



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA**

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD CIUDAD SALUD.

**“VARIANTES ANATÓMICAS DEL POLIGONO DE WILLIS
OBSERVADAS EN SECUENCIA AXIAL 3D TOF Y SU
ASOCIACIÓN CON ANEURISMAS CEREBRALES.”**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y
TERAPÉUTICA.**

**PRESENTA
DR. RAÚL ANTONIO GORDILLO ROSALES**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. FERNANDO PEREZ GORDILLO.**

**ASESORES DE TESIS
M. EN C. MA GUADALUPE TRUJILLO VIZUET.
DRA. VERÓNICA COUTIÑO ESCOBAR.**



**HOSPITAL REGIONAL
ALTA ESPECIALIDAD
CIUDAD SALUD**

TAPACHULA - CHIAPAS, MÉXICO, OCTUBRE 2021



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.

AUTORIZACIÓN DE TESIS

Dra. Ana Elisa Ramírez Sánchez.

Coordinadora de Enseñanza.
Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”.

Dr. Fernando Pérez Gordillo.

Director de tesis.
Profesor Titular del Curso de Especialidad en Imagenología del Hospital
Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”.

M. EN C. Ma Guadalupe Trujillo Vizuet.

Asesora de tesis.
Investigadora del Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”.

Dra. Verónica Coutiño Escobar.

Asesora de tesis.
Profesora Adjunta del Curso de Especialidad en Imagenología del Hospital
Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”.

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital Regional de Alta Especialidad por permitirme utilizar sus instalaciones para realizar esta investigación y conseguir el grado de especialidad en imagenología diagnóstica y terapéutica Asimismo del área de imagen y radiología por utilizar su base de datos y su espacio durante estos cuatro años para mi formación.

Al Dr. Fernando Pérez Gordillo por haberme aceptado en la sede del hospital para realizar la residencia y continuar con mi formación médica como especialista, así como paciencia y confianza durante el tiempo que la curse.

Al Dr. Federico Arenas y Dra. Carmen Hernández por ser como docentes que abrieron puertas al conocimiento que antes no comprendía y que en enseñanza diaria se tomaban el tiempo para que siempre saliera después de una guardia con un nuevo aprendizaje.

A la Dra. Lenis Zempoaltecatl por haberme enseñado a pensar diferente a lo establecido, a no ser una persona monótona en el trabajo y la vida diaria y a amar la radiología más allá de solamente ser un medio para estabilidad económica. Amistad invaluable y buenos recuerdos me llevaré siempre a donde vaya.

A las Dras. Aline Pérez Toledo, Verónica Coutiño y Jaqueline Acuña por ser alguien más que un docente para la residencia, fueron más allá de ello y me otorgaron paciencia, sinceridad, apoyo, experiencia y confianza durante todo el camino recorrido.

A la M. En C. Ma. Guadalupe Trujillo Vizuet que para este proyecto me ha dado las herramientas para terminar algo que comencé hace 4 años y que ahora, me otorgo paciencia para revisar este último esfuerzo para continuar con el ejercicio profesional, ahora siendo especialista.

DEDICATORIA

A Dios por continuar con sus enseñanzas y seguir practicando su más grande valor de amar al prójimo. El darme la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, el valor para cambiar las que si puedo y la sabiduría para distinguir la diferencia siempre será una oración que continuaré ejerciendo en mi vida profesional como en la vida diaria.

A los docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día, así como el profesionalismo de cada uno de ellos ante la sede. De cada uno de ellos me llevo una gran admiración por sus conocimientos, sus actitudes ante el paciente y las ganas de enseñar son parte de mi formación que llevaré siempre como un recordatorio de una etapa en mi vida que no olvidaré.

Agradezco a mis padres, Raúl Gordillo y Rusbi Rosales quienes siempre fueron los pilares de apoyo en todos los proyectos que me he propuesto, así como el cariño incondicional que solamente puede ser otorgado dentro del seno familiar y que indudablemente origina el deseo de seguir avanzando en la vida hasta lograr los objetivos que uno mismo se ha impuesto.

A mi hermano por su indudable apoyo desde la distancia y a su adorable familia que siempre me dio felicidad en los momentos mas oportunos en los que los necesitaba. La familia siempre será lo primero a pesar de no estar cerca y aun así los lazos no se rompen.

A mis compañeros residentes porque de todos aprendí no solo radiología sino la convivencia de muchos lugares, nacionales y extranjeros y que la formación se da con el paso de esfuerzo mutuo para ser radiólogo. A los Petruscos para que sigamos siendo familia y hacer la banda sonora de nuestros triunfos.

INDICE

I.	ABREVIATURAS	1
II.	RESUMEN.....	2
III.	ABSTRACT	4
1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
A.	Antecedentes	9
B.	Definición de Polígono de Willis.....	11
C.	Estructura	12
D.	Embriología	13
E.	Variantes anatómicas	14
F.	Técnicas de estudio.....	18
G.	Definición de aneurismas cerebrales.....	23
H.	Epidemiología	24
I.	Clasificación.....	24
J.	Fisiopatología.....	25
K.	Diagnóstico	27
3.	JUSTIFICACION.....	28
4.	HIPÓTESIS	29
5.	OBJETIVOS.....	30
A.	General.....	30
B.	Específicos	30
6.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
8.	CRITERIOS DE SELECCIÓN	33
A.	Criterios de inclusión	33
B.	Criterios de exclusión.....	33
C.	Criterios de eliminación	33
9.	RESULTADOS.....	34
10.	DISCUSIÓN.....	37
11.	CONCLUSIONES.....	38
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39

I. ABREVIATURAS

PW: Polígono de Willis.

TOF: Time of Flight.

ACA: Arterias Cerebrales Anteriores.

ACI: Arteria Carótida Interna.

ACM: Arteria Cerebral Media.

AComA: Arteria Comunicante Anterior.

AComP: Arteria Comunicante Posterior.

AICA: Arteria Cerebelosa Antero-Inferior.

AB: Arteria Basilar.

AV: Arteria Vertebral.

ACP: Arteria Cerebral Posterior.

ACPI: Arteria Cerebelosa Postero-Inferior.

ACS: Arteria Cerebelosa Superior.

AH: Arteria Hipoglosa.

APro: Arteria Proatlantal.

AO: Arteria ótica.

AT: Arteria Trigémino.

PACS: Picture Archiving and Communication System.

TE: Tiempo de eco.

TOF: Time of flight

TR: Tiempo de repetición.

II. RESUMEN

Introducción: El Polígono de Willis (PW), también conocido como círculo arterial cerebral, se encuentra conformado por siete arterias adosadas en forma heptagonal situadas en la base del cerebro y que suministran más del 80% de la sangre oxigenada del cerebro. En menos del 40% de los casos son completos o bien desarrollados por lo que son frecuentes las variantes anatómicas. Así mismo, se ha descrito que existe una incidencia mayor de aneurismas cerebrales asociados a estas variantes. La prevalencia de los aneurismas cerebrales se encuentra entre el 1 y 6% a nivel poblacional. Para obtener un análisis adecuado de las estructuras que la conforman es necesario un estudio de imagen, por lo que la secuencia 3D TOF (Time of Flight) sin contraste es la técnica de elección en el estudio del PW y también es útil en el abordaje diagnóstico de aneurismas cerebrales.

Objetivo: Establecer una asociación entre las variantes anatómicas del Polígono de Willis y los aneurismas cerebrales vistos en la secuencia Axial 3D TOF de la Resonancia Magnética (RM) en el Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud” en el período 2019-2020.

Material y Método: Se realizó un estudio descriptivo, observacional y retrospectivo con información obtenida por el Sistema de Comunicación y Archivo de Imágenes (PACS) en el período 2019-2020 seleccionando a los pacientes que presenten aneurismas cerebrales y variantes anatómicas de PW asociados.

Resultados: De 127 resonancias magnéticas de cráneo simple que fueron estudiadas se observó que el porcentaje de aneurismas cerebrales en relación a variantes anatómicas fue del 11% en el cual la variante tipo 5 fue la que más incidencias tuvo con un 44% y que el rango de edad predominante fue el de 45 a 50 años, en los que el sexo femenino fue el que obtuvo mayores registros. Así mismo se desglosan los porcentajes de incidencia de cada uno de las variantes anatómicas encontradas durante el estudio: Variante tipo 1 (6%), variante tipo 2 (5%), variante

tipo 3 (7%), variante tipo 4 (15%), variante tipo 5 (44%), variante tipo 6 (6%), variante tipo 7 (5%) y variante tipo 8 (12%).

Conclusión: Las variantes anatómicas si tienen una asociación con los aneurismas cerebrales, sobre todo con la variante tipo 5 en la población estudiada de las resonancias magnéticas simples de cráneo, así como se hace énfasis en la importancia de pedir la secuencia 3D TOF en éste tipo de estudios radiológicos para estudiar de manera adecuada el PW y así no recurrir a métodos más invasivos como la resonancia magnética con medio de contraste intravenoso o las angiotomografías las cuales incluyen radiación.

Palabras clave: Secuencia 3D TOF, variante anatómica de Polígono de Willis, resonancia magnética.

III. ABSTRACT

Introduction: The Polygon of Willis (PW), also known as the cerebral arterial circle, is made up of seven arteries attached in a heptagonal shape located at the base of the brain and which supply more than 80% of the oxygenated blood of the brain. In less than 40% of cases they are complete or well developed, so anatomical variants are frequent. Likewise, it has been described that there is a higher incidence of cerebral aneurysms associated with these variants. The prevalence of cerebral aneurysms is between 1 and 6% at the population level. To obtain an adequate analysis of the structures that make it up, an imaging study is necessary, so the 3D TOF (Time of Flight) sequence without contrast is the technique of choice in the study of PW and is also useful in the diagnostic approach of brain aneurysms.

Objective: To establish an association between the anatomical variants of the Polygon of Willis and the cerebral aneurysms seen in the Axial 3D TOF sequence of the Magnetic Resonance (MRI) in the Regional Hospital of High Specialty "Ciudad Salud" in the period 2019-2020.

Material and Method: A descriptive, observational and retrospective study was carried out with information obtained by the Image Archive and Communication System (PACS) in the 2019-2020 period, selecting patients with brain aneurysms and associated PW anatomical variants.

Results: Of 127 simple skull magnetic resonance imaging that were studied, it was observed that the percentage of cerebral aneurysms in relation to anatomical variants was 11%, in which the type 5 variant was the one that had the most incidents with 44% and that the range the predominant age was between 45 and 50 years, in which the female sex was the one with the highest records. Likewise, the incidence percentages of each of the anatomical variants found during the study are describe as follow: Type 1 (6%), type 2 (5%), type 3 (7%), type 4 (15%), type 5 (44%), type 6 (6%), type 7 (5%) and type 8 (12%).

Conclusion: Anatomical variants of Circle of Willis (CW) do have an association with cerebral aneurysms, especially with type 5 in the population studied of simple magnetic resonances of the skull, as well as the importance of ordering the 3D TOF sequence in this type of radiological studies is emphasized. To adequately study the CW and thus not resort to more invasive methods such as magnetic resonance imaging with intravenous contrast medium or CT angiography which includes radiation.

