

UCUENCA

Facultad de Ciencias Médicas

Carrera de Imagenología

FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020

Trabajo de titulación previo a la obtención
de título de Licenciado en Imagenología.

Modalidad: Proyecto de Investigación

Autores:

Jefferson Antonio Castillo Enriquez

CI: 1105619629

Correo electrónico: jef.c123@gmail.com

Alex Rolando Uyaguari Puchaicela

CI: 1106060690

Correo electrónico: alexuyaguari1999@gmail.com

Directora:

Mgtr. Sandra Elizabeth Aguilar Riera

CI: 0106053168

Cuenca, Ecuador

05-diciembre-2022

RESUMEN

Antecedentes: Las variantes anatómicas del polígono de Willis suelen ser detectadas como hallazgos en estudios de imagen como Angio-TC o Angio-RM dentro de una valoración de obstrucciones vasculares, estenosis, aneurismas, etc. El polígono de Willis de morfología clásica es considerado normal, sin embargo, su presencia en pacientes no supera un 20-25%.

Objetivos: determinar la frecuencia de variantes anatómicas mediante el análisis e interpretación de la base de datos de MEDIMAGEN, Cuenca, de los pacientes que se han realizado una Angio-TC cerebral durante el periodo 2018 – 2020.

Métodos: se ejecutó una investigación de tipo descriptivo, retrospectivo - transversal donde se recolectaron los datos de los informes radiológicos de pacientes que acudieron al centro de diagnóstico por imágenes “MEDIMAGEN” a realizarse Angio-TC de cráneo durante el periodo 2018 – 2020. Para la recolección de la información se empleó el formulario establecido. Los datos fueron procesados, tabulados y analizados en el programa SPSS.

Resultados: se pudo identificar que la frecuencia de variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por AngioTC cerebral es del 72%, se evidenció que el tipo de variante anatómica más frecuente es la hipoplasia con el 64% seguida de persistencia de la circulación fetal con el 9%, la mayor cantidad de variantes anatómicas de los pacientes analizados se dieron en la Arteria Cerebral Anterior Derecha con el 27%; la locación de la alteración anatómica topográficamente es más común en el lado derecho con el 51,4% no obstante, el lado izquierdo tiene un porcentaje similar 48,6%.

Conclusiones: La frecuencia de variantes anatómicas fue alta, el tipo de variante anatómica más frecuente es la hipoplasia, tanto en hombres como mujeres las variantes anatómicas se presentaron en porcentajes similares.

Palabras clave: Polígono de Willis. Variantes anatómicas. Angio-tomografía computarizada. Diagnóstico por imagen.

ABSTRACT

Background: The anatomical variants of the circle of Willis are usually detected as findings in imaging studies such as Angio-CT or Angio-MRI within an assessment of vascular obstructions, stenosis, aneurysms, etc. The Willis circle of classic morphology is considered normal, however, its presence in patients does not exceed 20-25%.

Objectives: to determine the frequency of anatomical variants through the analysis and interpretation of the MEDIMAGEN-Cuenca database, of patients who have undergone cerebral CT angiography during the 2018-2020 period.

Methods: a descriptive, retrospective - cross-sectional investigation was carried out, where the data of the radiological reports of patients who attended the "MEDIMAGEN" diagnostic imaging center to undergo an Angio-CT of the skull during the period 2018 - 2020 were collected. The data collection was based on the established form. The data was processed, tabulated and analyzed in the SPSS program.

Results: it was possible to identify that the frequency of cerebral vascular anatomical variants diagnosed by cerebral Angio-CT is 72%, it was evidenced that the most frequent type of anatomical variant is hypoplasia with 64% followed by persistence of fetal circulation with 9%, the largest number of anatomical variants of the patients analyzed occurred in the Right Anterior Cerebral Artery with 27%; the location of the topographical anatomical alteration is more common on the right side with 51.4%; however, the left side has a similar percentage 48.6%.

Conclusions: The frequency of anatomical variants was high, the most frequent type of anatomical variant is hypoplasia, both in men and women, the anatomical variants were presented in similar percentages.

Keywords: Circle of Willis. Anatomical variants. Angio-computed tomography. Diagnostic imaging.

INDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTO.....	13
DEDICATORIA.....	14
CAPÍTULO I.....	16
1.1 INTRODUCCIÓN.....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....	23
2.1. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1.1. ANTECEDENTES GENERALES.....	23
2.1.2. DESARROLLO EMBRIONARIO	24
2.1.3. SISTEMAS DE CIRCULACIÓN.....	25
2.1.3.1. Sistema Carotideo.....	25
2.1.3.2. Sistema Vertebrobasilar	30
2.1.4. ANATOMÍA MACROSCÓPICA DEL POLIGONO DE WILLIS.....	33
2.1.5. VARIANTES NORMALES	34
2.1.6. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	38
2.1.6.1. Historia	38
2.1.6.2. Generaciones de escáner.....	39
2.1.6.3. Definición	42
2.1.6.4. Principales componentes de un equipo de tomografía.....	43
2.1.6.5. Unidades Hounsfield.....	45
2.1.7. ANGIOGRAFÍA.....	46
2.1.8. ANGIOTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	48
2.1.9. PROTOCOLO ANGIOTOMOGRAFÍA DE CRÁNEO.....	49
CAPÍTULO III.....	58
3.1. OBJETIVOS.....	58
3.1.1 Objetivo General	58
3.1.2 Objetivos Específicos.....	58
CAPÍTULO IV	59
4.1. TIPO DE ESTUDIO	59

4.2. ÁREA DE ESTUDIO	59
4.3. UNIVERSO Y MUESTRA.....	59
4.3.1 Universo	59
4.3.2 Muestra	59
4.4.1 Criterios de inclusión.....	60
4.4.2 Criterios de exclusión	60
4.4. VARIABLES.....	60
4.5.1 Variables independientes.....	60
4.5.2 Variables dependientes.....	60
4.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (Anexo 1)	60
4.7. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	60
4.7.1 Método	61
4.7.2 Técnica.....	61
4.7.3 Instrumentos	61
4.8. TABULACIÓN Y ANÁLISIS.....	61
4.9. ASPECTOS ÉTICOS	62
4.9.1 Autorización	62
4.9.2 Confidencialidad.....	62
4.9.3 Balance riesgo-beneficio	63
4.9.4 Declaración de conflicto de intereses.....	64
4.9.5 Idoneidad de investigadores	64
CAPÍTULO V	65
5.1. RESULTADOS. TABLAS	65
CAPÍTULO VI	71
6.1. DISCUSIÓN	71
7.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
7.1.1 Conclusiones.....	73
7.1.2 Recomendaciones	74
CAPÍTULO VIII	75
8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA GENERAL ..	75
CAPÍTULO IX	81
9.1 ANEXOS	81
9.1.1 Operacionalización de variables	82

UCUENCA

9.1.2 Formulario	84
9.1.3 Informe aprobación de protocolo.....	86
9.1.4 Solicitud para acceso a los datos.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de ramificaciones de la ART. Carótida Externa (18).	26
Figura 2 Esquema de ramificaciones de la Art. Carótida Interna (18).	27
Figura 3 Esquema de ramificación de la Arteria Cerebral Anterior (18).	28
Figura 4 Dibujo anatómico en proyección anteroposterior que muestra la Art. Cerebral Media y sus 4 segmentos principales (16).	29
Figura 5 Diagrama anatómico del sistema vertebrobasilar y sus ramas principales (visión lateral) (16).	31
Figura 6 Esquema del Polígono de Willis normal (23).	34
Figura 7 Fenestración del segmento A1 de la Art. Cerebral Anterior Der. (6). .	35
Figura 8 Duplicación de la Art. Comunicante Anterior.	36
Figura 9 Hipoplasia AComP Derecha (4).	36
Figura 10 Agenesia de la ACoA (flecha) (6).	36
Figura 11 Trifurcación del segmento A2 la Art. Cerebral Anterior (6).	37
Figura 12 Componentes de un sistema de imagen completo de TC (29)	44
Figura 13 Densidad de todos los tejidos (33).	46
Figura 14 Tomógrafo Toshiba Aquilion de 16 cortes (MEDIMAGEN).	49
Figura 15 Posición del paciente.	51
Figura 16 Topograma y rango de estudio.	51
Figura 17 Pantalla del inyector.	52
Figura 18 Parámetros técnicos.	53
Figura 19 Posición del ROI.	54
Figura 20 Reconstrucción multiplanar (MPR).	55
Figura 21 Proyección de máxima intensidad (MIP).	56
Figura 22 Reconstrucción volumétrica (VRT).	57

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jefferson Antonio Castillo Enriquez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 05 de diciembre de 2022



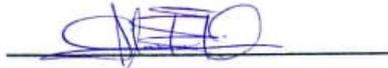
Jefferson Antonio Castillo Enriquez

C.I: 1105619629

Cláusula de Propiedad Intelectual

Jefferson Antonio Castillo Enriquez, autor del trabajo de titulación **FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca, 05 de Diciembre de 2022



Jefferson Antonio Castillo Enriquez

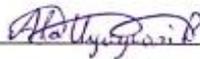
C.I: 1105619629

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Uyaguari Puchaicela Alex Rolando en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20- 80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 05 de diciembre del 2022.



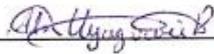
Uyaguari Puchaicela Alex Rolando

C.I: 1106060690

Cláusula de Propiedad Intelectual

Uyaguari Puchaicela Alex Rolando, autor del trabajo de titulación **"FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20- 80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 05 de diciembre del 2022.



Uyaguari Puchaicela Alex Rolando

C.I: 1106060690

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos la vida, la sabiduría para que día a día sigamos adelante sin importar las dificultades que se presentaron en el camino y gracias a él que nos ha permitido cumplir este logro.

Seguidamente, a nuestros padres por sus consejos y el apoyo incondicional brindado a lo largo de nuestra vida estudiantil, sin ellos nada de esto fuese posible. De igual manera, a nuestros familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron cuando se los necesitaba.

Al personal de salud que labora en los diferentes hospitales y centros de salud en donde realizamos nuestras prácticas preprofesionales por la apertura brindada y los conocimientos compartidos que nos permitieron formarnos como profesionales.

A la Universidad de Cuenca, a la facultad de Ciencias Médicas y todos sus docentes quienes nos han impartido sus conocimientos a lo largo de la carrera, agradecemos especialmente a nuestra directora de tesis Mg. Sandra Aguilar R. por su apoyo, paciencia y compromiso en todo el tiempo que llevo la realización de la misma.

Al Dr. Jorge Castillo, Sr. Carlos Jerves y a todo el personal del centro de diagnóstico por imágenes Medimagen – Cuenca lugar donde se realizó la investigación. Y a todas las personas que directa o indirectamente nos colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

Jefferson Antonio Castillo Enriquez

Alex Rolando Uyaguari Puchaicela

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo de tesis a Dios, a mis padres y mis hermanos, por siempre estar conmigo en todo momento y brindarme su amor. Un sentimiento especial de gratitud a mis amados padres Telmo y Gladys, quienes me enseñaron que todo esfuerzo vale la pena y que nunca es tarde para lograr tus objetivos; sus palabras de aliento resonaran en mis oídos por el resto de mis días, su apoyo incondicional y su ejemplo me han llevado a convertirme en lo que actualmente soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes.

A mi novia quien fue pilar fundamental para alcanzar esta meta, por su paciencia, su amor y entrega sin esperar nada a cambio. Por darme una razón más para querer mejorar. A mi querida Dianita, mi segunda madre, quien celebra mis victorias y me apoya en mis derrotas.

Gracias a todos por ser ese ángel de la guarda que nunca esperé pero que siempre estuvo ahí para mí.

Jefferson Antonio Castillo Enriquez

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico principalmente a Dios quien me da fortaleza, sabiduría y es mi guía para cumplir cada uno de mis sueños y no dejarme caer en el intento por conseguirlos.

A mis queridos padres, Luis Francisco Uyaguari Macas y Silvia Yolanda Puchaicela Fernández quienes por ellos soy lo que soy, especialmente por brindarme la mejor herencia que un hijo puede recibir, que es “La Educación”.

A mis hermanas Maritza y Erika por estar presentes y apoyarme cuando lo necesito. A mi hermano Juan Pablo (+) quien desde el cielo me cuida. A mi sobrina Soraya quien desde su llegada alegró mi vida.

A mis maestros de escuela, colegio, universidad y centros de salud quienes a lo largo de todo este trayecto me han compartido sus conocimientos para llegar a ser un buen profesional. A mis familiares y amigos que me brindan su apoyo cuando lo necesito.

Alex Rolando Uyaguari Puchaicela

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El polígono de Willis o círculo arterial cerebral es una estructura arterial anatómica conformada por una anastomosis vascular arterial con forma de heptágono encargada de interconectar ambas carótidas en su porción supraclinoidea, las arterias cerebrales anteriores en su segmento horizontal, gracias a la arteria comunicante anterior, y el segmento horizontal de las arterias cerebrales posteriores gracias a las arterias comunicantes posteriores (1).

La circulación arterial cerebral y sus arterias que lo conforman pueden ser evaluadas mediante la AngioTC cerebral; siendo un método de estudio imagenológico no invasivo, rápido y de fácil acceso, durante el examen se inyecta un material de contraste yodado por vía endovenosa el mismo que es captado en el instante cuando se distribuye por las arterias cerebrales mediante una serie de imágenes de tomografía computarizada de alta resolución; de esta manera, se permite estudiar la circulación arterial cerebral y diagnosticar si se encuentra alguna anomalía vascular (2).

