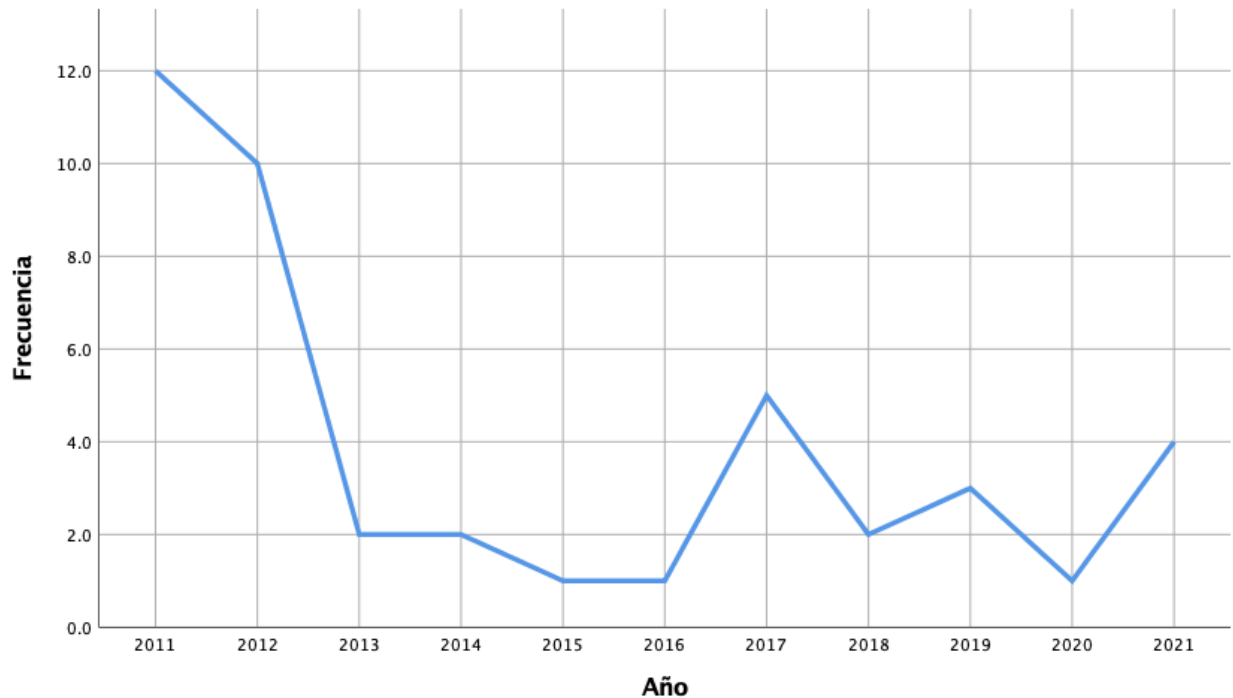
**Gráfica 8. Proporción de sistema vascular involucrado.**



*Elaboración propia, 2022.*

Durante la evaluación de las angiografías se observó que el año en el que se identificaron más variantes anatómicas fue el 2011 con 12 casos, seguido de 2012 con 10. En la gráfica 9 se observa la frecuencia de casos identificados por año desde 2011.

**Gráfica 9. Frecuencia de casos identificados en el periodo de estudio.**



*Elaboración propia, 2022.*

## 9. Discusión

En nuestro estudio se valoró una población total de 1,637 pacientes, obteniendo una prevalencia de variantes anatomías del 2.3% de la población a la cual realizamos angiografías cerebrales diagnósticas y/o terapéuticas en un período de 10 años comprendido desde marzo 2011 a marzo 2021 en la unidad de hemodinamia del Hospital Juárez de México, por lo que no debe ser tomada como la prevalencia de la población en general, ya que formaron parte del estudio no de forma aleatoria, sino porque se les realizó una angiografía por alguna causa en particular dentro del período asignado.