Keywords: 3D TOF sequence, anatomical variant of Polygon of Willis, magnetic resonance imaging.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema arterial cerebral o circuito cerebral arterial que representa el principal suministro de sangre al cerebro se origina en las arterias carótidas internas izquierda y derecha, así como en la arteria basilar. Todas estas arterias se anastomosan y forman el Polígono de Willis (PW) en la base del cerebro. (1)

La finalidad de este trabajo es entender la anatomía de este circuito arterial cerebral y conocer las múltiples variantes anatómicas que se pueden encontrar, además se tiene registro que algunas variantes están asociadas o contribuyen a la formación de dilataciones aneurismáticas, por lo cual el estudio de imagen por resonancia magnética se convierte en una herramienta útil para evaluar el aporte sanguíneo al sistema nervioso central además de diferenciar malformaciones vasculares. (2)

Un aneurisma se define como una dilatación focal de la pared vascular y lo más frecuente es observarlas como una saliente que se parece a un globo denominándose aneurisma sacular o como un segmento arterial elongado llamándose aneurisma fusiforme. Se tiene una estimación de la prevalencia mundial de aneurismas intracraneales de aproximadamente entre 5% y 8 % de la población. Estos aneurismas cerebrales se caracterizan por tener paredes delgadas y localizándose en los vasos que forman el PW, que recibe este nombre por la forma pentagonal que se localiza en la cara ventral del encéfalo, y se forma por las arterias: comunicante anterior, arterias cerebrales anteriores, carótidas internas, comunicantes posteriores y cerebrales posteriores; siendo los puntos de ramificación de la bifurcación de la arteria carótida interna el sitio más común donde aparecen los aneurismas, y debido a su ubicación en el espacio subaracnoideo, la ruptura del aneurisma es la causa más común de hemorragia subaracnoidea de tipo no traumática, lo cual representa una alta mortalidad. (3)

En estudios recientes como el publicado por Hondares Guzmán et al. en el 2016 se reporta que la localización principal de los aneurismas es en la carótida interna distal lo cual se correlaciona con otros estudios que reportan que el sitio más común es

en la bifurcación de esta arteria en sus ramas terminales ya antes mencionadas, y en orden descendente los sitios más comunes son el bulbo carotideo y carótida externa, siendo el sexo femenino el género donde más se reportan estas alteraciones y la edad media de 80 años. La etiología es muy variada habiendo reporte de enfermedades congénitas de la pared arterial como la displasia fibromuscular la cual afecta a menos de 1% de la población, secundario a enfermedades inflamatorias autoinmunes como la enfermedad de Takayasu y menos frecuente de origen infeccioso, sin embargo también se reporta en variantes anatómicas del PW como un hallazgo incidental, lo cual es importante ya que muchos de ellos permanecen asintomáticos hasta que los síntomas neurológicos isquémicos se desencadenan, siendo de vital importancia su detección y tratamiento oportuno. (4–6)

Lo que se propone en este estudio es recoger el mayor número de variaciones posibles mediante resonancia magnética utilizando la secuencia 3D TOF y establecer una correlación con los aneurismas, así como hallazgos adicionales como placas de aterosclerosis las cuales se relacionan con disminución del calibre y eventos vasculares isquémicos. Las arterias con más variabilidad son en orden: arteria comunicante posterior, arteria comunicante anterior y la arteria cerebral anterior. (7,8)

En el estudio realizado por Ávila Rosas Et Al. Clasifica Las variantes anatómicas del polígono de Willis en 8 tipos: “Tipo 1.- El círculo de Willis presenta una forma asimétrica con un segmento de menor calibre que el otro”; “Tipo 2.- El Círculo de Willis presenta simetría, pero todas las estructuras anatómicas muestran calibre reducido”; Tipo 3.- “El Círculo de Willis presenta Hipoplasia unilateral del segmento A1 de la ACA”; Tipo 4.- “El Círculo de Willis presenta hipoplasia unilateral del segmento P1 de la ACP”; Tipo 5.- “El Círculo de Willis presenta hipoplasia bilateral del segmento P1 de la ACP”; Tipo 6.- “El Círculo de Willis presenta hipoplasia unilateral del segmento P1 de la ACP. con hipoplasia unilateral del segmento A1 de la ACA en el mismo lado”. Tipo 7.- “El Círculo de Willis presenta hipoplasia unilateral

del segmento P1 de la ACP con hipoplasia contralateral del segmento A1 de la ACA". Tipo 8.- "El Círculo de Willis presenta hipoplasia bilateral del segmento P1 de la ACP con hipoplasia del segmento A1 de la ACA".

Además, clasifica los aneurismas por tamaño siendo Aneurisma muy pequeño: menor a 3 mm Aneurisma pequeño: menor a 11 mm. Aneurisma grande: 11 a 25 mm. Aneurisma gigante: mayor a 25 mm. Y otros autores lo clasifican en variantes del Polígono de Willis anterior y posterior. (9,10)

Las variaciones del PW tienen un gran impacto en la práctica clínica, las cuales deben tenerse en cuenta para evitar complicaciones inesperadas durante los procedimientos quirúrgicos como el clipaje que forma parte del tratamiento, tanto de aneurisma cerebral roto y no roto. (11,12)

La Resonancia Magnética en la obtención de imágenes se ha convertido en uno de los métodos más importantes de los conocidos e inventados hasta el periodo actual. Los beneficios obtenidos por este método es que no utiliza radiación ionizante, es una alternativa no invasiva, no necesita anestesia, no requiere medio de contraste endovenoso para la obtención de imágenes para la evaluación del sistema arterial y venoso y se obtiene una mejor resolución de imagen. (9,13)

2. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes

Entre muchos descubrimientos y avances importantes en la comprensión del sistema nervioso, la entidad más famosa descrita por Thomas Willis fue la formación arterial anastomótica en la base del cerebro. La maravillosa ilustración fue preparada por Christopher Wren (1632-1723), alumno de Willis, quien más tarde diseñó la Catedral de St. Paul, Londres.

A pesar de inexactitudes menores, por ejemplo, la ramificación múltiple de la arteria cerebral media derecha y el tamaño de las arterias cerebrales posteriores, la figura de Wren todavía proporcionó la representación esquemática más hermosa y precisa de la base del cerebro en ese momento, en particular la relación entre vasos sanguíneos y nervios craneales (Fig. 1).

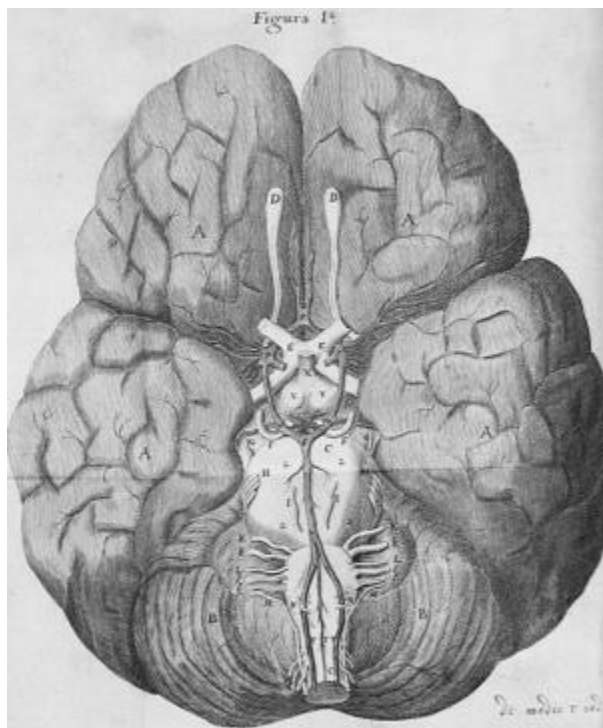


Fig. 1. Base del Cerebro. Willis T. *Cerebri anatome, cui accessit nervorum descriptio et usus*. Londres, Inglaterra. 1664. 50.

Es evidente que Willis, sus colegas y alumnos proporcionaron una descripción de la base del cerebro superior a la de todos sus predecesores. Entonces, ¿qué habían hecho de manera diferente? En el siglo XVII, el cerebro era el órgano más difícil de estudiar, porque contenía muchas estructuras delicadas y se descomponía rápidamente. Para superar estos obstáculos, además del trabajo duro, el grupo había utilizado varios enfoques y tecnologías novedosos. (16)

Los métodos de imagen actuales incluyen el Doppler transcraneal, la angiografía por sustracción digital (DSA), la angiografía por tomografía computarizada y la angiografía por resonancia magnética, de las cuales el Doppler transcraneal es el estándar de oro. Sin embargo, ésta es invasiva, con una serie de inconvenientes, como la exposición a la radiación y la necesidad de un agente de contraste, etc. La ATC es una excelente modalidad de diagnóstico, sin embargo, también requiere la inyección de un agente de contraste y la exposición a la radiación, con efectos concomitantes sobre el hueso y la calcificación. (17)

Los aneurismas intracraneales surgen normalmente en el polígono de Willis o en la bifurcación de la arteria cerebral media (ACM). Por necropsia, aproximadamente 90% tiene localización en circulación anterior y sólo 10% en el sistema vertebrobasilar.^{1,4,6} Un 33% de los aneurismas se localizan en la arteria comunicante anterior (ACoA), otro 33% en la unión de la arteria comunicante posterior (ACoP) con la arteria carótida interna (ACI) y 20% en la bifurcación o trifurcación de la arteria cerebral media (ACM).

En el artículo llamado The Tromsø Study, se identificaron 47 variantes de PW únicas, de las cuales cinco variantes constituían el 68,5% de la muestra. La variante completa se encontró en el 11,9% de los sujetos, y la variante más común (27,8%) carecía de ambas arterias comunicantes posteriores. Las frecuencias condicionales mostraron patrones de interdependencia en la mayoría de los segmentos faltantes en el CoW. Las variantes de CoW se asociaron con la edad media dividida ($p =$

0,0147), y hubo una tendencia que mostraba más segmentos faltantes con el aumento de la edad. No encontramos asociación con el sexo ($p = 0,0526$). (18)

B. Definición de Polígono de Willis

El círculo de Willis es una estructura poligonal de vasos sanguíneos presentes en la base del cerebro que distribuye sangre arterial rica en oxígeno a la masa cerebral. Fue descrito por Thomas Willis (1621-1675) en su libro *Cerebri Anatome* en 1664. Fallopius (1523-62) dio la primera descripción razonablemente correcta de las ramificaciones arteriales basales, excepto la arteria comunicante posterior, que pensó que estaba indirectamente conectada con la arteria carótida interna a través de una red de pequeñas arterias. Casserius (1561-1616) corrigió este error unilateralmente. Veinte años después, Vesling (1598-1649) ilustró una arteria comunicante posterior completa, pero no logró demostrar una unión inequívoca de las arterias cerebrales anteriores. Thomas Willis, asistido por Richard Lower y Christopher Wren, reconociendo los estudios previos, proporcionó la primera ilustración completa del círculo arterial cerebral con su naturaleza anastomótica.