El polígono de Willis se encarga de mantener un flujo sanguíneo adecuado para el cerebro y evitar el desarrollo de eventos isquémicos. Las variantes anatómicas en dicha estructura suelen asociarse a diferentes patologías en este nivel las cuales son importantes detectar y caracterizar.

Conocer las variantes anatómicas con mayor frecuencia que podemos encontrar en el polígono de Willis se considera un tema relevante al momento de dar un

diagnóstico, con base a la literatura revisada, la presencia de variantes anatómicas en el polígono de Willis predispone a la formación de aneurismas, fistulas y malformaciones arteriovenosas. Así mismo, el desconocimiento de la presencia de variantes anatómicas puede provocar un estimado del 10% de los errores médicos y neuroquirúrgicos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La notable variabilidad del polígono de Willis plasmada en la literatura revisada evidencia la predisposición del mismo a la formación de aneurismas, fístulas, malformaciones arteriovenosas entre otras patologías que dificultan su buen funcionamiento y cuyo estudio es de gran utilidad como apoyo para el diagnóstico y planificación cuando un abordaje neuroquirúrgico es requerido.

A nivel mundial se han registrado datos estadísticos sobre la frecuencia de variantes de circulación cerebral como es el caso del estudio de Riggs et al. (3) quienes analizaron 100 cadáveres adultos frescos de los cuales pudieron detectar un 21% de casos de polígono de Willis típico y por lo menos un tipo de variante anatómica en el 79% restante. Un estudio realizado en 100 pacientes de nacionalidad turca en edades de entre 16-83 años reveló que la morfología típica completa del polígono de Willis se encontraba presente en el 28% de casos (4). Otro estudio realizado en China, el primer hospital afiliado de la Universidad Médica de Chongqing (5) evidenció que, de las personas estudiadas, el círculo arterial cerebral se encontraba completo en 43 de 160 pacientes es decir un 27% de los casos presentaba una morfología típica del Polígono de Willis.

Un estudio realizado en el Hospital de Tacuarembó de México por González et al. (6) durante el periodo 1 diciembre 2009 al 31 agosto 2013 concluyó que el polígono de Willis presenta variantes anatómicas en dicha población hasta en el 60% de los casos, resaltando como las de mayor frecuencia las vinculadas a las ACP y al segmento A1 de las ACA. En 2020, Díaz (7) estudió el polígono de Willis de 89 pacientes que acudieron al Hospital Universitario de Puebla –

México, de los cuales 73 presentaron una variante anatómica que corresponde a un 82% de la población de estudio; los 16 restantes, con un porcentaje del 18% del total, conservaban la anatomía característica. La variante más frecuente fue la ausencia de las comunicantes posteriores con 29 pacientes representando el 32.58%.

En 2020 Quijano et al. (8) publican el resultado de su estudio de variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en Bogotá – Colombia en el cual se analizaron 50 encéfalos humanos pertenecientes al anfiteatro de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, un 70.9% de morfología clásica y el 29.1 % evidencio una variación anatómica teniendo mayor representación en la circulación anterior de las cuales el 12.5% presento una ACA ácidos asociada con la alta presencia de aneurismas

Algunas de las variantes anatómicas del polígono encefálico más frecuentes se relacionan e inciden directamente con implicaciones clínicas y quirúrgicas, como es el caso de la hipoplasia ante la presencia de vasoespasmos que puede generar riesgo de aumento de área isquémica. Algunas variantes se asocian con mayor probabilidad de presencia de anomalías aneurismáticas o modificaciones en el desarrollo encefálico como la agenesia del cuerpo calloso. Una variable anatómica puede provocar aparición de áreas isquémicas o infartos postquirúrgicos generados por la compresión mediante clips o separadores durante un procedimiento neuroquirúrgico, lo que provocará un alto porcentaje de aparición de secuelas graves (9).

El Gold Standard para el estudio del círculo arterial de Willis es la Angiografía por Sustracción Digital (DSA), sin embargo, la Angio-Tomografía Computarizada es un método diagnóstico por imagen más accesible y que presenta una alta sensibilidad de entre 81-90 % y una especificidad cercana al 93% en comparación a la antes mencionada DSA. Un estudio realizado a 117 pacientes asiáticos demostró que la concordancia global entre la Angio-Tomografía Computarizada y la Angiografía por sustracción digital fue del 92,4%, se obtuvo un 7,6% de desacuerdo de los cuales 58 casos eran por subestimación y 4 casos por sobreestimación (10).

A nivel nacional y local existe muy poca o casi nula información al respecto, por lo tanto, surge la necesidad de plantear una investigación centrada en el estudio de las diferentes variantes anatómicas del círculo arterial cerebral mediante la utilización de uno de los métodos de diagnóstico por imagen más óptimos y accesibles para la población como lo es la Angio-tomografía Computarizada con utilización de contraste endovenoso, permitiendo obtener datos estadísticos reales acorde a nuestra población.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La Angiografía por Tomografía Computarizada Multidetector es utilizada a nivel mundial por muchas instituciones de salud como un instrumento de diagnóstico inicial frente a la evaluación de patologías relacionadas con la circulación cerebral como es el caso de la presencia de un aneurisma intracraneal, una hemorragia subaracnoidea o un ACV, además de ser de mucha ayuda en la planificación neuroquirúrgica. Como se ha mencionado anteriormente la presencia de variantes anatómicas de la circulación cerebral es bastante común, por lo tanto, es de suma importancia el comprender tanto la frecuencia de aparición de las mismas como su importancia clínica y más específicamente cómo se relacionan con el riesgo de formación de aneurismas, malformaciones arteriovenosas u otras patologías que afectan la circulación adecuada de sangre al cerebro (11).

En territorio arterial cerebral anterior es el sitio con el pronóstico más bajo de éxito frente a una planificación neuroquirúrgica, dado que es el sitio con la arquitectura vascular más compleja, profunda y con un flujo sanguíneo elevado, además de ser el área con mayor variabilidad anatómica (12). El desconocimiento de la presencia de variantes anatómicas puede provocar un estimado del 10% de los errores médicos y neuroquirúrgicos.

Según datos estadísticos del INEC 2020, en el Ecuador se registraron 5.102 personas fallecidas por enfermedad cerebrovascular siendo 4,4% del total de fallecidos en ese año. La enfermedad cerebrovascular es la séptima causa de muerte a nivel nacional (13). Un estudio realizado en 2016 analizó los datos

estadísticos de defunciones entre 1991 y 2015 en el Ecuador, presentando que la Enfermedad Cerebrovascular (ECV) representó un 6,70% del total de defunciones en el periodo de estudio de 25 años destacando que las ECV mantuvieron un patrón con tendencia al aumento constante de casos (14).

El Ecuador, al ser un país en vías de desarrollo, ha pasado por alto los estudios neuroepidemiológicos que demuestran la importancia del conocimiento e identificación de variantes anatómicas vasculares de circulación cerebral. La presente investigación permitió determinar la frecuencia y el tipo de alteraciones relacionadas a una variante anatómica específica en un grupo determinado de pacientes del centro de diagnóstico por imagen “MEDIMAGEN”; facilitó así un amplio espectro de análisis sobre los factores de riesgo que predisponen una posible patología vascular cerebral en dicha población.

Con base a lo ya planteado anteriormente surgió la pregunta: ¿Cuáles son las principales variantes anatómicas de la circulación cerebral evaluadas por AngioTC Cerebral en el centro radiológico “MEDIMAGEN diagnóstico por imágenes” durante el periodo de enero 2018 - enero 2020?

CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ANTECEDENTES GENERALES

El cerebro es un órgano que tiene una gran irrigación alcanzando a requerir cerca del 15 % del gasto cardíaco y utilizando alrededor de una cuarta parte de todo el oxígeno producido por el cuerpo. Debido a su alta demanda, se requiere un gran flujo sanguíneo, proporcionado por una red de arterias en serie conocida como círculo arterial.

La primera mención clara del círculo arterial del cerebro se dio en el año de 1658 gracias al cirujano alemán Johann Jacob Wepfer, pero fue Thomas Willis a quien se le atribuyó ya que en 1664 realizó una explicación funcional del mismo demostrando que sirve como un sistema seguridad que previene el fallo oclusivo vascular.

El polígono de Willis, descrito así por su forma de hexágono, es un sistema vascular formado a partir de la anastomosis del sistema carotídeo interno y el sistema vertebro - basilar y se encuentra ubicado en la base del cerebro, rodeando el quiasma óptico y el tallo pituitario en la cisterna supraselar (15). Esta anastomosis es la base del equilibrio igualitario de flujo sanguíneo tanto en el hemisferio cerebral derecho como izquierdo y también en las porciones anterior y posterior del cerebro y permite la circulación colateral de sangre en caso de una oclusión del flujo sanguíneo.

La función principal del polígono es mantener un suministro sanguíneo adecuado para el cerebro de modo que se encuentre protegido ante el desarrollo de una isquemia por lo cual suele tener otro soporte colateral en caso de presentar alguna alteración importante. Otra de las funciones es actuar de contrapeso frente a un cambio brusco en el polígono por lo cual también funciona como sistema de disipación de presión que reduce el estrés y la presión de la barrera hematoencefálica.

2.1.2. DESARROLLO EMBRIONARIO

Durante la tercera y cuarta semana del desarrollo fetal las arterias carótidas primitivas son las encargadas del flujo de sangre intracraneal. Su porción proximal dará origen a las arterias carótidas comunes mientras que su porción distal a las arterias carótidas internas. Esta última arteria en su porción distal se separa en una división craneal que dará lugar a la arteria cerebral anterior y una división caudal de donde se origina la arteria comunicante posterior que para la semana sexta del desarrollo será definitiva.

Para la quinta semana de desarrollo la aorta ventral y el tercer arco aórtico suministran en su totalidad a las arterias carótidas internas. Así mismo desde los plexos vasculares situados dorsales al tercer y cuarto arco, da origen a un nuevo flujo sanguíneo de la zona posterior del cerebro mediante las arterias neurales longitudinales provenientes del plexo dorsal que se fusionaran en la línea media formando la arteria basilar definitiva.

La sexta semana de desarrollo fetal se forman las definitivas arterias vertebrales por la coalescencia de las séptimas arterias intersegmentarias cervicales cuyo

precursor embrionario es el plexo cervical. Además, dan origen a las arterias subclavias (16).

Durante el desarrollo embrionario el volumen del cerebro va teniendo un considerable aumento, sumado a esto las modificaciones en la porción proximal de los vasos aferentes hace que existan cambios adicionales. Además, existen variaciones secundarias como ciertos desplazamientos e incorporaciones de territorios distales originados por reglas hemodinámicas y la actividad metabólica que genera el tejido en crecimiento, da lugar así a la formación de ciertas variantes consideradas normales que se verán reflejadas en la anatomía definitiva (17).

2.1.3. SISTEMAS DE CIRCULACIÓN

Los pilares que componen el polígono de Willis se sostienen gracias a dos sistemas de circulación:

2.1.3.1. Sistema Carotideo

La carótida común izquierda se desarrolla a partir del arco aórtico y por su parte la carótida común derecha tiene su origen en la arteria innominada. Dentro de las variantes anatómicas que pueden aparecer a este nivel tenemos el origen de la carótida común izquierda de la art. Innominada o de igual forma que del arco aórtico se derive la carótida común derecha.

- *Arteria Carótida Externa*

Se ramifica en ocho secciones las cuales irrigan localizaciones extracraneanas.

Estas son: Tiroidea Superior, Faringea Ascendente, Lingual, Facial, Occipital, Auricular Posterior, Temporal Superficial y Arteria Maxilar.

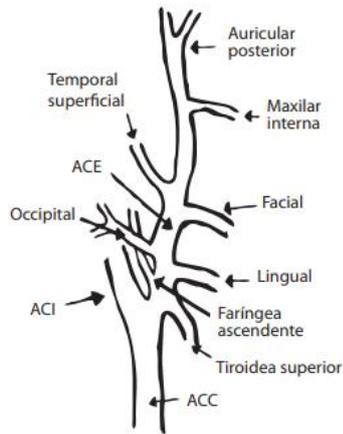


Figura 1 Esquema de ramificaciones de la ART. Carótida Externa (18).

La carótida externa sirve como circulación colateral de emergencia en caso de una obstrucción importante de la carótida interna del lado contrario gracias a la arteria oftálmica (18).

- *Arteria Carótida Interna*

La arteria carótida interna discurre posterior y lateral a la arteria carótida externa y en su caso no genera ramas extracraneales.

La carótida interna presenta una división anatómica de siete segmentos en conformidad con las estructuras adyacentes presentes en su trayecto los cuales son: C1 o segmento cervical, C2 o segmento petroso, C3 o segmento rasgado o lacerum, C4 o segmento cavernoso, C5 o segmento clinoido, C6 o segmento oftálmico y C7 o segmento comunicante.

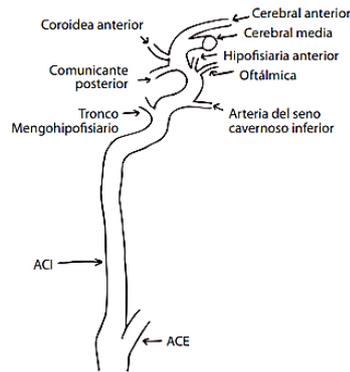


Figura 2 Esquema de ramificaciones de la Art. Carótida Interna (18).