En cuanto a la edad de los paciente participantes, no hubo una distribución normal ya que obtuvimos tres rangos de edades diferentes donde fluctuaron la mayoría de los pacientes que se realizaron angiografías cerebrales. Esta distribución en tres

grupos de edades, se consideran que no tuvieron una relación directa con la aparición o con el hallazgo de la variante anatómica reportada, sino más bien con la razón de la realización de la angiografía; como una causa propia de cada rango de edad en la que se realizó dicho estudio y por ende el descubrimiento incidental de la variante anatómica.

En el caso del rango de edad entre 18-20 años probablemente la causa de realización de la angiografía fue por una HSA de etiología traumática o espontánea, una hemorragia intraparenquimatosa con o sin irrupción ventricular por ruptura de una malformación vascular. En el caso del rango de edades que se encontraron entre los 35-50 años, que de igual forma se realizaron una angiografía probablemente por una HSA de origen traumático, espontáneo de probable origen aneurismático o HSA benigna, así como también hemorragia intraparenquimatosa de origen hipertensivo, y en último caso, los que se encontraron dentro del rango de 55-65 años, que de igual forma el estudio pudo haberse realizado por cualquiera de las múltiples causas antes mencionadas además de otras, posiblemente provocadas por comorbilidades asociadas a una edad más avanzada, como enfermedades vasculares propias del rango de edad correspondiente.

Continuando con la edad, la mediana fue de 52 años como lo fue en varios estudios reportados sobre diferentes variantes anatómicas en toda la vasculatura cerebral, tal y como en la población del estudio de Tapia y col, en 2015.

En cuanto al sexo, la mayoría de los pacientes fueron femeninos, como lo describieron Horikoshi col., Boleaga y col. y Forlino y col. en 2002, 2004 y 2014 respectivamente, pero aun así hayamos una prevalencia del sexo masculino en nuestra población de estudio en cuanto a la aparición de variantes múltiples en un mismo paciente de manera bilateral y así mismo con mayor frecuencia de lateralidad izquierda, similar a lo referido por Lazaridis y col en 2018.

Del mismo modo, tanto Yuan y col en 2016 como Gómez-Castro y col. en 2019 describieron el origen aberrante de la arteria vertebral izquierda directamente desde

el cayado aórtico, siendo la variante anatómica más frecuente encontrada en ambas series con una alta prevalencia en grades series de autopsias y de pacientes con angiografía cerebral por diferentes motivos, lo cual coincidió con los hallazgos de nuestro estudio donde fue la variante anatómica encontrada en la mayoría de los pacientes, al igual que la prevalencia y la lateralidad de la misma; de igual manera, fue el vaso mayormente involucrado en más del 50% de las variantes reportadas, aunque se considera que el origen aberrante de la AV es una variante rara de las patologías de la AV que podrían implicar tanto ECV como disección de esta arteria.

El tipo de variante hipoplasia quedo en segundo lugar en nuestro trabajo, por lo que coincidimos con la mayoría de las series realizadas en las que, aunque la hipoplasia fue reportada en primer lugar en sus resultados, cabe destacar que dichas series no incluyeron vasos supraaórticos, como Delgado Sáiz y col. en 2019 y Madrid y col. en 2014, que solo incluyeron circulación cerebral anterior y posterior. Así mismo en último lugar en nuestros resultados quedaron las variantes origen fetal, accesoria y origen ectópico, con iguales porcentaje (2.3%).

En cuanto a la lateralidad de aparición de la variante anatómica, dominó el lado izquierdo, sobre todo en el origen aberrante de la arteria vertebral directamente del cayado aórtico, donde todas fueron izquierdas y unilaterales, igual a lo descrito por Yuan y col. en 2016.