La base del cerebro es el lugar donde se anastomosan el sistema vertebro-basilar y el sistema carotídeo interno de los vasos. La anastomosis de estos dos sistemas se produce en la cisterna interpeduncular y forma un círculo arterial llamado "Círculo de Willis". La arteria carótida interna termina dividiéndose en arterias cerebrales anterior y media. También da arterias coroideas anteriores, comunicantes posteriores y oftálmicas en la base del cerebro. La arteria basilar está formada por la unión de las arterias vertebrales derecha e izquierda en el borde inferior de la protuberancia. Termina dividiéndose en dos arterias cerebrales posteriores en el borde superior de la protuberancia.

Esta anastomosis ayuda a ralentizar la sangre antes de que llegue al cerebro y ayuda en la circulación colateral. Las pulsaciones de las arterias también ayudan en el drenaje del líquido cefalorraquídeo en la cisterna interpeduncular. (19)

C. Estructura

El anillo está delimitado anteriormente por una única Arteria Comunicante Anterior (AComA), que conecta las Arterias Cerebrales Anteriores bilaterales (ACA). Los ACA discurren posterolateralmente hasta alcanzar su conexión más lateral con el Arteria Carótida Interna (ACI), que corre cefálicamente a través del cuello y hacia el cerebro. A medida que cada ACI sigue su curso, individualmente emiten una arteria oftálmica. En el punto de conexión entre la ACA y la ACI, la continuación lateral de la ACI se convierte en la Arteria Cerebral Media (ACM). Cursando posteromedialmente desde cada unión ACA-ACI se encuentra la arteria comunicante posterior (AComP). El AComP conecta el ACM con las Arterias Cerebrales Posteriores (ACP), que forman el aspecto más posterior del PW. Los ACP bilaterales se fusionan para convertirse en la Arteria Basilar (AB). La AB discurre caudalmente a lo largo de la protuberancia anterior, dando lugar a muchas ramas, incluidas las arterias cerebelosas superiores, las arterias pontinas y la arteria cerebelosa anteroinferior. El AB luego se divide en los Arterias Vertebrales (AV) bilaterales, cada uno de los cuales emite una Arteria Cerebelosa Posterior Inferior (ACPI) y contribuye a la formación de una única arteria espinal anterior (Fig. 2). (20)

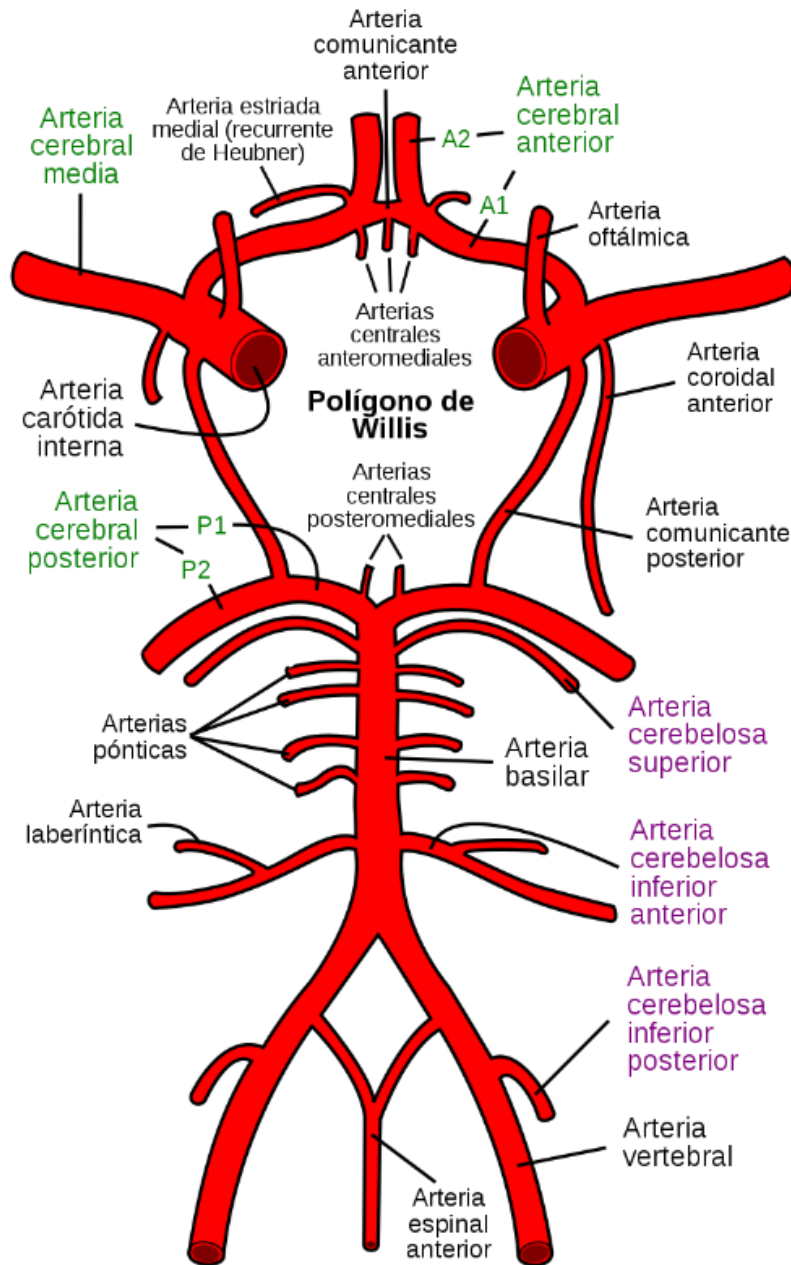


Fig. 2. Representación esquemática del polígono de Willis y arterias del encéfalo. Trabajo propio, Ninovolador basado en: Circle of Willis pt.svg de Rhcastilhos

D. Embriología

La formación de la circulación cerebral comienza con el desarrollo de seis pares de arterias del arco branquial. Las arterias del tercer arco branquial contribuyen a la formación de las ICA al principio de la vida embrionaria. Las arterias del segundo

arco branquial ayudan a formar las arterias faríngeas ventrales, que se fusionan proximalmente con las ICA para formar las Arterias Carótidas Comunes (ACC). Alrededor de los 28 días de desarrollo, la ACI se ramifica en divisiones anterior y posterior. La ACI anterior da lugar a la ACA, la ACM y la arteria coroidea anterior; la división posterior da lugar a la PCA y la arteria coroidea posterior.

El crecimiento del lóbulo occipital y el tronco encefálico desencadenan el desarrollo de la circulación posterior. Al principio del desarrollo, el rombencéfalo recibe irrigación vascular de las conexiones carótido-vertebrobasilar a través de la arteria trigémino (AT), la arteria ótica (AO), la arteria hipoglosa (AH) y la arteria proatlantal (APro). Cuando el AComP se forma y se conecta al AB distal, el AT, AO y AH retroceden. El APro permanece hasta que se desarrollan los AV.

El desarrollo de la ACM comienza alrededor de los 35 días a partir de la división anterior de la ACI. Mientras tanto, el ACA crece medialmente, lo que lleva al desarrollo del AComA. La formación de ACA y AComA marca el desarrollo completo de PW, que ocurre típicamente a las 6 a 7 semanas de desarrollo. (21)

E. Variantes anatómicas

i. Circulación anterior

Las arterias cerebrales anteriores pueden estar unidas en un solo tronco, que discurre por la fisura longitudinal, dando ramas a ambos hemisferios. Los segmentos A1 izquierdo y derecho son asimétricos en tamaño en la mayoría de los individuos y pueden estar ausentes o fenestrados; en raras ocasiones, este segmento puede viajar por debajo del nervio óptico o a través de él.

Puede haber una arteria cerebral anterior accesoria y el segmento A1 puede surgir de la ACI cavernosa o contralateral.

Los ACA derecho e izquierdo pueden correr como un vaso (ácigos), para dividirse distalmente, o uno puede ser una rama de la arteria contralateral. Otras variaciones de la arteria comunicante anterior (AComA) incluyen aplasia, fenestración y duplicación. Este recipiente puede ser curvo, torcido o tortuoso. La arteria rara vez está ausente.

Un segmento A2 puede ser hipoplásico; por tanto, el A2 contralateral inerva ambos hemisferios. A2 puede estar duplicado. En un ACA ácigos, ambos segmentos A1 se unen para formar un solo segmento A2. Se pueden encontrar ramas hacia el hemisferio contralateral, dando así, una diversidad de variantes en las cuales se pueden clasificar (Fig. 3). (22)

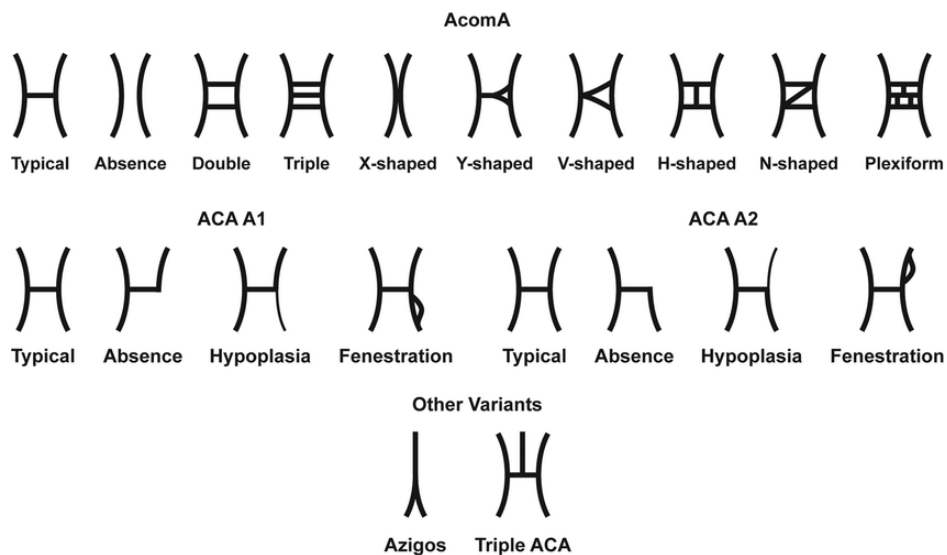


Fig. 3 Clasificación de variantes anatómicas de los segmentos A1 y A2 de la arteria cerebral anterior (ACA) y la arteria comunicante anterior (AComA). Modificación de Kayembe, Sasahara, y Clasificación Hazam. Krzyzewski et al., 2015

ii. Circulación posterior

A partir de la arteria vertebral, también se puede observar asimetría por hipoplasia, ausencia o terminación en ACPI de una de las arterias vertebrales. La vertebral izquierda es dominante alrededor del 45% del tiempo, la arteria vertebral derecha

es dominante alrededor del 30% del tiempo y las dos arterias son co-dominantes alrededor del 25% del tiempo.