El segmento C5 de la Art. Carótida Interna da origen a la arteria oftálmica, la arteria comunicante posterior y la coroidea anterior. La comunicante posterior, se une a la arteria cerebral posterior para completar el segmento posterior del círculo de Willis. Esta comunicante posterior genera varias ramas perforantes, y suplen el tálamo, hipotálamo, subtálamo, la cápsula interna, el quiasma óptico, el tracto óptico y el tallo hipofisiario. Hacia distal la Carótida Interna se segmenta en cerebral anterior y la arteria cerebral media (19).

- *Arteria Cerebral Anterior*

Tiene su origen en la bifurcación de la carótida interna uniéndose con su homóloga del lado contrario a través de la arteria comunicante anterior lo que complementa la circulación anterior del polígono de Willis. Se divide de igual forma por segmentos en: segmento proximal, pre-comunicante o A1 y en segmento distal, post-comunicante o A2. El segmento A1 da origen a arterias pequeñas que atraviesan la sustancia perforada del lado anterior para irrigar la hipófisis, quiasma óptico y septum pellucidum. El segmento A2 inicia anterior al cuerpo calloso, dando origen a varias ramas corticales que se dispersan en la superficie cerebral medial irrigando porciones superiores, anteriores y mediales

de ambos lóbulos frontales. Las ramas más destacadas de la cerebral anterior son: Arteria Recurrente de Heubner, Orbitofrontal, Pericallosa, Callosamarginal y Frontopolar.

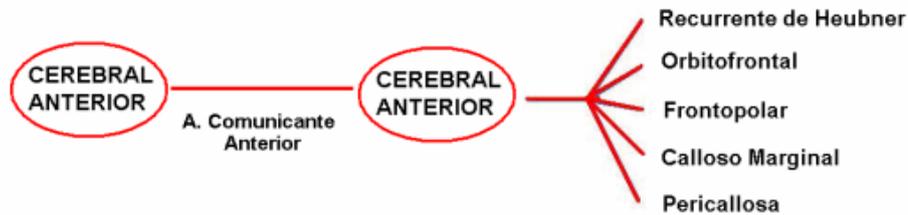
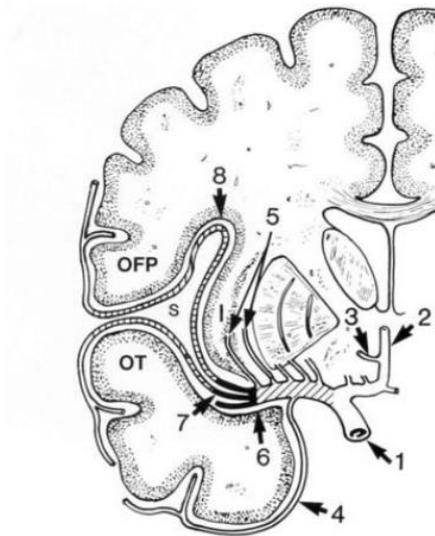


Figura 3 Esquema de ramificación de la Arteria Cerebral Anterior (18).

- *Arteria Cerebral Media*

La arteria cerebral media es la más grande de todas las arterias cerebrales originándose lateral a la carótida interna, siendo esta su rama terminal. Es una arteria de suma importancia ya que el territorio que irriga involucra áreas cerebrales muy funcionales como el área motora, motora del lenguaje (broca), área de Wernicke, motoras de asociación, entre otras. Proporciona riego sanguíneo a casi la totalidad de la porción lateral de los hemisferios cerebrales (20). Se divide en: segmento esfenoidal o M1, insular o M2, opercular o M3 y cortical o M4. El segmento M1 genera ramas corticales tempranas hacia el frontal y temporal. El segmento M2 se ramifica en superior e inferior que suplen ambas áreas corticales de igual forma. El segmento M3 se origina a partir de las ramas de M2 y finalizan su trayecto al llegar a la superficie del surco cerebral lateral. M4 irriga a los dos tercios laterales del frontal, temporal, parietal y occipital (16).



- 1 Arteria carótida interna
- 2 Arteria cerebral anterior
- 3 Arteria recurrente de Heubner
- 4 Arteria temporal anterior
- 5 Arteriales laterales lenticuloestriadas
- 6 Bifurcación (Trifurcación de la ACM)
- 7 Rodilla de la ACM (genu)
- 8 Techo de la cisura de Silvio

Figura 4 Dibujo anatómico en proyección anteroposterior que muestra la Art. Cerebral Media y sus 4 segmentos principales (16).

- *Arteria Cerebral Posterior*

Ambas arterias cerebrales posteriores nacen de la basilar como ramas terminales en posición inferior al mesencéfalo bien sea en la cisterna supraselar o la interpeduncular. Son las principales encargadas de la mirada y la visión. Contribuyen a los reflejos oculares, transmisión de información visual y memoria. Se encarga también de irrigar gran parte del sistema límbico además de muchas otras estructuras cerebrales posteriores de vital importancia.

La Arteria Cerebral Posterior se divide en 4 segmentos:

- Segmento Pre-comunicante o mesencefálico (P1)
- Segmento Ambiens (P2)
- Segmento Cuadrigemino (P3)
- Segmento Calcarino (P4)

Segmento P1

Ubicado dentro de la cisterna interpeduncular. Representa la porción más proximal de la arteria cerebral posterior. Discurre posterolateral y superior desde su bifurcación basilar hasta su unión con la Arteria Comunicante Posterior.

Segmento P2

Se divide en segmento P2A y segmento P2P. La porción P2A comienza a partir de la fusión de la arteria cerebral posterior con la comunicante posterior a la altura del límite de la cisterna ambiente y la cisterna interpeduncular. Discurre por el segmento anterior de la cisterna ambiente alrededor del pedúnculo cerebral. P2A da origen a la mayor cantidad de ramificaciones arteriales de la cerebral posterior.

P2P se inicia luego del margen posterior del pedúnculo cerebral dirigiéndose posteromedial alrededor del mesencéfalo. Da origen a 4 ramas de las cuales las más importantes son las temporales posterior y media (21).

Segmento P3

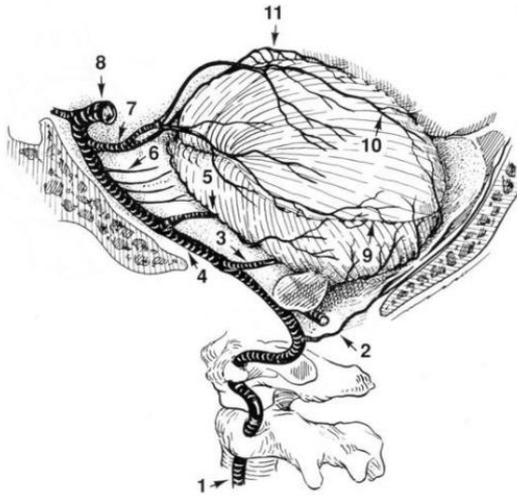
Este segmento se forma a partir del margen posterior del tálamo. Discurre posterolateral hacia la cisterna cuadrigeminal. Se extiende hasta el borde anterior de la cisura calcarina.

Segmento P4

Su presencia como un tronco común es variable ya que en la mayoría de casos la cerebral posterior se ramifica rápidamente en dos ramas terminales, la calcarina y la parietoccipital.

2.1.3.2. Sistema Vertebrobasilar

Toda la vascularización perteneciente al bulbo, mesencéfalo, protuberancia y cerebelo de manera habitual se la debemos al sistema vertebrobasilar con algunas excepciones.



1. Arteria vertebral izquierda
2. Arteria meníngea posterior
3. Arteria cerebelosa posteroinferior
4. Arteria basilar
5. Arteria cerebelosa anteroinferior
6. Ramas pontinas laterales
7. Arteria cerebelosa superior (ACS)
8. Arteria cerebral posterior (cortada)
9. Ramas cerebelosas hemisféricas en la gran fisura horizontal
10. Ramas hemisféricas de la ACS
11. Arterias verminianas superiores

Figura 5 Diagrama anatómico del sistema vertebrobasilar y sus ramas principales (visión lateral) (16).

- **Arterias Vertebrales**

Embriológicamente desarrolladas a partir de la anastomosis plexiforme entre 7 arterias intersegmentarias cervicales embrionarias durante la quinta semana de desarrollo fetal y en anastomosis inferior con la séptima arteria intersegmentaria cervical en la sexta semana del desarrollo (16), la arteria vertebral, en términos generales, se une con su contralateral para formar medialmente el tronco basilar, el cual aportara sangre oxigenada al cerebro, cerebelo y tronco encefálico principalmente. Cada vertebral se divide en 4 segmentos:

- Segmento Extraóseo (V1)
- Segmento Foraminal (V2)
- Segmento Extraespinal (V3)
- Segmento Intradural (V4)

Segmento V1

Su recorrido extraóseo inicia en la subclavia y finaliza en el foramen del proceso transversal cervical a nivel de la sexta vertebra. No da origen a ramas importantes.

Segmento V2

La vertebral en su porción foraminal discurre casi completamente hacia arriba, a través de los orificios de las apófisis transversas de C6-C3, atraviesa C2 trazando una especie de "L" invertida, asciende y gira saliendo del axis y finalmente gira hacia superior atravesando los forámenes transversos de C1.

Segmento V3

Extraespinalmente, a partir de C1, cada arteria vertebral se dispone hacia atrás y hacia medial, alrededor de la artic. atlantoccipital. Finalmente, atraviesan la duramadre después de girar hacia adelante y arriba pasando por el foramen magno.

Segmento V4

La porción intradural se dirige hacia anteromedial pasando por el foramen magno, siguiendo al clivus hacia arriba. A nivel de la unión del puente o protuberancia con el bulbo raquídeo se unen para formar la Arteria Basilar.

- *Arteria Basilar*

La arteria basilar se forma en el surco bulbomedular de la unión de ambas arterias vertebrales. Su curso es anterior al puente o protuberancia y se ramifica formando a las arterias cerebrales posteriores en la fosa interpeduncular (22)

Su origen embrionario se remonta a la quinta semana de desarrollo fetal en la que se forma como resultado de la fusión de dos arterias neurales longitudinales dorsales.

La arteria basilar normal tiene un diámetro de 3-4 mm y 32 mm de longitud.

2.1.4. ANATOMÍA MACROSCÓPICA DEL POLIGONO DE WILLIS

El círculo arterial cerebral se trata específicamente de un polígono de 9 lados con 10 componentes:

- *ACI (Arterias Carótidas Internas)*

El par de arterias carótidas internas se segmentan en las ramas terminales denominadas arterias cerebrales anterior y media. Tanto las ACI terminales como las ramas arteriales cerebrales anteriores (ACA) forman parte de la anastomosis del polígono sin embargo las arterias cerebrales medias no lo hacen.

- *ACA (Arterias Cerebrales Anteriores)*

El segmento A1, proximal horizontal o también denominado pre-comunicante

- *ACoA (Arteria Comunicante Anterior)*

Arteria de pequeño calibre ubicada en el borde anterior de la cisura longitudinal cuya función es conectar los segmentos A1 de las arterias cerebrales anteriores derecha e izquierda.

- *ACoP (Arterias Comunicantes Posteriores)*

El par de arterias comunicantes posteriores aportan la principal anastomosis de conexión entre la circulación vertebrobasilar y la carotídea. Originadas en el segmento C7 (supraclinoideo), se unen a los segmentos P1 (horizontal) de las ACP's del mismo lado.

- *AB (Arteria Basilar)*

La arteria basilar finaliza su trayecto bifurcándose en arterias cerebrales posteriores derecha e izquierda cerca de la unión pontomesencefálica. Los segmentos proximales de las ACP se denominan de igual forma segmentos P1 y discurren laterales frente al mesencéfalo inferior y el puente superior. Cada ACP se une a la ACoP del mismo lado cerrando el polígono de Willis.

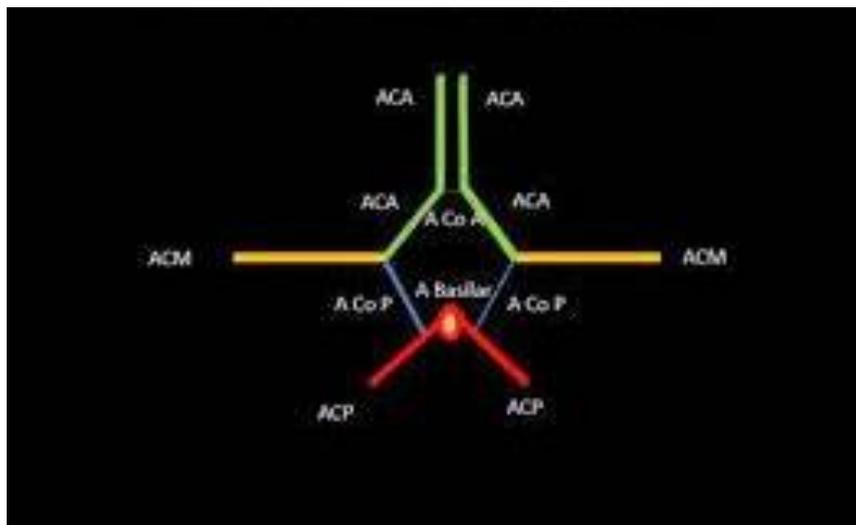


Figura 6 Esquema del Polígono de Willis normal (23).