Solo hayamos tres variantes de línea media, dos de las cuales pertenecen al sistema arterial supratentorial, como sistema ácigos y a diferencia con lo descrito en la mayoría de la literatura, no estuvieron asociadas a malformaciones vasculares de los vasos involucrados. Encontramos dos variantes de duplicación de arteria cerebral media, que al contrario de la variante explicada anteriormente, tiene una incidencia concordante entre los resultados de nuestro trabajo y lo descrito en la literatura. De igual forma, encontramos tres persistencias vertebro carótidobasilares: 2 arterias trigeminales persistentes y 1 arteria hipoglosal persistente; en estos casos coincidimos con lo descrito por Boleaga-Durán y col. en 2004, Parmar y col. en 2005, Meckel y col. en 2013 y Tolabin y col en 2014.

Por otra parte, en cuanto al sistema vascular perteneciente, casi todas fueron halladas en el sistema arterial y por localización se situaron, en orden descendente, a nivel supraaórtico, infratentorial y supratentorial respectivamente. Solo 2 se localizaron en el sistema venoso.

En cuanto a la aparición de variantes anatómicas entre sexos, el origen directo del cayado aórtico de la arteria vertebral izquierda fue casi el doble de frecuente en el sexo masculino que en el femenino y la hipoplasia de la arteria vertebral sin importar el segmento o la lateralidad, fue la segunda variante en frecuencia de aparición; sin embargo hubo igual porcentaje en ambos sexos.

Tal y como lo describieron en 2006 Eftekhar y col., las variaciones anatómicas cerebrales no son significativamente diferentes entre las poblaciones de distintos orígenes ya reportadas en la literatura. Probablemente, si bien se tienen en cuenta los posibles factores que podrían crear confusión, ellos determinaron que no hay evidencia que suscite que las variantes de la circulación cerebral difieran entre poblaciones de ascendencias distintas.

Las descripciones sobre los aspectos anatómicos de la vasculatura cerebral se centran en el análisis de sus condiciones normales en los estudios angiográficos convencionales, como la Angiografía por Tomografía Computada, conocida como AngioTAC (aCT) y en la Angiografía por Resonancia Magnética o Angio Resonancia (aMR), así como en la angiografía por sustracción digital (ASD) <sup>[25,27]</sup>.

Las variantes anatómicas habitualmente son hallazgos incidentales y suelen mostrar frecuentemente características identificables que permiten ser reconocidas y no ser confundidas con una patología o pasar desapercibidas, ya que su presencia es relevante en procedimientos quirúrgicos y por su asociación con la presencia concomitante de patologías vasculares tales como aneurismas, por ejemplo. Los vasos se desarrollan durante la embriogénesis y a medida que esta sucede, pueden darse variaciones en la anatomía de toda la circulación, tanto arterial como venosa.

En la angiogénesis; es la primera y principal etapa donde se originan estas variantes dadas por el brote de las arterias matrices; ya encontrándose en el día 24 de vida embriológica, la arteria carótida interna (ACI) es la primera en formarse y proporciona toda la sangre requerida por el cerebro primitivo. Posteriormente, la región occipital crece, haciéndolo de igual forma el tronco encefálico y el cerebelo, siendo en este momento el suministro de la ACI insuficiente; por lo que se desencadena el desarrollo de la circulación posterior. En este punto, la circulación posterior es todavía una red primitiva arterial originada a partir de la proyección de la arteria carótida distal y más proximalmente de las anastomosis carótido vertebrobasilares. Estas anastomosis se repliegan cuando la arteria basilar y las arterias vertebrales se independizan de la ACI, pero su persistencia no es infrecuente. Algunos remanentes comunes del desarrollo embriológico incluyen variantes como fenestración o duplicación, dada más comúnmente de la arteria basilar, hipoplasia la cual es típica de la arteria comunicante posterior, agenesia típicamente de la arteria comunicante anterior, orígenes aberrantes, entre otras; las cuales pueden pasar desapercibidas toda una vida o ser hallazgos de autopsias aunque por otra parte pudieran manifestarse a consecuencia de acompañar alguna patología asociada, en el caso de que la variante anatómica este directamente relacionada al vaso o territorio vascular involucrado y ocasione alguna sintomatología relacionada [2,3,5,14,35,36,42].