Cuando hay una arteria comunicante posterior fetal, la P1 ipsilateral es típicamente hipoplásica y la AComP es de mayor calibre. Las variaciones del segmento P1 incluyen duplicación, fenestración y un origen compartido bilateral de la ACP y la arteria cerebelosa superior (ACS). Una rama perforante prominente puede irrigar porciones del tálamo ipsilateral y contralateral y, potencialmente, el mesencéfalo. El cerebro posterior puede discurrir por debajo, en lugar de por encima, del nervio motor ocular común, o puede estar ausente y ser reemplazado por un vaso contralateral accesorio. El ACP puede surgir de la carótida interna.

La arteria AcomP puede estar ausente o la rama que la representa puede no unirse al cerebro posterior. La fenestración de la arteria basilar se encuentra en menos del 1% de los casos.

La arteria basilar puede existir como 2 troncos longitudinales unidos a través de la línea media. El SCA puede estar duplicado o ausente. La arteria auditiva interna, comúnmente conocida como arteria laberíntica, suele ser una rama de la arteria cerebelosa anteroinferior (AICA), pero puede surgir de la SCA o de la arteria basilar.

La asimetría del círculo de Willis da como resultado una asimetría significativa del flujo y es un factor importante en el desarrollo de aneurismas intracraneales y accidente cerebrovascular isquémico. Los pacientes con aneurismas tienen más probabilidades de tener asimetría o una anomalía del círculo. El 85% de los aneurismas saculares surgen de las arterias del círculo de Willis, el 35% de la arteria comunicante anterior, el 30% de la arteria carótida interna, el 22% de la arteria cerebral media y el resto de la circulación posterior (Fig. 4).

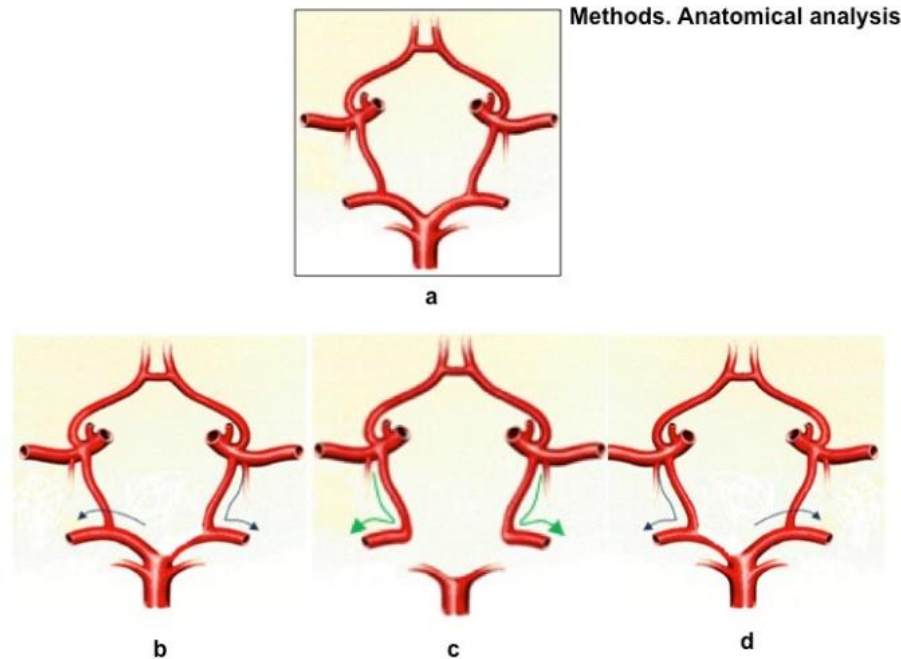


Fig. 4. Esquema de variaciones anatómicas del polígono de Willis en 3 situaciones diferentes: a) Anatomía normal de WP b) y d) Arteria cerebral posterior de tipo fetal unilateral c) Arteria cerebral posterior de tipo fetal bilateral. Don F. Schomer, Michael P. Marks, Gary K. Steinberg. 2014.

Además, la presencia de una vía colateral anterior no funcional en el círculo de Willis en pacientes con enfermedad oclusiva de la ACI está fuertemente asociada con el accidente cerebrovascular isquémico. Además, la dominancia de la arteria vertebral también puede contribuir a la curvatura de la arteria basilar y a los infartos de la circulación posterior.

Con poca frecuencia, se encuentra persistencia de anastomosis fetales que involucran el círculo de Willis, incluidas arterias trigeminales, óticas, hipoglosas y proatlantales persistentes. Estas arterias unen más o menos los sistemas carótido interno y vertebrobasilar. La arteria trigémino primitiva persistente es la más común de las anastomosis fetales persistentes (83%) y conecta el seno cavernoso con la arteria basilar. La arteria ótica persistente es la menos común de persistir y conecta la carótida petrosa con la arteria basilar. La arteria hipoglosa persistente conecta la ACI cervical petrosa o distal con la arteria vertebral. La arteria intersegmentaria proatlantal persistente conecta la ACI cervical con la arteria vertebral.

F. Técnicas de estudio

i. Time of Flight

La técnica de angiografía sin contraste más utilizada es la Time of flight (TOF), a pesar de que la técnica utilizada depende en parte del equipo de que se dispone (bobinas, gradientes y campo magnético). Es una técnica gradiente eco que utiliza tiempos de eco cortos y depende del flujo sanguíneo. Durante un estudio con la técnica de ARM TOF se emiten pulsos de radiofrecuencia para excitar los protones de los tejidos del organismo. Los protones de los tejidos estacionarios se visualizarán saturados a causa de la repetición continua de pulsos de radiofrecuencia bajando su intensidad de señal (Fig. 5a). Los protones de los tejidos no estacionarios (con movimiento), como los que componen la sangre, no experimentan excitación y por lo tanto no se saturan, generando una alta intensidad de señal. La diferencia de saturación entre los protones de tejidos estacionarios y los de tejidos no estacionarios permite distinguir el flujo sanguíneo del resto de tejidos (Fig. 5b) y por lo tanto la obtención de imágenes vasculares contrastadas. La intensidad de señal del vaso depende del grosor de corte, del tiempo de repetición, del T1 i de la velocidad de flujo (Fig. 5c).

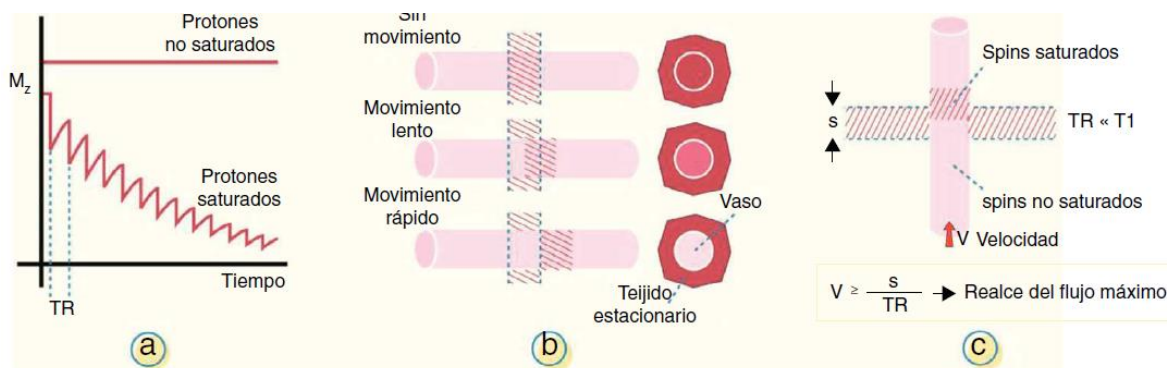


Fig. 5. a) A medida que aumenta el tiempo de repetición (TR), los tejidos en movimiento no se saturan, a diferencia de los tejidos estacionarios, que si se saturan. b) Se muestran la diferencia de saturación entre la sangre (tejido en movimiento) y los tejidos estacionarios. c) Representación de los distintos factores que contribuyen a la intensidad de la señal del vaso. Pau Vilanova Gallart. 2012

Para evitar la superposición de interferencia entre vasos arteriales y venosos, la técnica TOF utiliza bandas de saturación (fig. 6). Su finalidad es suprimir o saturar el sentido de uno de los 2 tipos de vasos (arteria o vena). En el estudio de las arterias carótidas la banda de saturación se sitúa cranealmente, con la finalidad de suprimir la dirección del flujo de las venas, principalmente la yugular, de tal manera que solo se ve aumentada la señal en las arterias carótidas, agilizando la lectura adecuada de su recorrido vascular.

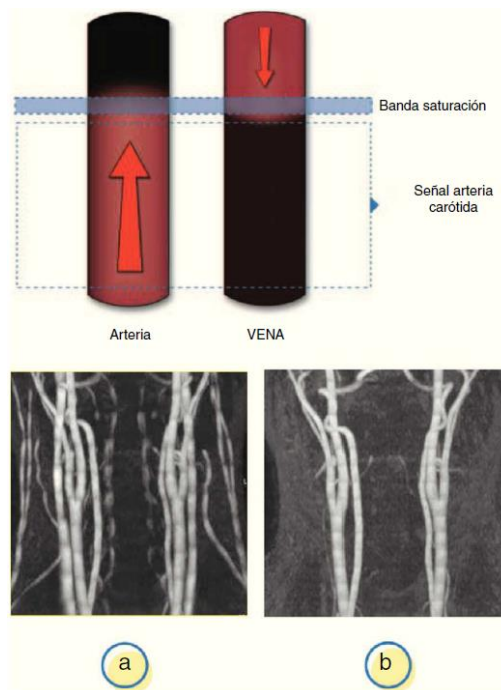


Fig. 6. a) Adquisición sin banda saturación; presencia de flujo venoso y arterial. b) Aplicación de la banda saturación; saturación de flujo venoso permitiendo visualización flujo arterial. Pau Vilanova Gallart. 2012

Además, en los estudios con la técnica TOF es de suma importancia que el plano de adquisición sea perpendicular a la dirección del flujo de los vasos de interés para poder recoger su máxima intensidad de señal. Todo vaso que no se encuentre en posición perpendicular al plano de estudio se verá saturado o semisaturado y apenas podremos visualizar su trayecto.

Las adquisiciones mediante la técnica TOF pueden realizarse en 2D y 3D2, dependiendo principalmente de la resolución espacial necesaria y de la longitud de la zona vascular a explorar. La técnica TOF 3D utiliza un tiempo de eco (TE) menor

y tiene mejor relación señal-ruido en comparación a la técnica TOF 2D. La técnica TOF 3D es usada para estudios de alta resolución espacial gracias a su alta relación señal-ruido y para exploraciones que necesitan una larga cobertura o campo de adquisición.