2.1.5. VARIANTES NORMALES

El alto porcentaje de variantes anatómicas del círculo arterial cerebral nos permite entender que su presencia no constituye una excepción sino más bien

una regla. Un polígono de Willis anatómicamente completo con simetría entre sus componentes y un correcto desarrollo se encuentra presente en un 50% de cerebros sanos mientras que el 80% de pacientes con disfunción cerebral describen una variante anatómica diferente (24).

La **fenestración** está definida como división de la luz arterial en un vaso con dos canales que pueden compartir o no la capa adventicia y que convergen distalmente (25). Se relaciona con aumento de riesgo de aneurismas.

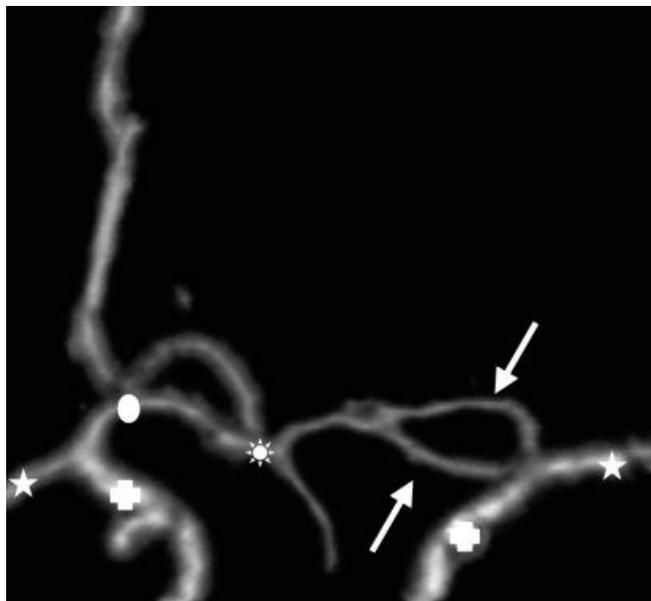


Figura 7 Fenestración del segmento A1 de la Art. Cerebral Anterior Der. (6).

La **duplicación** por su parte se trata de dos arterias independientes que se tienen un mismo origen, recorrido y destino y que no mantienen convergencia en su segmento más distal. El territorio vascular más común de duplicación es la arteria comunicante anterior.

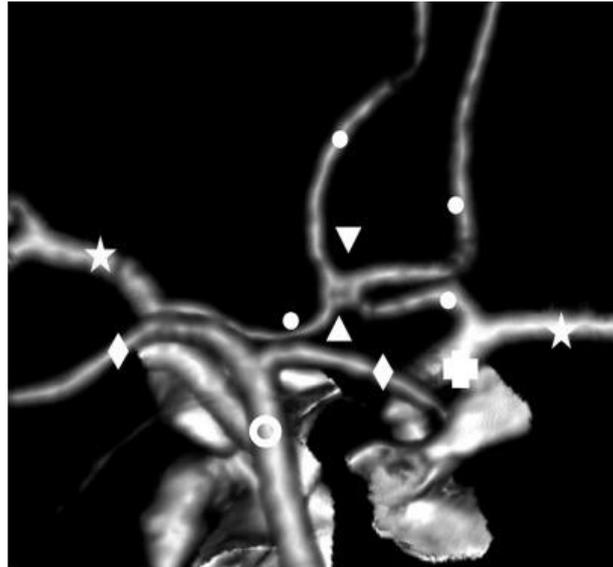


Figura 8 Duplicación de la Art. Comunicante Anterior.

La **hipoplasia** hace referencia a un crecimiento anómalo y primitivo de un segmento vascular (calibre disminuido), mientras que por otro lado la **agenesia** es la ausencia total del segmento vascular. En estos casos el riesgo de isquemia aumenta ya que la arteria del lado opuesto es la encargada de irrigar de forma parcial o completa el territorio vascular (6).

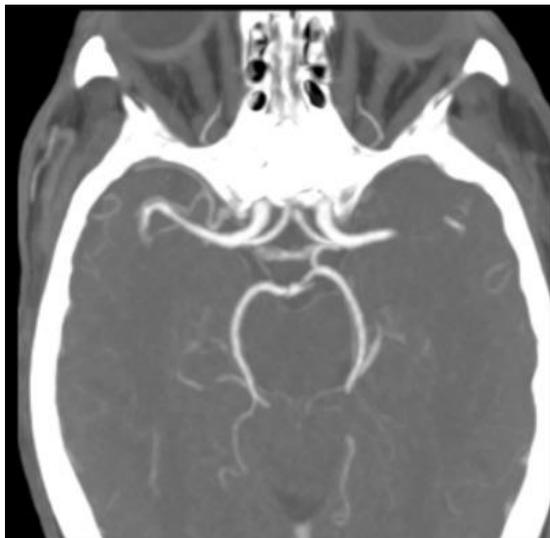


Figura 9 Hipoplasia AComP Derecha (4).

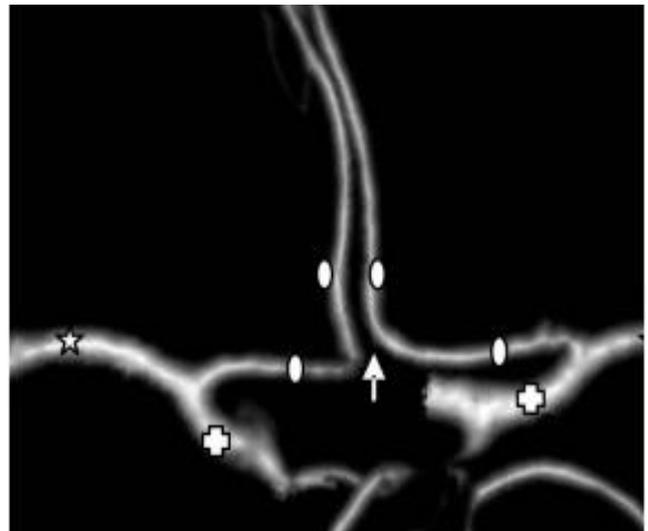


Figura 10 Agenesia de la ACoA (flecha) (6).

Bifurcación - Trifurcación

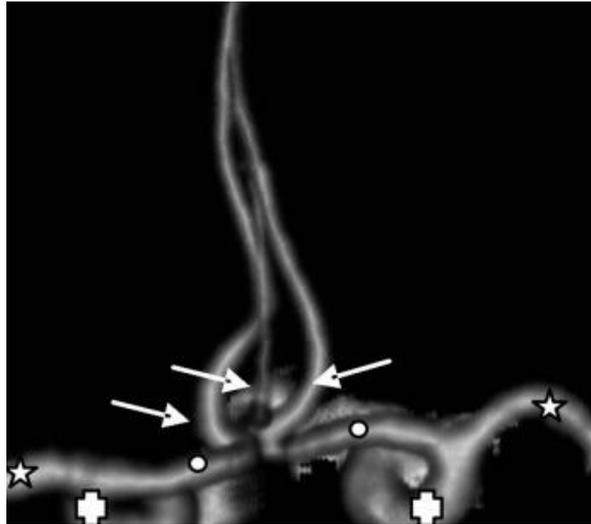


Figura 11 Trifurcación del segmento A2 la Art. Cerebral Anterior (6).

Algunas de las variantes anatómicas de normalidad son:

Segmento A1 hipoplásico o ausente. – se trata de una localización frecuente en relación a variantes congénitas, siendo la hipoplasia del segmento horizontal identificada en cerca del 10% de las autopsias. Una ausencia verdadera es menos frecuente en un porcentaje cercano al 1-2% de casos.

Arteria Comunicante Posterior hipoplásica o ausente. – se trata de variantes anatómicas de la región posterior del polígono de Willis cuya presencia, según la literatura, es más frecuente que las anteriores. La hipoplasia de ACoP's unilateral o bilateral se halla presente en cerca de un cuarto de los estudios de imagen y más o menos en un tercio de disecciones post-mortem.

Arteria Comunicante anterior. - en este segmento anatómico es común la duplicación, fenestración y la agenesia, sin embargo, hay que tener en cuenta al momento de la realización tanto del estudio como del informe radiológico el pequeño tamaño de esta arteria que dificulta su identificación y que puede dar origen a errores en el diagnóstico.

Arteria Comunicante Posterior de origen infundibular. – se trata de una dilatación del origen de la ACoP en su anastomosis con la ACI el cual puede ser erróneamente diagnosticado como un aneurisma en el origen de la comunicante posterior. Este tipo de ensanchamiento es de forma cónica y de diámetro inferior a 2 mm.

Arteria Cerebral Posterior de origen fetal. – se identifica ya que el diámetro de la ACoP es el mismo que el de ACP por tanto se la denomina ACP fetal. La arteria carótida interna se encarga del flujo sanguíneo occipital en lugar del sistema vertebrobasilar (26) .

2.1.6. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La tomografía computarizada es una técnica de diagnóstico por imagen que permite la obtención de múltiples imágenes tanto bidimensionales como tridimensionales de una o varias áreas anatómicas del cuerpo y gracias a su versatilidad y fiabilidad se a establecido en múltiples áreas de la medicina como la base para un correcto diagnóstico.

2.1.6.1. Historia

Todo parte con el descubrimiento de los rayos x en 1895 por parte del ingeniero mecánico y físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen el mismo que sentó las bases para lo que dentro de algunos años se aplicaría a los equipos de tomografía. Fue entonces que, en el año de 1917, el matemático austriaco Johann Radon demuestra que se puede reconstruir un objeto bidimensional o tridimensional a partir de una agrupación de proyecciones infinitas, por ello es conocido como el precursor matemático de la tomografía. Años más tarde el físico estadounidense -

sudafricano Allan MacLeod Cormack y el ingeniero inglés Godfrey Newbold Hounsfield establecen las bases teóricas del escáner; ambos ganadores del premio Nobel en Medicina en 1979.

El primer equipo de tomografía fue producido por la compañía Electric and Musical Industries (EMI), este equipo combinaba el cálculo electrónico con las técnicas tomográficas de rayos x con la finalidad de desarrollar una imagen tridimensional de un objeto adquiriendo múltiples proyecciones de rayos x con diferentes ángulos y finalmente con la ayuda de una computadora reconstruirlos a partir de cientos de planos superpuestos y entrecruzados.

El 1 de octubre de 1971 se construye el primer escáner craneal de uso clínico en un hospital Atkinson Morley's de Londres, un año después es presentado e introducido en el mercado. En 1973 ya se encontraban funcionando en Estados Unidos y Europa y a principios de la década de 1980 en hospitales españoles. En el año de 1980 se instala el primer Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) en Centroamérica, gracias a la adquisición por parte de Centro Scan, Guatemala. La tomografía axial computarizada se consideró el mayor avance en radiodiagnóstico desde el descubrimiento de los rayos x (27) (28).

2.1.6.2. Generaciones de escáner

- *Primera generación*

Los primeros escáneres clínicos constaban de un único detector y un haz colimado estrecho, que se trasladaba a lo largo del paciente girando en cada barrido; su tiempo de reconstrucción se estimaba en 5 minutos. Solo para el estudio del cerebro.

- *Segunda generación*

Estos equipos también fueron del tipo traslación – rotación. La diferencia radica en una fila única de detectores con muchos elementos y un haz en abanico con cobertura completa del campo de visión, filtro en forma de pajarito; el tiempo de reconstrucción de la imagen es de 20 a 30 segundos. Se puede estudiar cualquier parte del cuerpo.

- *Tercera generación*

En 1977, el sistema de tercera generación la fuente y el conjunto de detectores (380 detectores) giran alrededor del paciente 360°; contiene mejoras en la colimación del haz lo que hace que se reduzca la radiación difusa. El tiempo de reconstrucción es inferior a 1 segundo y una desventaja de esta generación es el artefacto en anillo.

- *Cuarta generación*

El tubo gira alrededor del objeto 360° pero el conjunto de detectores no, el haz de rayos x en forma de abanico con múltiples matrices de detectores obteniendo múltiples cortes en un solo giro; por ende, el tiempo de reconstrucción es menor a 0.5 segundos. Una desventaja los detectores se descalibran fácilmente.

- *TC helicoidal*

En 1980, aparece la tomografía helicoidal o espiral que combina el giro continuo de la fuente de rayos x y el conjunto de detectores con el movimiento continuo de la mesa, dando origen a una espiral o hélice; mejorando así el tiempo de

exploración debido a que el tiempo útil es el 100%. Posee las siguientes características:

- El movimiento continuo de la fuente de rayos x se da gracias a un sistema de escobillas que le transmiten electricidad.
- La hélice imaginaria en el espacio se forma por el movimiento de la mesa y la adquisición continua de los datos.
- Se obtiene un volumen de datos que mediante un algoritmo matemático de interpolación se convierten en imágenes visibles en un monitor.
 - *TC helicoidal multicorte*

Para finales de la década de 1990, se mejora la TC helicoidal dando lugar a la aparición de la TC helicoidal multicorte, en la que los tiempos de exploración son menores a 0.5 segundos, se desarrollaron equipos con múltiples matrices de detectores con la finalidad de adquirir varios cortes en vez de uno. Con el pasar de los años fueron apareciendo equipos multicorte a los cuales se le fueron añadiendo hileras de detectores (4,8,16,64, etc.).