Podríamos considerar como limitación de nuestro trabajo, tomar en cuenta que nos encontramos bajo un largo período de pandemia que al igual que a todos afectó en la mayoría de los ámbitos; y dada la disminución de referimientos y/o ingresos de pacientes con patologías que tuvieran la necesidad de la realización de angiografías diagnósticas y/o terapéuticas, tanto vía urgencias así como la programación de las mismas de manera ambulatoria por el alto flujo de pacientes ingresados con COVID-19 en el centro, disminuyendo los casos y por ende nuestra población de estudio. Así mismo existió un periodo en el que se cambió el angiógrafo de la unidad de hemodinamia, por lo que no se realizaron estudios en este lapso de tiempo.

Este estudio se realizó de manera retrospectiva, por lo que pudieran haber pasado como desapercibidas algunas variantes anatómicas, incluso habiendo realizado de

forma minuciosa la valoración del estudio para su reporte, ya que no era la finalidad del mismo en ese momento, sino la búsqueda de la patología dado el probable diagnóstico por el que se realizó la angiografía por sustracción digital.

## **10. Conclusión**

El conocimiento a fondo de la anatomía vascular cerebral anterior y posterior, incluyendo los vasos supraaórticos, refiriéndonos tanto al sistema arterial como venoso, es imprescindible para la precisa interpretación de los actuales estudios diagnósticos de la vasculatura cerebral disponibles, así como para la realización de los múltiples procedimientos terapéuticos endovasculares actuales; por lo que a lo largo de este trabajo describimos ampliamente toda la vasculatura cerebral normal y las probables variantes anatómicas que pudieran existir, así comprenderlas y de esta forma poder evidenciarlas y no dejarlas pasar en la valoración de cada uno de los estudios diagnóstico y/o terapéuticos y su correcto reporte. Por otra parte revelar si están ligadas o no las variantes que podríamos encontrar, con patologías vasculares que incluyan el vaso involucrado o el territorio adyacente irrigado o drenado dependiendo del sistema en el que se encuentre la variante, es indispensable aunque no siempre ocurre, como en nuestros resultados.

## **11. Recomendación**

En México, se han realizado pocos trabajos sobre la descripción y el reconocimiento de las variantes anatómicas de la circulación cerebral y la mayoría han sido por angioTAC o angioRM, pero ninguno había involucrado la descripción en conjunto de las variantes anatómicas encontradas en los vasos supraaórticos y en la circulación supra e infratentorial por angiografía por sustracción digital (DSA), sin embargo recomendamos realizar un trabajo de tipo prospectivo con estas mismas características pero con especial atención a la aparición de variantes anatómicas en cada estudio realizado, así como iniciar cada angiografía con buenas imágenes diagnósticas, si no las tenemos por algún otro medio imagenológico o por una

angiografía diagnóstica anterior, que nos ayudaran a navegar la vasculatura de manera más ágil y de antemano a planificar y disponer de los elementos y materiales necesarios para estar preparados y de esta forma lograr la fácil y segura finalización del estudio diagnóstico y/o terapéutico endovascular, sin incidentes y con un reporte preciso del mismo.