Las técnicas TOF 2D y 3D abarcan 3 grupos principales; TOF 2D, TOF 3D y TOF 3D segmentado³ (fig. 7). En las técnicas 2D, la adquisición se realiza a partir de múltiples cortes de forma contigua. Tiene 2 ventajas principales respecto a la técnica 3D: pueden utilizar tiempos de repetición (TR) muy cortos que potencian el efecto de entrada, y por otra parte la sangre parcialmente saturada se ve impedida de fluir de un corte a otro, garantizando una afluencia de flujo suficiente, incluso en vasos sanguíneos con flujo muy lento. En la técnica TOF 3D la cobertura o volumen de la imagen completa por lo general es de 30 a 60 mm de espesor y, a diferencia de la técnica TOF 2D, todo el volumen está excitado al mismo tiempo y posteriormente se puede dividir o segmentar el volumen total en cortes más finos, dando una mejor resolución espacial junto a una mayor relación señal ruido y facilitando una excelente reconstrucción a partir de vóxeles isotrópicos.

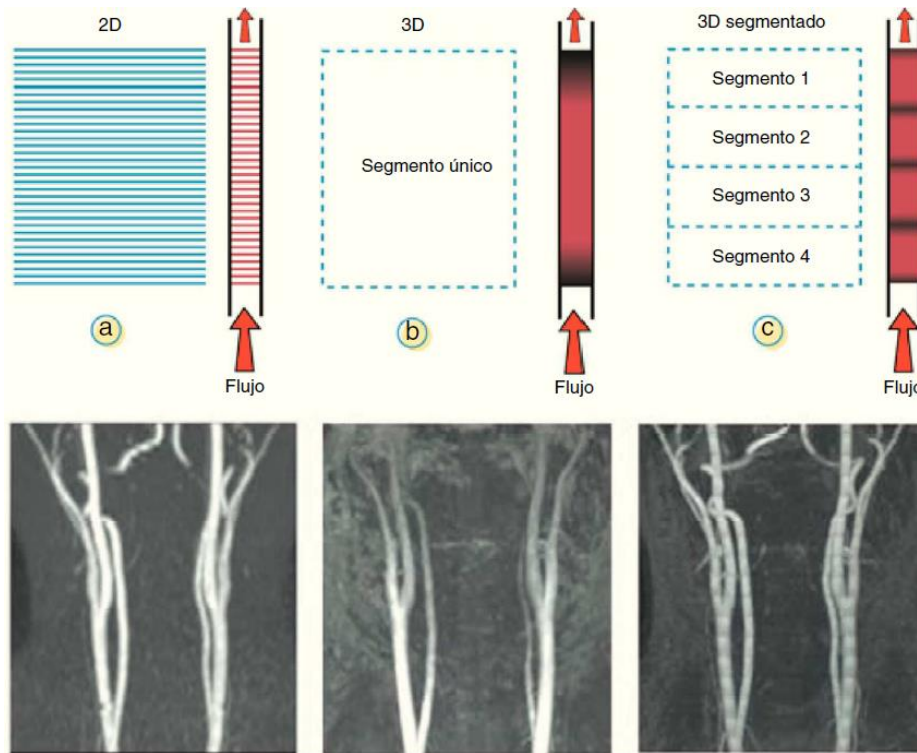


Fig. 7. Distintos ejemplos esquemáticos y gráficos de los 3 grupos principales de adquisición en la técnica TOF. a) TOF 2D. b) TOF 3D. c) TOF 3D segmentado. Puede observarse que en la técnica TOF 2D la definición de los vasos de pequeño calibre es muy limitada en comparación con la TOF 3D y, sobre todo, la TOF 3D segmentado, donde existe una clara mejora en la definición de las estructuras vasculares arteriales. Pau Vilanova Gallart. 2012

ii. Limitaciones

En la técnica TOF, las oclusiones vasculares severas se manifiestan por una pérdida de señal y saturación, a consecuencia de la interrupción o disminución del movimiento de los protones de la zona afectada.

Las principales limitaciones de la técnica TOF son la susceptibilidad a la pérdida de señal en zonas de flujo turbulento o muy lento y la necesidad de adquirir la imagen de manera perpendicular a la dirección del flujo de los vasos de interés.

A menudo ciertas regiones vasculares, como por ejemplo la bifurcación carotídea, pueden presentar estenosis severas y su consiguiente flujo turbulento. El flujo turbulento en la técnica TOF algunas veces provoca falta de señal justo después de

la zona realmente estenosada, pudiendo simular erróneamente su verdadera localización.

Referente a las divisiones de la técnica TOF (TOF 2D y 3D), el problema principal de la técnica TOF 2D ocurre cuando los vasos a estudiar no fluyen en una dirección perpendicular al plano de la imagen.

Si los vasos fluyen parcialmente dentro del corte o entran en una dirección no perpendicular al plano, puede perder señal debido a la saturación parcial de flujo. Por otra parte, la técnica 3D, a pesar de sus numerosas ventajas, tiene como principal limitación la saturación progresiva de la sangre producida cuando esta fluye a través del volumen y está sometida a repetidos pulsos de RF, dando como resultado una intensidad de la señal que disminuye continuamente en la dirección del flujo. El grado de saturación depende del tiempo en que la sangre se mantenga dentro del volumen. En consecuencia, el espesor máximo de volumen debe ser lo más pequeño posible, adaptado al tamaño de la región del vaso de interés. La reducción de la saturación también puede lograrse mediante el aumento del TR, un flip angle más pequeño y, a pesar de que la administración de contraste por vía intravenosa no se requiere en la técnica TOF, se puede aplicar en determinadas situaciones en que no sea posible valorar correctamente un vaso, como ocurre en el inconveniente del flujo lento descrito anteriormente.

La técnica TOF es una de las técnicas de ARM con tiempo de adquisición más largo. Así mismo, en las secuencias TOF se pueden visualizar artefactos relacionados con los tejidos que tengan un T1 muy corto (Fig. 8). (23)

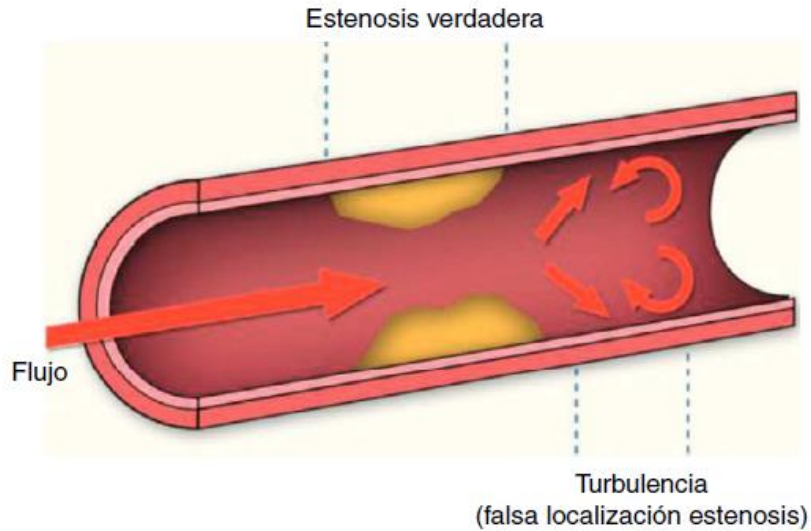


Fig. 8. Artefacto de sobrestimación de la estenosis real causado por flujo turbulento. Pau Vilanova Gallart. 2012

G. Definición de aneurismas cerebrales

El aneurisma cerebral es un trastorno cerebrovascular en el que la debilidad de la pared de una arteria intracraneal provoca una dilatación localizada o abombamiento del vaso sanguíneo. Si se rompe un aneurisma, la sangre se filtra al espacio alrededor del cerebro y causa una hemorragia subaracnoidea (HSA). (24)

Los aneurismas no siempre ponen en peligro la vida, pero pueden resultar graves consecuencias si uno revienta (se rompe) en el cerebro, derramando sangre en el tejido circundante. La rotura puede causar complicaciones graves, como accidente cerebrovascular, daño nervioso permanente o la muerte. Después de la ruptura, un aneurisma puede estallar nuevamente y volver a sangrar en el cerebro, y también pueden ocurrir aneurismas adicionales. Más comúnmente, la ruptura puede causar una hemorragia subaracnoidea, es decir, sangrado en el espacio entre el hueso del cráneo y el cerebro. Una complicación grave de la hemorragia subaracnoidea es la hidrocefalia. (25)

H. Epidemiología

La prevalencia de los aneurismas intracraneales en la población es de un 0,4% en estudios retrospectivos de autopsias, de un 3,6% en los prospectivos, de un 3,7% en estudios angiográficos retrospectivos y de un 6% cuando son prospectivos. La incidencia de HSA oscila entre 2 y 22,5 casos por cada 100.000 habitantes y año, con grandes variaciones entre regiones. Es más frecuente en mujeres y se relaciona con el consumo de tabaco, alcohol y cocaína, síndromes familiares y enfermedades genéticas predisponentes (Ehlers-Danlos y enfermedad poliquística hepatorrenal autosómica dominante). Se considera que los enfermos con aneurismas diagnosticados tienen un riesgo anual de sangrado del 0,4% por año. (26)

I. Clasificación

The Synagogue Medica, Oribasius de Pérgamo clasificó aneurismas en base a su etiología como dilataciones cilíndricas (aneurismas verdaderos) y dilataciones traumáticas por rotura de la pared (aneurismas falsos). Los aneurismas verdaderos ocurren en las paredes arteriales o miocárdicas sanas, en las que el grosor de la pared se ve adelgazado, se consideran algunos ejemplos los aneurismas ateroscleróticos, sifilíticos y congénitos. Los aneurismas falsos (pseudoaneurismas) son defectos de la pared que dan lugar a la formación de un hematoma de extravasación, es decir se forma una comunicación entre el espacio intravascular y extravascular. En este caso, el tejido de la adventicia del vaso sanguíneo limita el coágulo en la superficie externa impidiendo su propagación. Algunos de estos hematomas tienen características pulsátiles. Los ejemplos clásicos de los aneurismas falsos incluyen: rotura ventricular y adherencia pericárdica luego de un infarto de miocardio, fuga sanguínea de la unión de suturas de injertos o lesiones traumáticas de las arterias. Los aneurismas verdaderos se clasifican según su forma y tamaño. Por su forma pueden ser: sacciformes ó fusiformes (Fig. 9). Los aneurismas sacciformes son evaginaciones esféricas que solo afectan una porción de la pared vascular y suelen relacionarse a trombosis.