En la actualidad la Imagenología en si ha ido evolucionando a buen ritmo y la tomografía computarizada ha ido creciendo con ella. Gracias a la implementación de avances tecnológicos, que le han permitido mejorar por mucho los tiempos de adquisición, la calidad de las imágenes adquiridas y la reducción de dosis de radiación impartida al paciente, en la actualidad la TC es una de las opciones más óptimas para un análisis patológico inicial de múltiples enfermedades (27) (29) (30).

2.1.6.3. Definición

Inicialmente a esta técnica se la conoció como tomografía axial computarizada (TAC) que proviene del griego tomos “corte o sección” y grafos “descripción o representación gráfica”, axial hace referencia al plano de corte que se obtienen las imágenes y computarizada hace referencia que es una imagen digital. Actualmente se conoce como tomografía computarizada, el término axial se suprimió al tener ahora más planos de corte de la imagen (31).

La Tomografía computarizada (TC) es una técnica de imagen diagnóstica medica que utiliza los rayos x y un sistema informático que procesa los datos, que permite la obtención de datos de cortes o secciones de una región anatómica determinada y la posterior implementación de algoritmos de reconstrucción para la representación de estos datos como una imagen en un monitor. En ciertas ocasiones se requiere utilizar contraste radiológico que es administrado por vía oral o venosa (27).

La tomografía computarizada (TC) y la angiografía por sustracción digital (ASD) (Gold Standard) constituyen los métodos principales en el diagnóstico precoz de afecciones cerebrales tales como hemorragia intracraneal, malformaciones vasculares cerebrales, aneurismas intracraneales o accidentes cerebrovasculares, no obstante, la evolución de técnicas e implementación de métodos mínimamente invasivos como la Angio-TC Multidetector, que tiene una alta sensibilidad (81-90%) y una especificidad cercana al (93%) para la detección de estas patologías, han llevado a los escáneres de tomografía actuales a ser tomados en cuenta como parte importante del diagnóstico de patología cerebral.

Entre otros beneficios que presenta la ATC son que existe mayor accesibilidad de equipos, son menos invasivos y más rápidos que la ASD por lo que resultan equiparables a esta en el diagnóstico y manejo del paciente (32) .

2.1.6.4. Principales componentes de un equipo de tomografía

Gantry: en su interior se encuentra:

- El tubo de rayos x: El funcionamiento se da por desaceleración rápida de electrones de alta energía emitidas en el cátodo los cuales impactan con blanco metálico en el ánodo. Se suelen usar rotores de alta velocidad para disipar el calor y controlar la temperatura.
- Conjunto de detectores
- El generador de alta tensión
- Soportes mecánicos

Colimadores: se usan dos colimadores:

- Prepaciente: se localiza en la cubierta del tubo, su función es limitar el área del paciente que intercepta el haz útil. Determina el grosor de corte y la dosis de radiación que recibe el paciente.
- Postpaciente: se ubica antes de los detectores, controla el campo de rayos x visto por la matriz de detectores y reduce la radiación dispersa.

Generador de alta tensión: funcionan con alimentación trifásica o de alta frecuencia, admiten velocidades mayores al rotor de rayos x con picos de potencia característicos de sistemas pulsátiles.

Camilla: construida con un material de bajo número atómico como la fibra de carbono. Permite mantener al paciente en una posición cómoda, se mueve gracias a un motor eléctrico con suavidad y precisión.

Ordenador: se dispone de un ordenador de gran capacidad que permite realizar todas las tareas y cálculos matemáticos para la reconstrucción de la imagen. Además, que permite la programación del estudio en general.

Consola de control: generalmente se cuenta con dos consolas. La primera para el licenciado o técnico que se encarga del funcionamiento del equipo y la realización del estudio junto con las reconstrucciones pertinentes. Y la otra para el radiólogo donde le permite ajustar lo que crea conveniente para realizar un buen diagnóstico.

Almacenamiento de imágenes: se cuenta con diversos formatos en el campo de la radiología, el más usado es el formato DICOM. los datos se almacenan en el ordenador y son enviados a los sistemas de archivos digitalizados PACS.

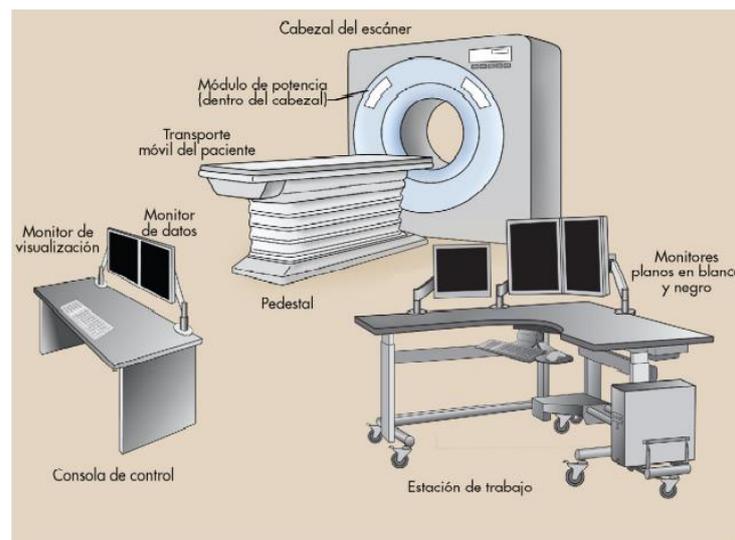


Figura 12 Componentes de un sistema de imagen completo de TC (29) .

2.1.6.5. Unidades Hounsfield

Las unidades hounsfield (UH) se conocen así en honor a su descubridor, también conocidas como números de TC. Se define como un coeficiente de atenuación lineal relativo al agua (μ_{agua}) según la expresión:
$$UH = 1.000 \times (\mu_{\text{tejido}} - \mu_{\text{agua}}) / \mu_{\text{agua}}$$
.

Los números TC de cada pixel están relacionadas con la atenuación de los rayos x del tejido de vóxel correspondiente, cada pixel se representa con un nivel de brillo en el monitor y están en un rango entre -1000 a 1000 UH. Los valores de UH se representan en una escala máxima de 256 niveles de grises.

Se conoce como ventana a la cantidad de valores de UH que se pueden seleccionar libremente en el escáner. La anchura de ventana fija los valores máximo y mínimo de UH que son representados en la escala de grises. El centro o nivel de ventana define el valor central de UH de la densidad del tejido que se desea estudiar.

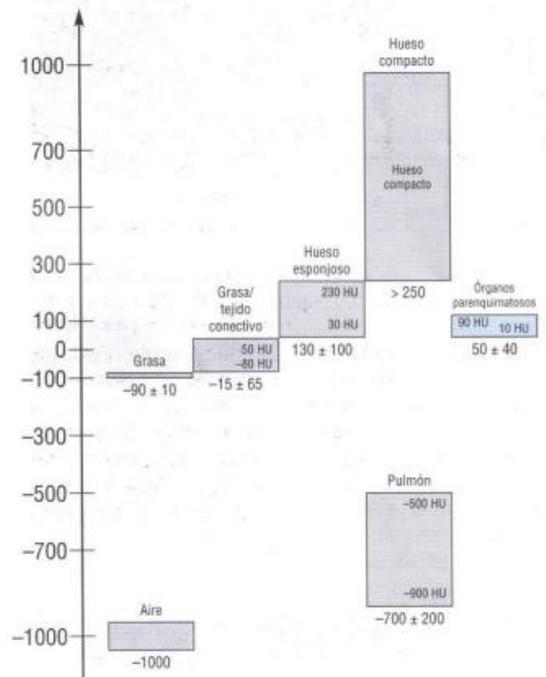


Figura 13 Densidad de todos los tejidos (33).

2.1.7. ANGIOGRAFÍA

Las primeras investigaciones para la opacificación de los vasos sanguíneos intracraneales se atribuyen al neurocirujano y psiquiatra portugués Antonio Caetano de Abreu Freire más conocido como Egas Moniz. Las bases de su investigación parten del trabajo sobre el lipiodol en 1924 por Jean Sicard y Jacques Forestier, y en 1925 Evarts Graham y Warren Cole demuestran que usando Tetrabromofenolestaleina se podía visualizar la vesícula biliar.

Inició suministrando 40 gr de bromuro de litio (dosis usual era de 1 a 3 gr usados como sedantes) por vía oral con la intención de lograr radioopacificar el cerebro mediante radiografías de cráneo, pero esta técnica no dio resultados positivos. Más tarde en colaboración con Pedro Almeida pasó a la inyección carotidea directa de los bromuros que dio resultado cefaleas en sus pacientes sin lograr opacificación cerebral alguna en sus pacientes.

Hizo experimentos en perros y conejos para demostrar que el lipiodol no causaba daño en animales, a la vez que logro una tenue opacificación de vasos cerebrales en el decimoquinto animal. Para familiarizarse con humanos, uso cabezas de cadáveres del Instituto de Anatomía que fueron trasladados al Departamento de Radiología del Hospital de Santa Marta, logrando demostrar de esta manera la opacificación cerebral.

Continuó sus estudios con pacientes, pero una tenue opacificación de los vasos y la muerte de un paciente por trombosis le llevó a usar ioduros (sustancias de mayor numero atómico) logrando demostrar la circulación cerebral de esta manera identificando claramente algunas porciones de la arteria carótida interna y la arteria cerebral media en las radiografías laterales de cráneo.

El 7 de julio de 1927 presentó los primeros resultados de sus experimentos ante la sociedad de Neurología de París y en el verano del mismo año ante la Academia Francesa de Medicina. En los siguientes años se dedicó a perfeccionar la técnica y escribir más de cincuenta artículos referentes a su investigación (34).

Tradicionalmente el diagnóstico vascular se ha realizado por este método que implica punciones arteriales, uso de cantidades elevadas de contraste yodado e imagen bidimensional. Con el pasar de los años el avance de la tecnología es evidente, el descubrimiento de la tomografía y resonancia magnética, así como el rápido desarrollo de sus técnicas. Actualmente ha permitido que el diagnóstico vascular se realice por técnicas menos invasivas para el paciente, entre las que encontramos la angiografía por tomografía computarizada y por resonancia magnética (27).

2.1.8. ANGIOTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La angiотomografía computarizada utiliza un tomógrafo para obtener imágenes con alta resolución espacial de la red vascular y tejidos blandos y óseos adyacentes. Se inyecta un medio de contraste yodado por vía intravenosa periférica para lograr opacificar los vasos. Mientras el medio de contraste fluye a través de los vasos sanguíneos se realiza la adquisición de las imágenes utilizando la exploración por tomografía. Luego los datos obtenidos son procesados, presentados y revisados por un especialista.

La finalidad de la angiотomografía es visualizar las estructuras vasculares por ende es indispensable el uso de medios de contraste, el mismo que debe ser captado en su punto máximo de realce cuando se adquieren las imágenes, lo que conlleva a conocer los parámetros de mayor relevancia de los que depende el realce arterial, los cuales son:

Parámetros controlados por el usuario

- El realce arterial es proporcional a la velocidad de administración del medio de contraste. Aumenta sí: aumenta la velocidad de inyección y aumenta la concentración de yodo.
- Realce arterial se incrementa con la duración de inyección.

Parámetros dependientes del paciente

- El realce es inversamente proporcional al gasto cardíaco de cada paciente.
- El llenado arterial dependerá de variaciones de flujo locales, fisiológicas o patológicas (27).

La AngioTC cerebral es una técnica que requiere de criterios específicos y postprocesamiento ideal para su correcta interpretación. Sin embargo, existe cierto grado de diferencia en la detección de patologías dependiendo del equipo y de la forma en que se aplique la técnica. La ATC tiene algunas limitaciones como la dificultad para la representación de vasos de pequeño calibre, artefactos de fusión de vasos cuya pared se encuentra en contacto y en casos de pacientes que tiene clips quirúrgicos se produce un artefacto por endurecimiento del haz, entre otras.

2.1.9. PROTOCOLO ANGIOTOMOGRAFÍA DE CRÁNEO

El equipo utilizado en el centro de diagnóstico por imágenes “MEDIMAGEN” es un tomógrafo de la marca Toshiba Aquilion de 16 cortes.



Figura 14 Tomógrafo Toshiba Aquilion de 16 cortes (MEDIMAGEN).

Indicaciones:

- Localización de aneurismas.
- Malformaciones en pacientes con hemorragias subaracnoideas.

- Localización de émbolos en pacientes con infarto cerebral.
- Estudio de la irrigación arterial cerebral.

Contraindicaciones:

- Mujeres embarazadas
- Reacciones previas a medios de contraste yodados.
- Función renal, fuera del rango normal.

Preparación del paciente:

- Explicar al paciente en que consiste el examen, duración del mismo y despejar alguna duda presente.
- Verificar ayuno de 6 a 8 horas de sustancias sólidas.
- Revisar exámenes previos de sangre: urea (< 40 mg/dl) y creatinina (< 1.2 mg/dl).
- Confirmar que el paciente no tenga alergias al medio de contraste.
- Retirar todos los objetos metálicos de la cabeza que puedan interferir en el estudio y proporcionar una bata hospitalaria.
- Firma del consentimiento informado.
- Disponer una vía venosa periférica en la parte anterior del antebrazo (preferible lado derecho), canalizado con catión de 18 G. Se puede usar vía venosa central (VVC). (27)

Posición del paciente:

- Cabeza primero en relación al gantry.