## Bibliografía

1. Tanaka, M. (2017). Functional Vascular Anatomy of the Brain. *Neurología medico-chirurgica*, 57(11), 584–589. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2017-0030>.
2. Truwit, CL. (1994). Embryology of the cerebral vasculature. *Neurimaging Clin North Am.* 4:663-689.
3. Padget, D. H. (1948). The Development of the Cranial Arteries in the Human Embryo. With Five Plates, Etc. (Contributions to Embryology. Vol. 32. No. 212.). Beltz Verlag.; 207 – 262.
4. Lasjaunias, P., Berenstein, A., & ter Brugge, K. T. (2014). *Clinical Vascular Anatomy and Variations*. Springer Publishing.
5. Lasjaunias, P., & Santoyo-Vázquez, A. (1984). Segmental agenesis of the internal carotid artery: angiographic aspects with embryological discussion. *Anatomía Clínica*, 6(2), 133–141. <https://doi.org/10.1007/bf01773165>.
6. Osborn A. *Angiografía Cerebral*. 2nd ed. USA: Marban; 2010.
7. Bonasia, S., Bouthillier, A., & Robert, T. (2020). Segmental Classification of the Internal Carotid Artery: An Overview. *Contemporary Neurosurgery*, 42(18), 1–5. <https://doi.org/10.1097/01.cne.0000734828.08438.5f>
8. Rhoton, A. J. (2021). *Anatomía Craneal y Abordajes Quirúrgicos*. Amolca.
9. Harrigan, M. R., & Deveikis, J. P. (2018). *Handbook of Cerebrovascular Disease and Neurointerventional Technique* (3rd ed.). Humana.
10. Byrne, J. V. (2017). *Tutorials in Endovascular Neurosurgery and Interventional Neuroradiology*. Springer Publishing.
11. Morris, P. (2013). *Practical Neuroangiography*. Wolters Kluwer.
12. Rhoton, A. L. (2000). The Cerebellar Arteries. *Neurosurgery*, 47(suppl\_3), S29-S68. <https://doi.org/10.1097/00006123-200009001-00010>.
13. Hurst, R. W., & Rosenwasser, R. H. (2007). *Interventional Neuroradiology*. Amsterdam University Press.
14. Delgado S., Méndez L., Gómez J., (2019). *Variantes Anatómicas del Polígono de Willis. Todo lo que debemos conocer*. Edición electrónica educativa, SERAM 2019.

15. Krings, T., Geibprasert, S., & Brugge, T. K. (2015). *Neurovascular Anatomy in Interventional Neuroradiology: A Case-Based Approach* (1a ed.). Thieme Medical Publishers.
16. Anatomy and Variants | neuroangio.org. (2021). Neuroangio.Org. <http://neuroangio.org/anatomy-and-variants/>
17. Madrid, C. Arias, M. (2014). Estudio de las variantes del Polígono de Willis. Edición electrónica educativa, SERAM 2014; S-1245. <https://doi.org/10.1594/seram2014/S-1245>.
18. Uchiyama, N. (2017). Anomalies of the Middle Cerebral Artery. *Neurología medico-chirurgica*, 57(6), 261–266. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2017-0043>.
19. Siclari, F., Burger, I., Fasel, J., & Gailloud, P. (2007). Developmental Anatomy of the Distal Vertebral Artery in Relationship to Variants of the Posterior and Lateral Spinal Arterial Systems. *American Journal of Neuroradiology*, 28(6), 1185–1190. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a0498>.
20. Rivas, D., & Huertas, M. A. (2010). Variantes anatómicas del polígono de Willis Estudio de 307 casos. *Revista Peruana de Neurología*, 6(3), 46–49. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v06\\_n3/variantes.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v06_n3/variantes.htm)
21. Grand, W., Hopkins, L. N., & Siddiqui, A. H. (2015). *Vasculature of the Brain and Cranial Base*. Georg Thieme Verlag.
22. Boleaga, B., & Ameller, S. (2004). Variantes anatómicas del círculo arterial de la base craneal. *Anales de Radiología México*, 4, 239–244. <https://www.analesderadiologiamexico.com/index.php?indice=200404#JournalContents>
23. Dimmick, S. J., & Faulder, K. C. (2009). Normal Variants of the Cerebral Circulation at Multidetector CT Angiography. *RadioGraphics*, 29(4), 1027–1043. <https://doi.org/10.1148/rg.294085730>.
24. Klimek-Piotrowska, W., Rybicka, M., Wojnarska, A. (2015). A multitude of variations in the configuration of the circle of Willis: an autopsy study. *Anatomical Science International*, 91(4), 325–333. <https://doi.org/10.1007/s12565-015-0301-2>.
25. González, X., & Landó, F. (2014). Angiotomografía cerebral: variantes anatómicas más frecuentes del Polígono de Willis ensayo iconográfico. *Revista Imagenología*, XVII (2), 93–97.