Los aneurismas fusiformes presentan dilatación circunferencial de una porción longitudinal larga de un vaso sanguíneo de hasta 30 cm. (27)

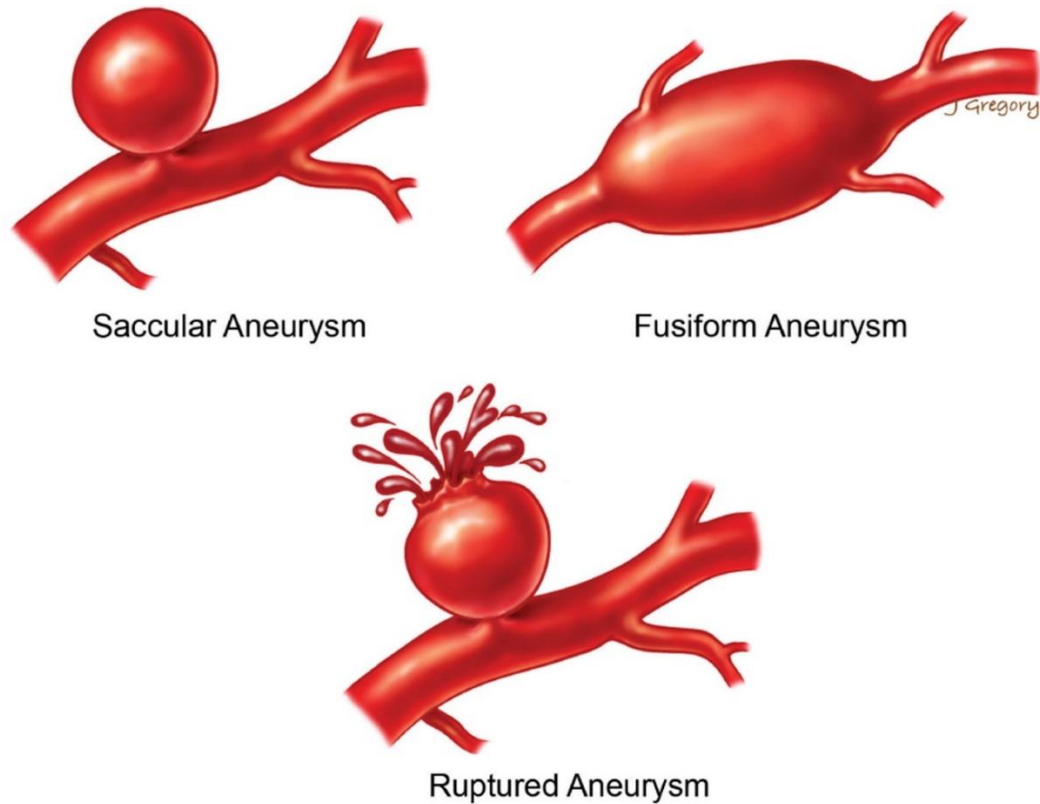


Fig. 9. Tipos de aneurismas según su morfología. Deborah M. Popovich. 2010

J. Fisiopatología

Se agrupan los factores promotores y desencadenantes que alteran la forma y función de la pared vascular e incluyen (28):

1) Debilitamiento de la pared vascular por desaparición de miocitos de la túnica media y síntesis insuficiente de componentes de la matriz extracelular. Esto ocurre principalmente en el contexto de isquemia de la pared vascular en el caso de trombosis de la vasa vasorum, engrosamiento de la pared como en la formación de placas ateromatosas. La hipertensión arterial se relaciona a estenosis de las arteriolas que suministran sangre a la vasa vasorum lo que lleva a disminución de aporte de oxígeno a la pared vascular que conduce a debilitamiento de la misma culminando en la formación de aneurismas. Los cambios isquémicos crónicos

resultan en pérdida de miocitos y a fibrosis con posterior disminución de elasticidad de la pared vascular que lleva a cambios degenerativos conocidos como degeneración quística de la media que comprenden múltiples mecanismos que debilitan la pared vascular y permiten su disección, estos cambios son: a) Pérdida de miocitos de la pared. b) Disminución de las fibras elásticas y aumento de colágeno. c) Disminución de depósito de la sustancia fundamental amorfa, en particular, glucosaminoglucanos.

La disección arterial se produce cuando la sangre penetra en la propia pared vascular, como sucede en el caso de un hematoma que se abre camino entre sus capas. Las disecciones suelen ser aneurismáticas y en casos graves pueden romperse y convertirse en un sangrado agudo mortal.

2) Procesos ateroscleróticos e hipertensivos. Suponen los procesos más importantes en la formación de aneurismas aórticos. La aterosclerosis es el factor más importante en la formación de aneurismas abdominales, mientras que la hipertensión arterial es el factor más importante en la formación de aneurismas de aorta ascendente. Las complicaciones primarias de la aterosclerosis que ocurren durante actividades fisiológicas normales, potenciándose por la hipertensión, son todas atribuibles a la fragilidad mural adquirida o pérdida patológica de la resistencia del vaso.

3) Alteración del tejido conectivo y de la matriz extracelular de la pared vascular. Incluye múltiples afecciones nutricionales, inflamatorias y síndromes genéticos. La deficiencia de vitamina C causa escorbuto, trastorno que conlleva a un desequilibrio en la síntesis y degradación del colágeno que afecta la pared de los vasos sanguíneos principalmente en el contexto de enfermedades inflamatorias. El aumento de producción de metaloproteinasas (MMP)7 por parte de los macrófagos conlleva a formación de aneurismas, esto puede ocurrir en casos de inflamación de la pared vascular (vasculitis) o en enfermedad aterosclerótica. Las MMP tienen la capacidad de degradar las proteínas que forman parte de la matriz extracelular que

lleva a adelgazamiento y posteriormente a dilatación de los vasos. Algunas alteraciones genéticas incluyen la mutación de la fibrilina que causa el síndrome de Marfán⁹ que permite el debilitamiento de las fibras elásticas, mutaciones de los receptores de los factores de crecimiento transformante beta, (TGF β) que causa síndrome de Loeys-Dietz relacionado a alteraciones en la elastina y colágeno.

Otros procesos relacionados a debilitamiento de la pared vascular son los traumas, vasculitis y los defectos congénitos. Dentro de los defectos congénitos poco estudiados se encuentran las variantes anatómicas del Polígono de Willis, esto se debe a que el debilitamiento de los vasos, aunado a la hipoplasia de las variantes que presenta la circulación cerebral ha sido asociado a aneurismas en alguno de los elementos que lo constituyen.

K. Diagnóstico

El desarrollo tecnológico ha facilitado el diagnóstico tanto de la hemorragia subaracnoidea como del aneurisma cerebral, que hasta hace pocos años pasaba por la clásica obtención del líquido cefalorraquídeo y el estudio por medio de la punción lumbar.

Al respecto, el diagnóstico radiográfico ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años. Así, la angiografía realizada con seriografía y el cateterismo arterial selectivo, sigue siendo el método de estudio más específico para el diagnóstico causal de la hemorragia intracraneal. (29)

A partir del desarrollo y aplicación de la computación en la medicina, se creó una nueva generación de equipos imagenológicos de diagnóstico, lo cual revolucionó el campo de la radiología, pues aparecieron la tomografía axial computarizada, la angiografía por sustracción digital y la resonancia magnética, siendo esta última en la secuencia 3 D TOF la más utilizada sin tener que poner medio de contraste intravenoso y tampoco ser un método invasivo y bastante seguro para el paciente.

3. JUSTIFICACION.

El conocimiento de las variantes de la circulación cerebral es necesario para el planeamiento quirúrgico e intervenciones que involucren la irrigación cerebral como es el caso de los aneurismas, ya que son encontradas con mucha frecuencia en la población general.

Al identificar este tipo de variantes en nuestra población podemos predecir cuales son las zonas más susceptibles para localizar los aneurismas y así coadyuvar con el equipo multidisciplinario.

En la literatura general se ha documentado la asociación de las diferentes variantes anatómicas con la presencia de aneurismas, un aspecto importante, ya que la morbi-mortalidad se aumenta cuando esta patología está presente.

La prevalencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis, los segmentos de las ramas terminales de la arteria carótida interna y la bifurcación de la arteria cerebral media no se han estudiado a fondo en nuestra población. Solo se cuenta con investigaciones en otras regiones a nivel internacional, en donde la población tiene características sociodemográficas que difieren de las nuestras, por lo cual surge la idea de evaluar que tan frecuente son estas variantes anatómicas vasculares en los pacientes a quienes, en el servicio de radiología, se les realiza resonancia magnética con secuencia 3D TOF. La literatura médica ha descrito una asociación de las diferentes variantes anatómicas con la presencia de aneurismas, y este, es un punto importante que se decidió tener en cuenta en el presente trabajo.

4. HIPÓTESIS

Las variantes anatómicas vistas en la secuencia Axial 3D TOF están asociados a aneurismas cerebrales en la población del HRAE “Ciudad Salud”, Tapachula, Chiapas.

5. OBJETIVOS

A. General

- Establecer una asociación entre las variantes anatómicas del Polígono de Willis y los aneurismas cerebrales vistos en la secuencia Axial 3D TOF de la RM en el HRAE “Ciudad Salud” en el período 2019-2020.

B. Específicos

- Definir la variante anatómica del Polígono de Willis más frecuente en la población del HRAE “Ciudad Salud”, Tapachula, Chiapas en el período 2019-2020.
- Comparar la variante anatómica más frecuente del Polígono de Willis con aquellos estudios con diagnósticos de aneurisma cerebral.
- Conocer la variante anatómica del Polígono de Willis más frecuente en la población masculina y femenina del HRAE “Ciudad Salud”, Tapachula, Chiapas en el período 2019-2020.
- Definir la variante anatómica del Polígono de Willis más frecuente de acuerdo al rango de edad del HRAE “Ciudad Salud”, Tapachula, Chiapas en el período 2019-2020.
- Justificar el uso de la secuencia axial 3D TOF de la RM como método no invasivo para el estudio del Polígono de Willis.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño para la investigación que se realizó fue de tipo descriptivo y retrospectivo de los pacientes cuya resonancia magnética de encéfalo se haya efectuado en el Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud” de consulta externa o ingresados por medio de admisión continua, con diagnósticos de variantes anatómicas de polígono de Willis y aneurismas cerebrales en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020.

Dichos datos fueron obtenidos de los reportes almacenados en la base de datos que cuenta el área de imagenología, así mismo en asociación con las imágenes de secuencia Axial 3D TOF que han sido obtenidas del equipo de resonancia magnética marca GE de 1.5 T Marca Signa Voyager 36 kW (122,837 BTU/h) y que fueron cargadas al sistema PACS hospitalario con previa autorización del adscrito del área.

Así mismo, se realizaron reconstrucciones en 3D por medio de la aplicación de GE versión 1.1 RD 1591/2009, tomando la secuencia 3D TOF como base, seguido de los algoritmos del Volume Rendering y el protocolo exclusivo llamado “Análisis de Polígono de Willis así como la texturización de los vasos y la segmentación de estructuras corte por corte que no pertenecen a la parte anatómica de interés. Esto aportó un mejor análisis de la variante anatómica y se correlacionaron con diagnósticos positivos de aneurismas cerebrales hallados en cada estudio.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó en dos fases; de forma inicial se realizó análisis estadísticos descriptivos, para describir las prevalencias de las diferentes variables anatómicas de interés y si estas encontradas presentaron aneurisma cerebral. Eventualmente, se realizó un modelo de regresión longitudinal y cualitativo para determinar la relación que existe entre las variables anatómicas y el hallazgo de aneurismas.

Por medio del software Excel, se hizo un análisis estadístico, para la conformación de la base de datos y la formación de códigos que permitieron elaborar gráficas que para la descripción de las variables. Entre tanto, se hizo un cálculo para el promedio de la relación entre dichas variables y así poder visualizar los niveles de conocimiento según puntaje descrito posteriormente.

La tabla para que el software Excel pudiera recabar los datos y así mismo, realizara las gráficas incluyeron los siguientes encabezados: No del paciente analizado, Edad, Incluye secuencia 3D TOF, Variante anatómica (subdividida en 8 tipos diferentes) y Aneurisma (subdividido en “Si” o “No”).

8. CRITERIOS DE SELECCIÓN

A. Criterios de inclusión

Se incluyó a todos los pacientes con diagnóstico de aneurismas cerebrales como diagnóstico en su reporte imagenológico, así como de variantes anatómicas del PW que se hayan realizado una resonancia magnética de encéfalo con la secuencia Axial 3D TOF obtenidos por el equipo de resonancia magnética de 1.5 T del HRAE “Ciudad Salud”, Tapachula, Chiapas, en el período comprendido del 1 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020.

B. Criterios de exclusión

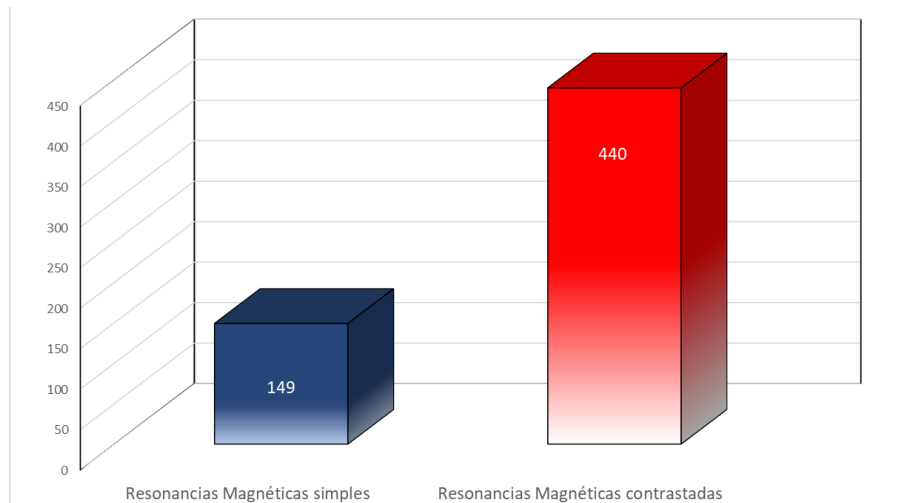
Se excluyó a todos los pacientes que tengan diagnóstico de aneurismas cerebrales o variantes anatómicas de PW por otro método de estudio que no sea la resonancia magnética o aquellos estudios imagenológicos que no cuenten con la secuencia axial 3D TOF, también aquellos estudios que no hayan sido realizados por el equipo de resonancia magnética del HRAE “Ciudad Salud” así como estudios fuera del período comprendido del 1 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020.

C. Criterios de eliminación

Se eliminó a todos aquellos estudios que no reportan variantes anatómicas del PW de la base de datos del área de imagenología o aquellos reportes de estudios que no puedan correlacionarse con las imágenes del sistema PACS. Tampoco se tomarán en cuenta resonancias magnéticas de encéfalo contrastadas.

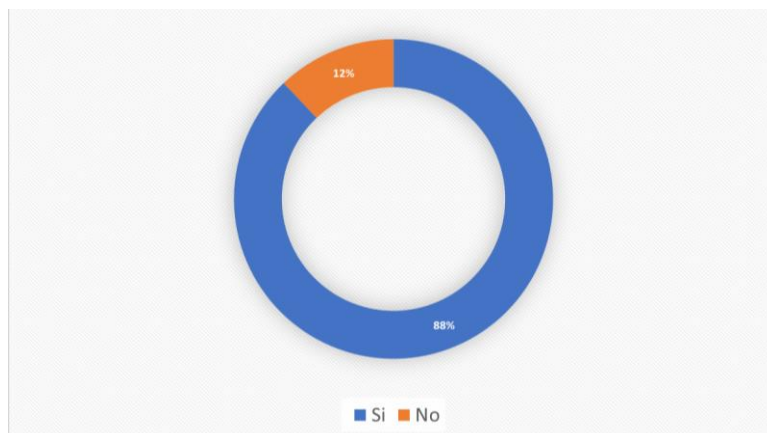
9. RESULTADOS

En el período de estudio establecido de 2019-2020 se realizaron 589 resonancias magnéticas de cráneo en el Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”, de los cuales 149 fueron resonancias magnéticas de cráneo simple y 440 fueron resonancias magnéticas de cráneo contrastadas, teniendo en cuenta los criterios de eliminación en los cuales no agregamos a los estudios contrastados (Gráfica 1).



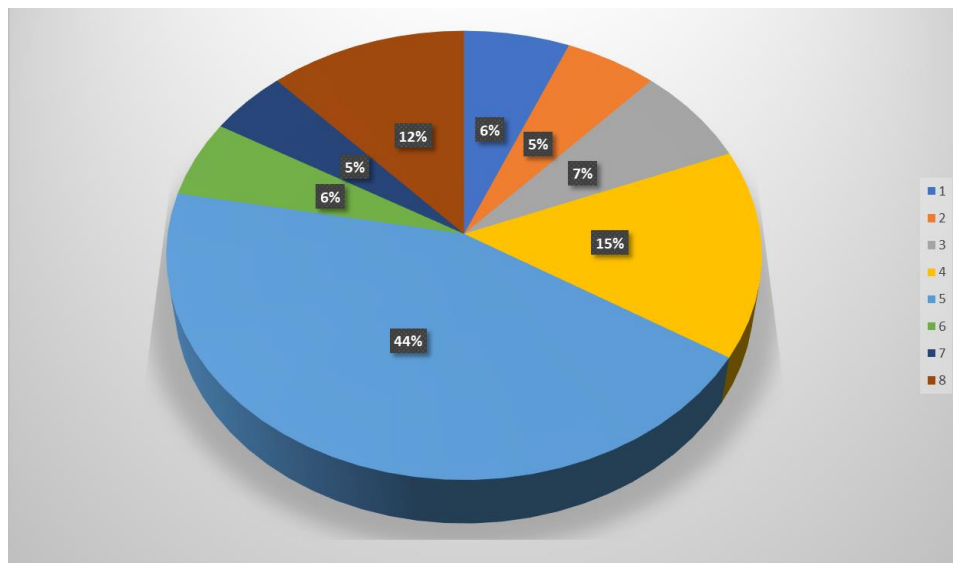
Gráfica 1. Cantidad de resonancias magnéticas de cráneo realizadas en el período de 2019-2020. Fuente: Datos obtenidos por este estudio.

Del total de resonancias magnéticas simples, el 12% de ellos no cuentan con la secuencia Axial 3D TOF que, de acuerdo con el criterio de exclusión, son necesarios para analizar el polígono de Willis de manera adecuada, así como sus variantes (Gráfica 2).



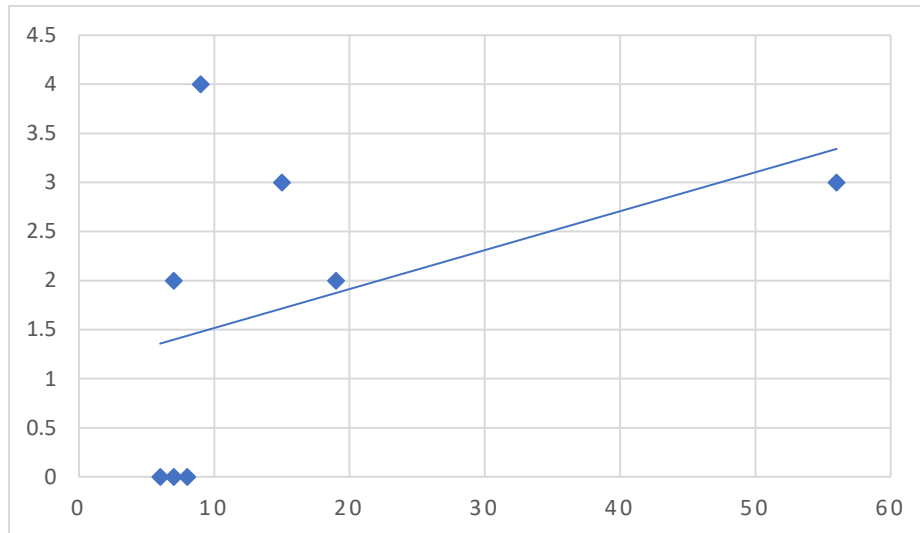
Gráfica 2. Estudios de resonancia magnética que cuentan con la secuencia 3D TOF de los estudiados en el presente estudio. Fuente: Datos obtenidos de este estudio.

Teniendo así una población para estudio neto de 127 pacientes, se procedió a observar las resonancias magnéticas de forma seriada y separarlas en relación a las variantes anatómicas que se puedan observan en la secuencia Axial 3D TOF, teniendo como resultado: la Variante tipo 5 es la predominante en la población estudiada con una prevalencia con 56 incidencias, seguida de las variantes tipo 4 (19 incidencias), variante tipo 8 (15 incidencias), variante tipo 3 (9 incidencias), variantes tipo 1 y 6 (8 y 7 casos respectivamente) y variantes tipo 2 y 7 (6 y 7 casos)



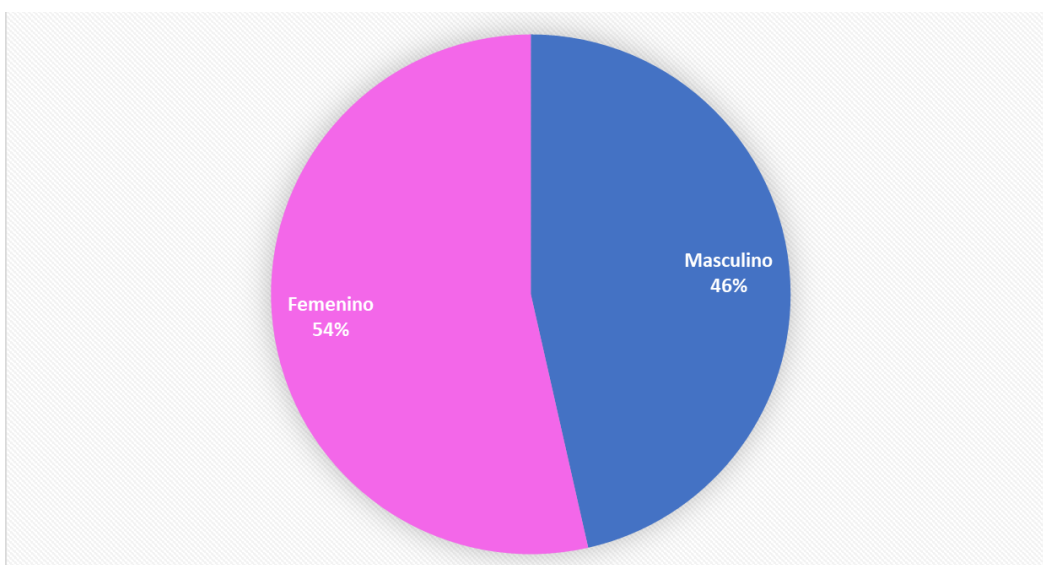
Gráfica 3. Porcentaje de variantes anatómicas del Polígono de Willis vistas en secuencia 3D TOF. Fuente. Datos obtenidos por este estudio.

En el margen de cada una de las incidencias de los tipos de variantes anatómicas del PW, el coeficiente de correlación fue de 0.42 y teniendo una gráfica de dispersión (Gráfica 4) se puede visualizar como las incidencias de cada uno se alejan de la línea de tendencia.



Gráfica 4. Coeficiente de correlación entre los aneurismas cerebrales y variantes anatómicas. Fuente. Datos obtenidos por este estudio.

El grupo de edad prevalente en la población estudiada con una variante anatómica se encontraban en el rango de los 45 a 50 años, teniendo una media en la edad de 47 años. Este resultado determinado por la población que se atiende en el hospital que son casi en su totalidad adultos. Por último, el sexo que prevalece en cuanto a variantes anatómicas encontradas es el sexo femenino, con una incidencia de 68 casos en comparación con el sexo masculino en el cual se encontraron 59 casos con variantes anatómicas, representados en la siguiente gráfica con porcentajes (Gráfica 5).



Gráfica 5. Porcentaje de variantes anatómicas del Polígono de Willis según el sexo. Fuente. Datos obtenidos por este estudio.

10. DISCUSIÓN

Diversos estudios se han centrado en el análisis de los diferentes tipos de variaciones anatómicas del círculo de Willis y su asociación con aneurismas. D. Songsaeng, et al (2010) En cuanto a AcoA, se demostró que una aplasia de un A1 se asoció con una mayor probabilidad de aneurisma recurrencia en comparación con una disposición simétrica o una hipoplasia unilateral (OR = 1,78; IC = 0,67 a 4,67) para la recurrencia del aneurisma a largo plazo (> 12 meses; $\chi^2 = 6,49$, $p = 0,01$). Para los aneurismas de PcoA, no hubo estadísticamente propensión significativa a que una disposición anatómica se relacione más a menudo con la recurrencia del aneurisma, aunque un PcoA de tamaño pequeño (OR = 2,90; IC = 0,79 a 10,58) fue un poco más a menudo asociado con la recurrencia del aneurisma.

Para los aneurismas AB, un tipo de fusión asimétrica se asoció con tasas más altas de recurrencia del aneurisma (OR = 4,87; IC = 1,17 a 20,23), que resultó ser estadísticamente significativo en la recurrencia del aneurisma a corto plazo (<12 meses; $\chi^2 = 5,62$, $p = 0,02$).

La variante anatómica del Polígono de Willis más frecuente encontrada en este estudio fue la hipoplasia bilateral del segmento P1 de la ACP (Tipo 5), resultado consistente con los hallados por Lars B. Hindenes y colaboradores (2020). Sin embargo, de acuerdo al coeficiente de correlación calculado para este estudio, no se pudo encontrar alguna asociación con la variante anatómica de Polígono de Willis con los aneurismas.

11. CONCLUSIONES

Dentro de los pacientes que se les realizaron una resonancia magnética de cráneo simple que fueron tomados en cuenta para el estudio de sus variantes anatómicas, todos acudían por diferentes patologías, de los cuales, para el estudio del Polígono de Willis, la secuencia Axial 3D TOF es de suma importancia ya que, con ello, se pudo encontrar que la variante anatómica más común la hipoplasia bilateral del segmento P1 de la ACP (Tipo 5).

Así mismo se observa que en la edad adulta, en el rango de 45 a 50 años de edad se encuentran la mayoría de las variantes anatómicas estudiadas, y que de estos el sexo femenino predomina más en cuanto al estudio del Polígono de Willis.

Se hace énfasis en la importancia de la secuencia 3D TOF para el estudio del PW ya que es una herramienta cuyo margen de error es mínimo, la sensibilidad alta en cuanto a la observación de la estructura del PW y disminuye estudios los cuales son más invasivos como la resonancia magnética de cráneo con medio de contraste intravenoso o angiotomografías las cuales conllevan a radiación.

Aún con ello, no se pudo establecer la correlación de los aneurismas cerebrales con la variante anatómica más común encontrada en los estudios. Esto puede deberse a que faltaran más estudios por revisar o que las patologías por las cuales acudían los pacientes a dicho hospital no eran enfocadas a la que se abordaba en este estudio.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Hindenes LB, Håberg AK, Johnsen LH, Mathiesen EB, Robben D, Vangberg TR.. (2020). Variations in the circle of willis in a large population sample using 3D TOF angiography: The tromsø study.. PLoS One., 15, 1–15.
2. Prada S. . (2018). Variantes anatómicas del polígono de Willis ampliado en pacientes que consultan a la foscal y foscal internacional.. Journal of Chemical Information and Modeling. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA, Vol. 53, 50-5.
3. Jiménez Porras P, Vargas Sanabria M.. (2017). Aneurisma aterosclerótico roto de la arteria carótida interna izquierda intracerebral.. Med Leg Costa Rica., 34, 319–24.
4. Hondares C, Seara AH.. (2020). Aneurysm of the right internal carotid artery . Rev Cuba Angiol Y Cir Vasc., 21, 1–7.
5. Zaninovich OA, Ramey WL, Walter CM, Dumont TM.. (2017). Completion of the Circle of Willis Varies by Gender, Age, and Indication for Computed Tomography Angiography.. World Neurosurg, 106, 953–63.
6. Wolf JJHB, Foster-Dingley JC, Moonen JE, Van Osch MJ, De Craen AJ, De Ruijter W, et al. . (2016). Unilateral fetal-type circle of Willis anatomy causes right-left asymmetry in cerebral blood flow with pseudo-continuous arterial spin labeling: A limitation of arterial spin labeling-based cerebral blood flow measurements?. Cereb Blood Flow Metab, 36, 1570–8.
7. Vazquez R.. (2016). Variaciones anatómicas del polígono de willis y su relación con la patología cerebrovascular. . Universidad de Valladolid;, 19, 19-25.
8. Liebeskind DS. (2018). Mapping the collaterome for precision cerebrovascular health: Theranostics in the continuum of stroke and dementia.. Cereb Blood Flow Metab, 38, 1449–60.
9. Rosas A. (2019). Correlación de hallazgos en la evaluación de las estructuras del círculo de Willis mediante angiotomografía y resonancia magnética con secuencia 3D TOF.. Journal of Chemical Information and Modeling. Beemerita Universidad Autónoma de Puebla, 53, 5-13.

10. Forgo B, Tarnoki AD, Tarnoki DL, Kovacs DT, Szalontai L, Persely A, et al.. (2018). Are the variants of the circle of willis determined by genetic or environmental factors results of a twin study and review of the literature. *Twin Res Hum Genet*, 21, 384–93.
11. Enf L, Hannali S, Enf L, Maria R, Leyva P.. (2018). Nursing care in postoperative patient of an aneurysm clipping. *Rev enfermería neurológica.*, 17, 11–22.
12. Klimek-Piotrowska W, Rybicka M, Wojnarska A, Wójtowicz A, Koziej M, Hołda MK.. (2016). A multitude of variations in the configuration of the circle of Willis: an autopsy study.. *Anat Sci Int*, 91, 325–33.
13. Saba L, Sanfilippo R, Porcu M, Lucatelli P, Montisci R, Zaccagna F, et al. (2017). Relationship between white matter hyperintensities volume and the circle of Willis configurations in patients with carotid artery pathology. *Eur Radiol*, 89, 111–6.
14. Forgo B, Domonkos Tarnoki A, et al.. (2018). Are the Variants of the Circle of Willis Determined by Genetic or Environmental Factors? Results of a Twin Study and Review of the Literature.. Cambridge University Press., 50, 384 - 393.
15. J.K. Castillo-Garcia, E. García-Rosas. (2019). Atención de Enfermería durante el postoperatorio a paciente sometido a clipaje de aneurisma por ruptura.. *Enferm. univ*, 16 , 1.593
16. Bataille, B., & Wager, M. (2017). The significance of the rete mirabile in Vesalius's work: an example of the dangers of inductive inference in medicine. *Neurosurgery* (2.a ed., Vol. 60). Neurosurgery.
17. Quezada Bocio. Arenas Ozuna. Aneurismas cerebrales. Localización más frecuente en pacientes mexicanos estudiados en el Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza. *Anales de radiología México*. 2008; 3: 167-173.
18. Lars B. Hindenes. Variations in the Circle of Willis in a large population sample using 3D TOF angiography: The Tromsø Study. (2020) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241373>
19. Jing Li, Jue Wang. Examination of Structural Variations of the Circle of Willis by 3D Time-of-Flight Magnetic Resonance Angiography. (2020) *Front. Neurosci.*, <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00071>

20. Prince EA, Ahn SH. (2013) Basic vascular neuroanatomy of the brain and spine: what the general interventional radiologist needs to know. *Semin Intervent Radiol.* Sep;30(3).
21. Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J. (2015) A Functional Perspective on the Embryology and Anatomy of the Cerebral Blood Supply. *J Stroke.* May;17(2)
22. Gaurav G. Circle of Willis Anatomy. (2017). Circle of Willis Anatomy. Lippincott Williams & Wilkins. Vol. 48 (4):534-59
23. Nederkoorn PJ, Graaf YV. (2018). Time-of-flight MR angiography of carotid artery stenosis: Does a flow void represent severe stenosis? *AJNR Am J Neuroradiology.*;23:1779---84.
24. Morita S, Masukawa A. (2017) Unenhanced MR angiography: Techniques and clinical applications in patients with chronic kidney disease. *Radiographics.* 31:E13---33.
23. Vilanova P. Muñiz B. (2013). Angiografía por resonancia magnética: técnica y aplicaciones en el estudio de la estenosis de carótida. Elsevier, Doyma. *Imagen diagn.* 5 (1): 24-31.
25. Xiaodan Chen, MD,a Yun Liu. Meta-analysis of computed tomography angiography versus magnetic resonance angiography for intracranial aneurysm. (2018). Published online. *Medicine* (Baltimore). doi: 10.1097/MD.00000000000010771
26. Jill Novitzke. Los conceptos básicos de los aneurismas cerebrales: una guía para pacientes. (2008). *J Vasc Interv Neurol.*; 1 (3): 89–90.
27. F. Delgado, A. Saiz. Seguimiento mediante técnicas de neuroimagen de los aneurismas cerebrales tratados por vía endovascular. (2013). Elsevier *Radiología.* 56; 2. 118-128
28. Kumar V, Abbas AK, Aster JC. Robbins y Cotran. Patología estructural y funcional. (2015) 9th. Barcelona: Elsevier. 168-171.
29. Pedrick R, Robichaud P, Benson J. Marfan' s syndrome: rara association with aneurysm of feeding artery to intralobar pulmonary sequestration. (2019) *J DiagnMed sonogr.* 25(2):97-100.