UCUENCA

- Paciente en decúbito supino.
- Brazos a lo largo del cuerpo.
- Línea orbitomeatal inferior perpendicular a la mesa.
- Centraje: luz del plano axial sobre la línea orbitomeatal.



Figura 15 Posición del paciente.

Rango de Estudio:

- Límite superior: 2cm por encima de la calota.
- Límite inferior: por debajo de la base craneal.

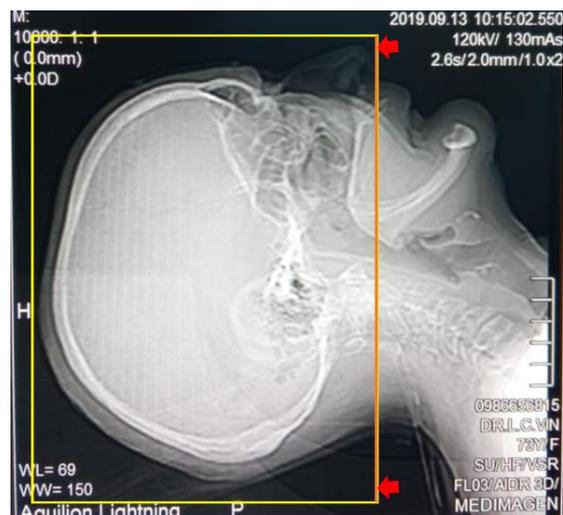


Figura 16 Topograma y rango de estudio.

Medio de contraste:

- Contraste yodado no iónico de alta concentración (370 mg/dl).
- Dosis: 1,5 - 2 ml por kilogramo (kg) de peso corporal.
- Flujo: 4 – 5.5 ml/s.
- Presión: 200 – 300 psi.
- Inyección automática (inyector)



Figura 17 Pantalla del inyector.

Parámetros técnicos:

Topograma	Lateral 256 mmm
KV/mA	120/180
D - FOV	231.6 (S)
Rotación del tubo	0.75
Rango	4

Pitch	0.9
Grosor de corte	0.625 mm
Barrido	Caudo – craneal



Figura 18 Parámetros técnicos.

Se utiliza Bolus Tracking:

- ROI: en la arteria carótida interna, a la altura de C4 - C5
- Umbral: 70 UH



Figura 19 Posición del ROI.

Fases:

- Fase simple
- Fase arterial (bolus tracking)

Reconstrucciones:

- Reconstrucción multiplanar (MPR)

Este tipo de reconstrucciones nos permite representar las imágenes obtenidas en diversos planos diferente al adquirido inicialmente. Dichos planos pueden ser los anatómicos básicos ortogonales (axial, coronal y sagital). O bien oblicuos.

Suele tener limitaciones en este tipo de estudios, por la razón de que los vasos generalmente son estructuras curvadas y no pueden representarse en una sola imagen planar, se utiliza como guía para otro tipo de reconstrucción.



Figura 20 Reconstrucción multiplanar (MPR).

- Reconstrucción planar curva (CPR)

La imagen a representar se proyecta en base a una línea curva y no recta como en la técnica MPR. La línea curva pasará por la luz del vaso sanguíneo en estudio de esta manera se muestra la estructura vascular en un mismo plano, permitiendo su estudio completo.

- Proyección de máxima intensidad (MIP)

Esta técnica muestra una imagen bidimensional a partir de información contenida en un volumen de datos. Representando en una imagen los vóxeles más brillantes que conforman dicho volumen es decir los vasos sanguíneos contrastados y estructuras cálcicas.



Figura 21 Proyección de máxima intensidad (MIP).

- Reconstrucción volumétrica (VRT)

Es una representación tridimensional del examen considerando todos los vóxeles de la imagen. En angiografía queda representado los vasos sanguíneos contrastados y estructuras óseas, para diferenciar se asignan colores distintos en función de su densidad. Además, se puede rotar la imagen en diferentes sentidos mejorando su estudio.

En actualidad se cuentan con técnicas de sustracción automática del hueso quedando representado únicamente las estructuras vasculares. En las representaciones endoluminales se puede navegar virtualmente dentro del vaso (27) (33).

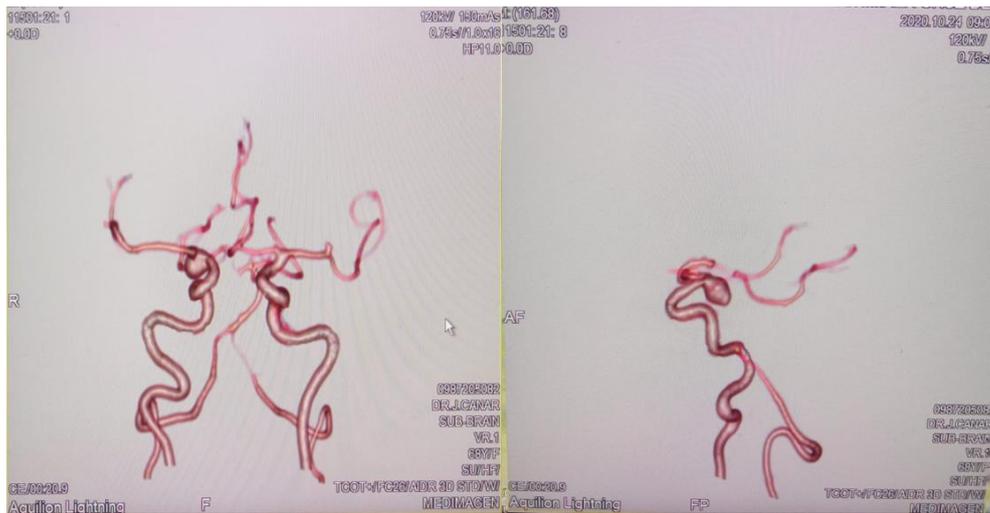


Figura 22 Reconstrucción volumétrica (VRT).

Control post estudio:

Antes de retirar la vía, verificar mediante la observación e indagación al paciente que se encuentre bien, descartando alguna reacción por la administración del medio de contraste durante el examen (28) (35).

CAPÍTULO III

3.1. OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo General

Determinar la frecuencia de variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por AngioTC cerebral en pacientes de 20-80 años que acudieron a Medimagen durante el periodo 2018 – 2020.

3.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar el tipo de variante anatómica de circulación cerebral más recurrente en la población de estudio
- Relacionar el sistema de circulación cerebral y la localización anatómica de mayor frecuencia de presencia de variantes anatómicas del polígono de Willis.
- Correlacionar las variables edad y sexo con la frecuencia de presencia de variantes anatómicas de circulación cerebral.
- Establecer la localización topográfica más frecuente de variantes anatómicas del polígono de Willis.

CAPÍTULO IV

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio del tipo descriptivo retrospectivo – transversal en el que se recolectó información de los informes radiológicos de los pacientes que se realizaron Angio-TC de cráneo en MEDIMAGEN Cuenca en el periodo 2018-2020.

4.2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en Ecuador, provincia del Azuay, ciudad de Cuenca en el centro de diagnóstico por Imágenes Medimagen CUENCA, ubicado en Av. Paseo de los Cañaris y Pumapungo esquina (diagonal al Hospital Vicente Corral Moscoso). Se consideraron los informes radiológicos de los pacientes que se realizaron angiotomografía de cráneo durante el periodo 2018 - 2020 en el centro de imágenes descrito anteriormente.

4.3. UNIVERSO Y MUESTRA

4.3.1 Universo

El universo estuvo constituido por todos los estudios de Angio-TC cerebral. realizados en Medimagen CUENCA durante el periodo 2018 - 2020.

4.3.2 Muestra

Se usó una muestra no probabilística por conveniencia formada por los 111 pacientes que presentaron variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por Angio-TC cerebral.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

4.4.1 Criterios de inclusión

Se incluyeron a todos los pacientes de 20 a 80 años que acudieron al centro de diagnóstico por imágenes Medimagen CUENCA a realizarse una angiotomografía de cráneo durante el periodo 2018 – 2020

4.4.2 Criterios de exclusión

Los estudios fueron excluidos de la investigación si:

- No cuentan con un informe radiológico.
- Informes radiológicos incompletos.

4.4. VARIABLES

4.5.1 Variables independientes

- Sexo
- Edad

4.5.2 Variables dependientes

- Variante anatómica
- Localización de la alteración
- Sistema de circulación donde se localiza la variante
- Ubicación de la variante anatómica.
- Tipo de variante anatómica

4.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (Anexo 1)

4.7. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

4.7.1 Método

Se llevó a cabo una investigación con método inductivo en el que se analizaron los informes de estudios de pacientes entre 20 a 80 años que se realizaron Angiotomografía de cráneo durante el periodo 2018 – 2020.

4.7.2 Técnica

Para el presente estudio se utilizó un formulario para la recolección de los datos, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión detallados anteriormente.

Una vez obtenida la información, se procedió a subir los datos a una base de datos para posteriormente realizar el análisis de los mismos y obtener las respectivas conclusiones.

4.7.3 Instrumentos

- Base de datos de informes radiológicos del periodo 2018-2020 facilitada por el centro de imágenes MEDIMAGEN CUENCA.
- Formulario (Anexo 2)
- Se utilizará el paquete estadístico SPSS en su versión 21.

4.8. TABULACIÓN Y ANÁLISIS

Los datos se recolectaron de manera manual utilizando el formulario, en el cual se registraron los datos de los informes radiológicos que cumplían con los criterios de inclusión. Los datos fueron tomados de la base de datos del centro de diagnóstico por imagen Medimagen Cuenca.

El análisis informático se realizó en el programa estadístico SPSS versión 21, para el análisis estadístico se utilizó frecuencias y porcentajes. Los resultados se muestran mediante tablas y gráficos.

4.9. ASPECTOS ÉTICOS

4.9.1 Autorización

Para llevar a cabo el presente estudio se obtuvo la autorización de:

- Aprobación del tema y protocolo de investigación por parte del comité de bioética en investigación del área de la salud y consejo directivo de la facultad de ciencias médicas de la Universidad de Cuenca.
- Autorización del Dr. Carlos Jerves director del centro de diagnóstico por imágenes MEDIMAGEN CUENCA.
- No se necesitó el consentimiento informado por parte de los pacientes debido a que no se mantendrá contacto directo con los mismos, ni se requirió la toma de muestras o intervenciones invasivas; la información se obtuvo de los informes radiológicos.

4.9.2 Confidencialidad

Toda la información que se utilizó en el presente estudio fue absolutamente confidencial y utilizada únicamente con fines académicos, los datos utilizados fueron tomados de los informes radiológicos, recalcando que en ningún momento se mencionó los nombres de los pacientes. Para identificar a cada paciente se usó el número del formulario con el que se ha registro la información. Manteniendo en todo momento el anonimato de los mismos.

Además, que se actuó de acuerdo con las leyes de protección de datos establecidas en el país:

Art. 7.- Por documentos que contienen información de salud se entienden: historias clínicas, resultados de exámenes de laboratorio, imagenología y otros procedimientos, tarjetas de registro de atenciones médicas con indicación de diagnóstico y tratamientos, siendo los datos consignados en ellos confidenciales.

El uso de los documentos que contienen información de salud no se podrá autorizar para fines diferentes a los concernientes a la atención de los/las usuarios/as, evaluación de la calidad de los servicios, análisis estadístico, investigación y docencia. Toda persona que intervenga en su elaboración o que tenga acceso a su contenido, está obligada a guardar la confidencialidad respecto de la información constante en los documentos antes mencionados.

Art. 12.- En el caso de historias clínicas cuyo uso haya sido autorizado por el/la usuario/a respectivo para fines de investigación o docencia, la identidad del/a usuario/a deberá ser protegida, sin que pueda ser revelada por ningún concepto.

4.9.3 Balance riesgo-beneficio

Entre los beneficios de la presente investigación encontramos: información respecto al tema de estudio, comparar resultados obtenidos con estudios similares en otros lugares, información local del tema, posibilidad de desarrollar investigaciones futuras con base en el presente estudio. No presento riesgo alguno que influya en la salud de los pacientes como en la comunidad en general.

4.9.4 Declaración de conflicto de intereses

Por parte de los investigadores Jefferson Castillo y Alex Uyaguari, declaramos que no existe conflicto de interés alguno. Además, el presente estudio no fue financiado en ningún aspecto por alguna persona o empresa con intereses económicos sobre productos, equipos o similares citados en la misma

4.9.5 Idoneidad de investigadores

Al ser egresados de la carrera de Licenciatura en Imagenología de la Universidad de Cuenca, tenemos los conocimientos, capacidades y requisitos necesarios para desarrollar esta investigación.

CAPÍTULO V

5.1. RESULTADOS. TABLAS

Tabla 1. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el periodo 2018- 2020, según la presencia de variante anatómica.

Variante Anatómica		
	Frecuencia	Porcentaje (%)
No	43	27,9%
Si	111	72,1%
Total	154	100%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

En esta tabla se aprecia que la frecuencia de variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por Angio-TC cerebral es del 72,1%.

Tabla 2. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el periodo 2018- 2020, según el tipo de variante anatómica.

		Frecuencia	Porcentaje (%)
Tipo de variante anatómica	Accesoria	5	4,5 %
	Agenesia	4	3,6%
	Anastomosis	3	2,7%
	Bifurcación	2	1,8%
	Duplicación	8	7,2%
	Fenestración	8	7,2%
	Hipoplasia	71	64,0%
	Persistencia de circulación fetal	10	9,0%
	Total	111	100,0%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

En esta tabla se evidencia que el tipo de variante anatómica más frecuente es la hipoplasia con el 64% seguida de persistencia de la circulación fetal con el 9% y duplicación con 7,2%. En contraposición a esto el tipo de variante menos frecuente es la Bifurcación con 1,8% seguida de la anastomosis con un 2,7%.

Tabla 3. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el

periodo 2018- 2020, según la relación entre sistema de circulación y localización de la variante anatómica.

		Sistema de circulación donde se localiza la variante anatómica				Total	
		Sistema carotideo		Sistema vertebro - basilar			
		N°	%	N°	%	N°	%
Localización de la alteración	Derecho	36	32,43%	21	18,92%	57	51,4%
	Izquierdo	25	22,52%	29	26,12%	54	48,6%
Total		61	54,95%	50	45,04%	111	100%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

Se aprecia que 32,4% alteraciones del sistema carotideo son del lado derecho y 26,1% del sistema vertebro basilar son del lado izquierdo, mientras que, el 18,9% son del sistema vertebro basilar y 22,5% del lado izquierdo.

Tabla 4. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el

periodo 2018- 2020, según la relación entre sexo y la presencia de variante anatómica.

Sexo	Número	Porcentaje
Hombre	54	48,65%
Mujer	57	51,35%
Total	111	100%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

Se pudo evidenciar que el 48,64% de pacientes que presentaron una variante anatómica fueron mujeres y el 51,36% fueron hombres.

Tabla 5. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el periodo 2018- 2020, según la relación entre edad y la presencia de variante anatómica.

		Número	Porcentaje
Edad (años)	20-30	21	18,91%
	31-40	19	17,11%
	41-50	28	25,22%
	51-60	15	13,51%
	61-70	13	11,71%
	71-80	15	13,51%
Total		111	100%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

Se puede apreciar que en cuanto a la edad 25,22% de pacientes con esta variación estaban entre los 41 a 50 años, seguidos los pacientes entre 20 a 30 años con el 18,91%.

Tabla 6. Distribución de informes imagenológicos de pacientes de 20 a 80 años que acudieron a Medimagen a realizarse Angiotac Cerebral, durante el periodo 2018- 2020, según la ubicación de la variante.

Ubicación de la variante	Frecuencia	Porcentaje (%)
Arteria Basilar	4	3,6 %
Arteria Carótida Izquierda	5	4,5%
Arteria Cerebral Anterior Derecha	30	27,0%
Arteria Cerebral Anterior Izquierda	18	16,2%
Arteria Cerebral Media Derecha	2	1,8%
Arteria Cerebral Media Izquierda	3	2,7%
Arteria Cerebral Posterior Derecha	13	11,7%
Arteria Cerebral Posterior Izquierda	19	17,1%
Arteria Com. Anterior	4	3,6%
Arteria Com. Posterior Derecha	5	4,5%
Arteria Com. Posterior Izquierda	8	7,2%
Total	111	100,0%

Fuente: FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Realizado por: Jefferson A. Castillo E y Alex R. Uyaguari P.

Se puede ver que la mayor cantidad de variantes anatómicas de los pacientes analizados se dieron en Arteria Cerebral Anterior Derecha con el 27%, seguida de la Arteria Cerebral Posterior Izquierda con el 17%.

CAPÍTULO VI

6.1. DISCUSIÓN

En esta investigación se incluyeron 154 informes imagenológicos de pacientes de 20-80 años que acudieron a Medimagen durante el periodo 2018 – 2020, y se pudo identificar que la frecuencia de variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por AngioTC cerebral es del 72%, es decir se presentó en 111 de ellos, esta alta frecuencia es comparable con la encontrada en el estudio de Riggs et al (3) quienes analizaron 100 cadáveres adultos frescos de los cuales pudieron detectar un 21% de casos de polígono de Willis típico y por lo menos un tipo de variante en su anatomía en el 79% restante, mientras que un estudio en Turquía reveló que la morfología típica completa del polígono de Willis se encontraba presente en el 28% de casos (4).

En estudio de Sosa et al (36) en un hospital mexicano se encontró por el contrario una baja frecuencia de variantes anatómicas, más bajas de lo habitual; pues el 33,93 % de la población de estudio presentó una variante atípica, es importante porque algunas variantes son asociadas con un mayor riesgo de eventos isquémicos

En el presente estudio se evidencia que el tipo de variante anatómica más frecuente es la hipoplasia con el 64% seguida de persistencia de la circulación fetal con el 9%, mientras que el estudio de Quijano et al (37) se observó que el 12.5%, hipoplasia de la AComP derecha; el 12.5%, de la AComP izquierda, y el 4.1%, hipoplasia bilateral de la AComP, así mismo el estudio de Sosa et al muestra que encontraron hipoplasias en 53% de los casos. El trabajo de Suazo (38) también mostro hipoplasia de un segmento A1 en se dio 46,5% de los casos y duplicación de ACoA en 1, 7%; se identificó el origen de la arteria de Heubner en A2 en 39% y de la unión A1-comunicante en 30%.

Es importante citar el trabajo de Plaza et al (39) donde dejan ver que 25,3% de casos con polígono no clásico coinciden con la sección anterior pues, la variante

anat6mica m1s frecuente fue la hipoplasia 14,9%, mientras que la estructura vascular que present6 m1s variantes anat6micas fue la arteria comunicante posterior con un 17%. En este estudio la mayor cantidad de variantes anat6micas de los pacientes analizados se dieron en Arteria Cerebral Anterior Derecha con el 27%, seguida de la Arteria Cerebral Posterior Izquierda con el 17% al igual que en estudio de Quijano et al (36) donde 12.5% present6 variaci6n de la arteria cerebral anterior (ACA) 1cigos; uno (4.1%), doble ACA en el segmento A1; uno (4.1%), triple ACA en el segmento A2 y doble arteria comunicante anterior (AcomA); uno (4.1%), agenesia de la arteria comunicante posterior (AComP) derecha; uno (4.1%), de la AComP izquierda.

En cuanto a la localizaci6n de la alteraci6n anat6mica topogr1ficamente es m1s com1n en el lado derecho con el 51,4% no obstante, el lado izquierdo tiene un porcentaje similar 48,6%, el estudio de Fajj et al (40) deja ver que el lado derecho o izquierdo presentan proporciones similares en cuanto a alteraciones y no se ha establecido un lugar topogr1fico com1n para este tipo de variantes, as1 mismo se pudo ver que el sistema carotideo es el que presenta m1s variables anat6micas, pues la mayor1a de variantes se dieron en la arteria carotidea anterior como se describe en la secci6n anterior.

Se pudo evidenciar que el 37% de pacientes que presentaron una variaci6n anat6mica fueron mujeres y el 35,1% fueron hombres, en cuanto a la edad 18,2% de pacientes con esta variaci6n estaban entre los 41 a 50 a1os, seguidos los pacientes entre 20 a 30 a1os con el 13,6%, resultados similares se encontraron en el estudio de Paslascalau et al (41) donde los hombres y mujeres presentaron de forma similar variaciones anat6micas y las edades no presentaron diferencia significativa estos autores enfatizan en que las alteraciones anat6micas del pol1gono de Willis podr1a representar un factor de riesgo para aneurismas intracraneales y aterosclerosis, principalmente cuando hay arterias hipopl1sicas, debido a la alta resistencia al flujo y a la geometr1a desequilibrada de la bifurcaci6n.

7.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.1 Conclusiones

- La frecuencia de variantes anatómicas cerebrales vasculares diagnosticadas por AngioTC cerebral es del 72%.
- El tipo de variante anatómica más frecuente es la hipoplasia con el 64%.
- Se pudo evidenciar que el 48,65% de pacientes que presentaron una variante anatómica fueron mujeres y el 51,35% fueron hombres; y en cuanto a la edad fue ligeramente más frecuente, en pacientes entre los 41 a 50 años, no obstante, la edad no determinó la identificación de estas variantes.
- Se pudo determinar que la localización anatómica topográficamente más común fue en el lado derecho con el 51,4%.
- Se identificó que el sistema carotideo es el que presenta más variables anatómicas con un 54.95%
- Las variantes anatómicas se presentaron en el 27% de los casos en la Arteria Cerebral Anterior Derecha.

7.1.2 Recomendaciones

- Frente al hallazgo de una variante anatómica debe registrarse adecuadamente su tipo y ubicación con el fin de que se conozca exactamente como se encuentra constituida dicha variación.
- En casos de hallazgos previos a una planificación quirúrgica hacer énfasis en la identificación de la ACA áxicos, la trifurcación de la ACA y de la ACM accesoria que son claves en las cirugías de los aneurismas del sector anterior.
- Se sugiere a nuevos investigadores enfocarse en el tipo de patologías más frecuentemente observadas en los estudios imagenológicos y que derivan de la presencia de variantes en la anatomía vascular cerebral.
- Se recomienda a los licenciados encargados de realizar las Angio-TC's que utilicen el protocolo de adquisición adaptado y adecuado a la situación, teniendo en consideración factores importantes como el equipo con el que se está trabajando, los protocolos de inyección, el medio de contraste y concentración, el estado general del paciente, entre otros, que pueden interferir en la adquisición de una imagen adecuada y que juega un papel importante para el diagnóstico. De esta manera, se obtendrá resultados idóneos y de calidad.

CAPÍTULO VIII

8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. Delgado Sáiz S, Antón Mendez L, Gómez Muga JJ, Sarmiento De La Iglesia MDM, Cisneros Carpio S, Grande Icarán D. Variantes anatómicas del polígono de Willis: Todo lo que debemos conocer. Seram. [Online]; 2018. Acceso 7 de 4de 2022. Disponible en:
<https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/782>.
2. Jiménez-Sosa, M. S.; Cantu-Gonzalez, J. R.; Morales-Avalos, R.; Garza-Castro, O.; Quiroga-Garza, A.; Pinales-Razo, R.; Elizondo-Riojas, G. Anatomical Variants of Anterior Cerebral Arterial Circle. A Study. Scielo. 2017; 35(3): p. 1121-1128.
3. Rigghs HE, Rupp C. Variación en la forma del círculo de Willis: La relación de las variaciones con la circulación colateral: analisis anatómico. Arco Neural. PubMed.gov. 1963; 18(1): p. 8-14.
4. Ayse K. Gokmen C. Celal C. Ismail O. Aysun U. Valoración del Círculo de Willis con Angiografía por Tomografía Craneal. Medical Science Monitor. 2015; 21(1): p. 2647-2652.
5. Li Q, Li J, Lv F, Li K, Luo T, Xie P. A multidetector CT Angiography study of variations in the circle of Willis in a Chinese population. Journal of Clinical Neuroscience. 2011; 18(3): p. 379-383.
6. González X, Landó F. Angiotomografía Cerebral: Variantes Anatómicas más frecuentes del Poligono de Willis Ensayo Iconografico. [Online]; 2014. Acceso 12 de 3de 2022. Disponible en:

http://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/noviembre14/uruguay/poligono_d_e_willis_esp.pdf.

7. Diaz Cervantes C. Variantes anatómicas del círculo arterial de Willis evaluadas por angioTAC en pacientes del Hospital Universitario de Puebla durante el periodo de mayo del 2018 hasta julio del 2019. repositorioinstitucional.buap.mx. [Online]; 2020. Acceso 24 de 3de 2021. Disponible en:
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/11432>.
8. Quijano Blanco Y GOD. Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia). Revista Ciencias de la Salud. 2020; 18(3).
9. Martínez F., Spagnuolo E., Calvo-Rubal A., Laza S., Sgarbi N., Soria-Vargas V.R., Prinzo H. Variaciones del sector anterior del polígono de Willis. Correlación anatomo-angiográfica y su implicancia en la cirugía de aneurismas intracraneanos (Arterias: ácidos cerebral anterior, mediana del cuerpo calloso y cerebral media accesoria). Neurocirugía (Revista de la Sociedad Española de Neurocirugía). 2004; 15(6): p. 578-588.
10. Han A, Yoon DY, Chang SK, Lim KJ, Cho BM, Shin YC, Kim SS, Kim KH. Accuracy of CT angiography in the assessment of the circle of Willis: comparison of volume-rendered images and digital subtraction angiography. Acta Radiologica - SAGE Journals. 2011; 52(8): p. 889-893.
11. Simón J., Kenneth C. Variantes normales de la circulación cerebral en la angiografía por TC multidetector. Radiological Society of North America. 2009; 29(4): p. 1027–1043.

12. Makowicz G, Poniatowska R , Lusawa M. Variantes de las arterias cerebrales - circulación anterior. National Library of Medicine. 2013; 78(3): p. 42-47.
13. INEC. ecuadorencifras.gob.ec. [Online]; 2021. Acceso 2 de Octubre de 2021. Disponible en:
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Poblacion_y_Demografia/Defunciones_Generales_2020/2021-06-10_Principales_resultados_EDG_2020_final.pdf.
14. Moreno-Zambrano D, Santamaría D, Ludeña C, Barco A, Vásquez D, Santibáñez-Vásquez R. Enfermedad Cerebrovascular en el Ecuador: Análisis de los Últimos 25 Años. Revista Ecuatoriana de Neurología. 2016; 25(1-3).
15. Ballesteros-Acuña L, García-Corredor N, Larrotta-Rojas O. Evaluación Morfológica y Variaciones del Circulo Arterial Cerebral. Un Estudio con Material Cadavérico en una Muestra de Población Colombianas. International Journal of Morphology. 2021; 39(5).
16. Osborn A. Angiografía Cerebral. 2nd ed. Madrid: Marbán; 2000.
17. Berbeo M. Embriología de la Arterias del Cerebro. Revista Universitas Médica. 2010; 41(1).
18. Poveda Fernández J. Anatomía básica cerebral para el cardiólogo intervenconista. Revista Costarricense de Cardiología. 2009; 11(2).
19. Acosta L, Adolfo F, Mora JA, Tramontini C. ANATOMÍA DE LA ARTERIA CARÓTIDA INTERNA EN ANGIOTC Y ANGIORESONANCIA. Revista Médica Sanitas. 2016; 19(1): p. 50-55.

20. Salgado-Camacho JM, Reyes J, Zaragoza F, et al. Anatomía microquirúrgica de la arteria cerebral media y del valle silviano. Archivos de Neurociencias. 2011; 16(3): p. 113-118.
21. Ravera F., Ulloa M., Valenzuela F., Yáñez A. Microanatomy of the Posterior Cerebral Artery. Revista chilena de neuro-psiquiatría. 2002; 40(2).
22. Drake, R.; Vogl, A.; Mitchell, A. W. Gray Anatomy for students. 2nd ed. Philadelphia, Churchill Livingstone; 2010.
23. SERAM. Variantes Anatómicas del Polígono de Willis. Todo lo que debemos conocer. SERAM. 2016; 2(1).
24. Yeniçeri İÖ, Çullu N, Deveer M, Yeniçeri EN. Circle of Willis variations and artery diameter measurements in the Turkish population. Folia Morphologica. 2017; 76(3): p. 420-425.
25. Gómez J, Riolo F. Cierre de fenestración y de flujo anterógrado por arteria pulmonar residual en un paciente con bypass total de ventrículo derecho. Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista. 2018; 9(1): p. 53-55.
26. Solak, S., Ustabasioglu, F.E., Alkan, A. et al. Anatomical variations of the circle of Willis in children. Pediatric Radiology. 2021; 51(9): p. 2581-2587.
27. J. Costa y J. A. Soria. Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico Barcelona : Elsevier; 2015.
28. Gonzales Vasquez J.. Manual práctico de tomografía TAC-TACCH-TEM-TCMD. Quinta ed.: Elsevier; 2011.
29. Bushong Stewart C. Manual de Radiología para Técnicos. Física, Biología y Protección Radiológica. Novena ed. Barcelona : Elsevier; 2010.
30. Calzado A. Geleijns J. Tomografía computarizada. Física Médica. 2010; 11(3).

31. Seram. Manual para Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear. Primera ed. Barcelona: Panamericana; 2016.
32. Jin Z, Dong W, Cai X, Zhang Z, Zhang L, Gao F, et al.. CTA Characteristics of the Circle of Willis and Intracranial Aneurysm in a Chinese Crowd with Family History of Stroke. *BioMed Research International*. 2016; 2016.
33. Hofer M. Manual Práctico de TC Introducción a la TC. Tercera ed.: Panamericana; 2015.
34. Alfredo E. Buzzi. Egas Moniz. *Revista Argentina de Radiología*. 2010; 74(1).
35. Puerta Sales A, Garcia Medina V, coordinadores. Protocolos de tomografía computarizada del servicio de radiología del Hospital General Universitario Reina Sofía de Murcia. Primera ed. Este ÁdSVM, editor. Murcia: PTCRHGURS2; 2015.
36. Jiménez-Sosa MS, Cantu-Gonzalez JR, Morales-Avalos R, de la Garza-Castro O, Quiroga-Garza A, Pinales-Razo R, et al. Anatomical Variants of Anterior Cerebral Arterial Circle: A Study by Multidetector Computerized 3D Tomographic Angiography. *Int J Morphol*. septiembre de 2017;35(3):1121-8.
37. Blanco YQ, Orjuela DG. Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia). *Cienc Salud*. 2020;18(3):7.
38. Cruz LES de la. Evaluación Anatomoangiográfica del Complejo de la Arteria Comunicante Anterior en Casos de Aneurismas de Dicho Sector [Internet]. Luis Augusto Lemme-Plaghos; 2002 [citado 18 de julio de 2022]. Disponible en: <https://aanc.org.ar/ranc/items/show/743>.

39. Plaza OA, Matamba ET, Vela MT. Prevalencia de variantes anatómicas del polígono de Willis en cadáveres sometidos a necropsia medicolegal. *Int J Med Surg Sci.* 21 de marzo de 2022;9(1):1-9.
40. Faaij MJ, van der Kaaij NCW, Disse MA, Don Griot JPW, Vermeij-Keers C, Bronkhorst EM, et al. Dentition patterns in bilateral cleft lip subphenotypes: multicenter study. *Clin Oral Investig.* 1 de junio de 2022;26(6):4623-32.
41. Pascalau R, Padurean VA, Bartos D, Bartos A, Szabo BA. The Geometry of the Circle of Willis Anatomical Variants as a Potential Cerebrovascular Risk Factor. *Turk Neurosurg.* 2019;29(2):151-8.

9.1 ANEXOS

9.1.1 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Tipo de variable	Escala
Variante anatómica	Alteración en la disposición habitual de la anatomía característica.	Presencia de variante anatómica	Informe radiológico	Cualitativa nominal	Si No
Sexo	Conjunto de características físicas y anatómicas que diferencian a hombre y mujeres.	Cariotipo	Fenotipo	Cualitativa nominal	Hombre Mujer
Edad	Número de años de vida cumplidos.	Número de años transcurridos desde su nacimiento	Informe radiológico	Cuantitativa discreta	20-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80
Localización de la alteración	Localización topográfica de la variante anatómica	Lateralidad de la variante	Informe radiológico	Cualitativa nominal	Lado derecho Lado izquierdo
Sistema de circulación donde se localiza la	Serie de vasos que llevan sangre a una zona anatómica específica	Sistema donde se localiza la variante anatómica	Informe radiológico	Cualitativa nominal	Sistema Carotídeo Sistema Vertebro-Basilar

variante anatómica					
Ubicación de la variante anatómica	Región anatómica donde se presenta la variante	Arteria donde se ubica la variante anatómica	Informe radiológico	Cualitativa nominal	Arteria Cerebral Anterior Derecha Arteria Cerebral Anterior Izquierda Arteria Cerebral Media Derecha Arteria Cerebral Media Izquierda Arteria Cerebral Posterior Derecha Arteria Cerebral Posterior Izquierda Arteria Basilar Arteria Carótida Derecha Arteria Carótida Izquierda Arteria Com. Anterior Arteria Com. Posterior Derecha Arteria Com. Posterior Izquierda
Tipo de variante anatómica	Alteración anatómica específica encontrada	Clasificación de las variantes anatómicas	Informe radiológico	Cualitativa nominal	Duplicación Hipoplasia Accesorio Bifurcación Fenestración Agenesia Persistencia de circulación fetal Anastomosis

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
CARRERA DE IMAGENOLOGIA



Formulario N° 04

El presente formulario tiene como finalidad recolectar la información necesaria para la investigación titulada "FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN CUENCA EN EL PERIODO DE ENERO 2018 – ENERO 2020".

1. Variante Anatómica
 - Si
 - No
2. Sexo
 - Hombre
 - Mujer
3. Edad
 - 20-30
 - 31-40
 - 41-50
 - 51-60
 - 61-70
 - 71-80
4. Localización de la alteración
 - Derecho
 - Izquierdo
5. Sistema de circulación donde se localiza la variante anatómica
 - Sistema Carotídeo
 - Sistema Vertebro-Basilar
6. Ubicación de la variante
 - Arteria Cerebral Anterior Derecha
 - Arteria Cerebral Anterior Izquierda
 - Arteria Cerebral Media Derecha
 - Arteria Cerebral Media Izquierda
 - Arteria Cerebral Posterior Derecha
 - Arteria Cerebral Posterior Izquierda
 - Arteria Basilar
 - Arteria Carótida Derecha
 - Arteria Carótida Izquierda
 - Arteria Com. Anterior
 - Arteria Com. Posterior Derecha
 - Arteria Com. Posterior Izquierda
7. Tipo de alteración anatómica
 - Duplicación
 - Hipoplasia
 - Accesorio
 - Agenesia
 - Bifurcación – Trifurcación
 - Fenestración
 - Persistencia de circulación fetal
 - Anastomosis

Responsables:
Jefferson Castillo
Alex Uyaguari



Formulario N° 99

El presente formulario tiene como finalidad recolectar la información necesaria para la investigación titulada "FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN CUENCA EN EL PERIODO DE ENERO 2018 – ENERO 2020".

1. Variante Anatómica
 - Si
 - No
2. Sexo
 - Hombre
 - Mujer
3. Edad
 - 20-30
 - 31-40
 - 41-50
 - 51-60
 - 61-70
 - 71-80
4. Localización de la alteración
 - Derecho
 - Izquierdo
5. Sistema de circulación donde se localiza la variante anatómica
 - Sistema Carotídeo
 - Sistema Vertebro-Basilar
6. Ubicación de la variante
 - Arteria Cerebral Anterior Derecha
 - Arteria Cerebral Anterior Izquierda
 - Arteria Cerebral Media Derecha
 - Arteria Cerebral Media Izquierda
 - Arteria Cerebral Posterior Derecha
 - Arteria Cerebral Posterior Izquierda
 - Arteria Basilar
 - Arteria Carótida Derecha
 - Arteria Carótida Izquierda
 - Arteria Com. Anterior
 - Arteria Com. Posterior Derecha
 - Arteria Com. Posterior Izquierda
7. Tipo de alteración anatómica
 - Duplicación
 - Hipoplasia
 - Accesorias
 - Agenesia
 - Bifurcación – Trifurcación
 - Fenestración
 - Persistencia de circulación fetal
 - Anastomosis

Responsables:
Jefferson Castillo
Alex Uyaguari

9.1.3 Informe aprobación de protocolo



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIA MÉDICAS
COMISIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN (C.T.T.)

Dra. Lorena Mosquera V., PRESIDENTA DE LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

I N F O R M A

Que, los estudiantes Castillo Enriquez Jefferson Antonio con CI: 1105619629 y Uyaguari Puchaicela Alex Rolando CI: 1106060690, como requisito previo a la obtención del título de fin de carrera en la Facultad de Ciencias Médicas, presentaron el protocolo de proyecto de investigación titulado "FRECUENCIA DE VARIANTES ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTES DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018 – 2020" bajo la dirección-asesoría de la Lcda. Sandra Elizabeth Aguilar Riera, Mgtr., el mismo que fue aprobado por el H. Consejo Directivo del 01 de junio de 2022, debiendo presentar su proyecto de investigación el 01 de diciembre de 2022.

Cuenca, 10 de junio de 2022


Dra. Lorena Mosquera V.,
PRESIDENTA DE LA COMISIÓN
/vcp

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad
Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril s/n. (El Paraíso) Telf: 593-7-4051000 Ext 3134 Email: Lorena.mosquerav@ucuenca.edu.ec / erika.benavidezv11@ucuenca.edu.ec
Cuenca - Ecuador

9.1.4 Solicitud para acceso a los datos

Cuenca, 17 de junio del 2022

Señor

Carlos Jerves J.

PROPIETARIO DEL CENTRO DE IMÁGENES MEDIMAGEN

Ciudad. -

De nuestra consideración:

Nosotros; JEFFERSON ANTONIO CASTILLO ENRIQUEZ y ALEX ROLANDO UYAGUARI PUCHAICELA, portadores de la cédula de identidad número 1105619629 y 1106060690, respectivamente, egresados de la carrera de Imagenología de la Facultad de Tecnología Médica de la Universidad de Cuenca, nos dirigimos a usted de la manera más comedida con la finalidad de solicitar se digne autorizar a quien corresponda nos facilite el permiso para acceder a la base de datos de los pacientes de MEDIMAGEN ya que lo mencionado es necesario para el desarrollo de nuestro trabajo de titulación denominado " FRECUENCIA DE VARIANTE ANATÓMICAS CEREBRALES VASCULARES DIAGNOSTICADAS POR ANGIO-TC CEREBRAL EN PACIENTE DE 20-80 AÑOS QUE ACUDIERON A MEDIMAGEN, PERIODO 2018-20220 ".

Para lo cual adjuntamos copias del protocolo y certificado de aprobación del mismo.

Por la favorable atención que sabrá dar a la presente y esperando una pronta contestación anticipamos nuestro más sincero agradecimiento.

Atentamente



Jefferson Castillo E.

EGRESADO



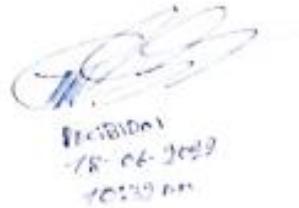
Alex Uyaguari P.

EGRESADO



Mgtr. Sandra Aguilar R.

TUTORA



Recibido
18-06-2022
10:30 am