26. Martínez, F., Spagnuolo, E., Calvo-Rubal, A., (2004). Variaciones del sector anterior del polígono de Willis. Correlación anátomo-angiográfica y su implicancia en la cirugía de aneurismas intracraneanos (Arterias: ácigos cerebral anterior, mediana del cuerpo caloso y cerebral media accesoria). *Neurocirugía*, 15(6), 578–588. [https://doi.org/10.1016/s1130-1473\(04\)70449-2](https://doi.org/10.1016/s1130-1473(04)70449-2)
27. Grossman, & Yousem. (2007). *Neurorradiología* (2ed.). Marban.
28. Yilmaz, E., Ilgit, E., & Taner, D. (1995). Primitive persistent carotid-basilar and carotid-vertebral anastomoses: A report of seven cases and a review of the literature. *Clinical Anatomy*, 8(1), 36–43. <https://doi.org/10.1002/ca.980080107>.
29. Uchino, A., & Takase, Y. (2006). Fenestration of the Middle Cerebral Artery Detected by MR Angiography. *Magnetic Resonance in Medical Sciences*, 5(1), 51–55. <https://doi.org/10.2463/mrms.5.51>
30. Salas, E., Ziyal, I. M., Sekhar, L. N., & Wright, D. C. (1998). Persistent Trigeminal Artery: An Anatomic Study. *Neurosurgery*, 43(3), 557–561 <https://doi.org/10.1097/00006123-199809000-00082>.
31. Morales-Aguilar, F. A., Morales-Aguilar, J., & Ponce-Nájera, E. (2021). Hallazgo incidental de una arteria trigeminal persistente unilateral izquierda: informe de dos casos. *Revista Anales de Radiología México*, 20 (4). <https://doi.org/10.24875/arm.20000206>.
32. Sierra J.I., Sierra J.D., Vera O., (2018). Anatomía básica de la circulación cerebral posterior. *Revista Médica Sanitas*, 4. <https://doi.org/10.26852/01234250.27>
33. Lippert, H., Wacker, F. and Pabst, R., (2018). *Arterial Variations in Humans: Key Reference for Radiologists and Surgeons: Classifications and Frequency*. 1st ed. Thieme.
34. Yuan, S., (2016). Aberrant Origin of Vertebral Artery and Its Clinical Implications. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 31(1). DOI: 10.5935/1678-9741.20150071
35. Boleaga-Durán, B., Ameller-Terrazas S., Criales-Cortés JL. (2004). Variantes anatómicas del círculo arterial de la base craneal. *Revista Anales de Radiología México*,4: 239-244.

36. Tolabín I., Bertona CA., Bertona JJ. (2014). Variantes Anatómicas del Polígono de Willis por Angio-Resonancia Magnética. *Revista Argentina de Diagnóstico por Imágenes*, vol.3(8).
37. Meckel, S., Spittau, B., McAuliffe, W. (2011). The persistent trigeminal artery: development, imaging anatomy, variants, and associated vascular pathologies. *Neuroradiology*, 55(1),5–16. <https://doi.org/10.1007/s00234-011-0995-3>
38. Uchino A, Sawada A, Takase Y. (2003). MR angiography of anomalous branches of the internal carotid artery. *AJR Am J Roentgenol*. 18:1409-14.
39. Lazaridis, N., Piagkou, M., & Loukas, M. (2018). A systematic classification of the vertebral artery variable origin: clinical and surgical implications. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 40(7), 779–797. <https://doi.org/10.1007/s00276-018-1987-3>
40. Ziyal, I. M., Özgen, T., & Sekhar, L. N. (2005). Proposed Classification of Segments of the Internal Carotid Artery: Anatomical Study with Angiographical Interpretation. *Neurología medico-chirurgica*, 45(4), 184–191. <https://doi.org/10.2176/nmc.45.184>
41. Internal Carotid Artery and Its Aneurysms | neuroangio.org. (2022). Neuroangio.Org. <http://neuroangio.org/anatomy-and-variants/internal-carotid-artery-and-its-aneurysms>
42. Menshawi, K., Mohr, J. P., & Gutierrez, J. (2015). A Functional Perspective on the Embryology and Anatomy of the Cerebral Blood Supply. *Journal of Stroke*, 17(2), 144. <https://doi.org/10.5853/jos.2015.17.2.144>
43. Gómez-Castro, I. I., Piña-Moneda, L. O., & Granados-Sandoval, E. (2019). Anatomía variante del arco aórtico y troncos supraaórticos, análisis de su expresión morfológica por TCMD. *Revista Anales de Radiología México*, 18(2). <https://doi.org/10.24875/arm.19000060>
44. Parmar, H., Sitoh, Y., & Hui, F. (2005). Normal variants of the intracranial circulation demonstrated by MR angiography at 3T. *European Journal of Radiology*, 56(2), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2005.05.005>
45. Eftekhar, B., Dadmehr, M., & Ansari, S. (2006). Are the distributions of variations of circle of Willis different in different populations? – Results of an anatomical study and review of literature. *BMC Neurology*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2377-6-22>

46. Jiménez-Sosa, M. S., Cantu-González, J. R., & Morales-Avalos, R. (2017). Anatomical Variants of Anterior Cerebral Arterial Circle: A Study by Multidetector Computerized 3D Tomographic Angiography. *International Journal of Morphology*, 35(3), 1121–1128. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000300049>
47. Horikoshi, T., Akiyama, I., Yamagata, Z., & Sugita, M. (2002). Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the circle of Willis and the occurrence of cerebral aneurysms. *Journal of Neurosurgery*, 96(4), 697–703. <https://doi.org/10.3171/jns.2002.96.4.0697>
48. Tapia, G. P., Zhu, X., & Xu, J. (2015). Incidence of Branching Patterns Variations of the Arch in Aortic Dissection in Chinese Patients. *Medicine*, 94(17), e795. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000000795>



SURPROTEM/POSGRADO

Fecha	28	JUNIO	2022
-------	----	-------	------

Lista de Cotejo de Validación de Tesis de

Especialidades Médicas

día mes año

INFORMACIÓN GENERAL (Para ser llenada por el área de Posgrado)				
No. de Registro del área de protocolos	Si	X	No	Número de Registro
				HJM154/21-R
<b>Título del Proyecto</b>				
PREVALENCIA Y DIVERSIDAD DE VARIANTES ANATÓMICAS DE LA VASCULATURA CEREBRAL IDENTIFICADAS POR ANGIOGRAFIA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO PERIODO 2011-2021				
Nombre Residente	ROSSY CAROLINA TAVERAS GONZALEZ			
Director de tesis	GUSTAVO MELO GUZMAN			
Director metodológico	NO LO CONTACTO			
Ciclo escolar que pertenece	2021-2022	<b>ESPECIALIDAD</b>	TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLOGICA	
INFORMACIÓN SOBRE PROTOCOLO/TESIS (Para ser validado por la División de Investigación/SURPROTEM)				
VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD	HERRAMIENTA	PLAGSCAN	PORCENTAJE	2%
COINCIDE TÍTULO DE PROYECTO CON TESIS			SI	X NO
COINCIDEN OBJETIVOS PLANTEADOS CON LOS REALIZADOS			SI	X NO
RESPONDE PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN			SI	X NO
RESULTADOS DE ACUERDO A ANÁLISIS PLANTEADO			SI	X NO
CONCLUSIONES RESPONDEN PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN			SI	X NO
PRETENDE PUBLICAR SUS RESULTADOS			SI	X NO
VALIDACIÓN (Para ser llenada por el área de Posgrado)				
Si	X	Comentarios		
No		Realiza justificación y enmienda del protocolo		

VoBo SURPROTEM/DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN