

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**

**FRECUENCIA DE LAS VARIANTES ANATÓMICAS DEL  
POLÍGONO DE WILLIS EN PACIENTES CON ANGIORESONANCIA  
MAGNÉTICA CEREBRAL EN CHICLAYO 2019–2021**

**TESIS**

**PARA OPTAR**

**EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO CIRUJANO**

**PRESENTADA POR**

**JOSE EDUARDO SALAZAR CAMPOS  
MORELY RODRIGO BURGA**

**ASESOR**

**JORGE LUIS SOSA FLORES**

**CHICLAYO - PERÚ**

**2024**



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada  
CC BY-NC-ND**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**

**FRECUENCIA DE LAS VARIANTES ANATÓMICAS DEL  
POLÍGONO DE WILLIS EN PACIENTES CON ANGIORESONANCIA  
MAGNÉTICA CEREBRAL EN CHICLAYO 2019–2021**

**TESIS**

**PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO CIRUJANO**

**PRESENTADA POR  
JOSE EDUARDO SALAZAR CAMPOS  
MORELY RODRIGO BURGA**

**ASESOR  
Dr. JORGE LUIS SOSA FLORES**

**CHICLAYO, PERÚ  
2024**

## **JURADO**

**Presidente:** DR. JORGE MORALES RAMOS

**Miembro:** DR. HUMBERTO ROSAS LAVADO

**Miembro:** MG. MARCO ANTONIO USQUIANO VITELA

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, por el apoyo incondicional durante todos estos años de carrera

A nuestros hermanos, por habernos acompañado, guiado y brindado todo su apoyo durante todo el proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos guiado y haber sido nuestra fortaleza para seguir adelante.

Al Dr. Humberto Rosas, por habernos brindado las facilidades para la obtención de imágenes de angiorresonancia magnética cerebral y habernos orientado junto con el equipo de radiólogos para la interpretación de las mismas, en su centro privado diagnóstico por imagen.

A nuestro asesor de tesis, Dr. Jorge Sosa Flores, por habernos guiado y apoyado a través de sus conocimientos, consejos y sugerencias durante todo el desarrollo de este proyecto de investigación.

## ÍNDICE

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| <b>RESUMEN</b>                 | vi   |
| <b>ABSTRACT</b>                | vii  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>            | viii |
| <b>I. MATERIALES Y MÉTODOS</b> | 11   |
| <b>II. RESULTADOS</b>          | 14   |
| <b>III. DISCUSIÓN</b>          | 20   |
| <b>IV. CONCLUSIONES</b>        | 24   |
| <b>V. RECOMENDACIONES</b>      | 25   |
| <b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>  | 26   |
| <b>ANEXOS</b>                  |      |

## RESUMEN

El polígono de Willis es una red arterial anastomosada que presenta una importante irrigación al cerebro. La eficacia de esta red, como canal de circulación colateral, es a menudo dudosa, debido a las diferentes variantes anatómicas que presenta. Nuestro objetivo fue determinar la frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis en pacientes con angioresonancia magnética cerebral en Chiclayo. Este estudio fue un diseño descriptivo, retrospectivo y transversal, donde se utilizó un resonador magnético MAGNETOM EZZENSA de la marca alemana SIEMENS de 1,5 tesla en un centro privado en Chiclayo – Perú. Se estudió 1860 angioresonancias Magnéticas Cerebrales entre 2019 a 2021 de diferentes grupos etáreos, se trabajó con 319 imágenes de óptima calidad, excluyendo a las que presentaban alguna lesión vascular o lesión intracraneal que comprometiera el polígono de Willis. Resultados: El polígono de Willis no clásico fue el predominante representando el 80,25 % (n=256) y el 19,75 % (n=63) fueron de conformación clásica. La variante más frecuente, tanto de la circulación anterior como posterior fue la hipoplasia con un 53,25 %, seguido de la agenesia con un 32,36 %. Dentro de la circulación anterior, la variante más frecuente encontrada fue la hipoplasia de la arteria cerebral anterior derecha con un 22,18 %, mientras que de la circulación posterior fue la agenesia de la arteria comunicante posterior derecha con un 21,76 %. Se observó que existe asociación entre grupo etáreo y polígono de Willis clásico y no clásico.

Palabras clave: Polígono de Willis, variante anatómica, angioresonancia magnética cerebral, circulación anterior, circulación posterior. (**Fuente:** DeCS BIREME).



## ABSTRACT

The circle of Willis is an anastomosed arterial network that provides an important blood supply to the brain. The effectiveness of this network, as a collateral circulation channel, is often doubtful, due to the different anatomical variants it presents. Our objective was to determine the frequency of anatomical variants of the circle of Willis in patients with cerebral magnetic resonance angiography in Chiclayo. This study was a descriptive, retrospective and cross-sectional design, where a 1.5 Tesla MAGNETOM EZZENSA magnetic resonator from the German brand SIEMENS was used in a private center in Chiclayo – Peru. 1860 Brain Magnetic Resonance Angiography was studied between 2019 and 2021 of different age groups, working with 319 images of optimal quality, excluding those that presented a vascular lesion or intracranial lesion that compromised the circle of Willis. Results: The non-classical Willis polygon was the predominant one, representing 80.25% (n=256) and 19.75% (n=63) were of classical conformation. The most frequent variant, both in the anterior and posterior circulation, was hypoplasia with 53.25%, followed by agenesis with 32.36%. Within the anterior circulation, the most frequent variant found was hypoplasia of the right anterior cerebral artery with 22.18%, while in the posterior circulation it was agenesis of the right posterior communicating artery with 21.76%. It was observed that there is an association between age group and classic and non-classical Willis's circle.

Keywords: Circle of Willis, anatomical variant, cerebral magnetic resonance angiography, anterior circulation, posterior circulation. (**Source:** DeCS BIREME).

NOMBRE DEL TRABAJO

**FRECUENCIA DE LAS VARIANTES ANATÓMICAS DEL POLÍGONO DE WILLIS EN PACIENTES CON ANGIORESONANCIA MAGNÉTICA**

AUTOR

**JOSE EDUARDO SALAZAR CAMPOS y**

RECuento de palabras

**7481 Words**

RECuento de caracteres

**40732 Characters**

RECuento de páginas

**34 Pages**

Tamaño del archivo

**3.4MB**

Fecha de entrega

**Mar 12, 2024 11:20 AM GMT-5**

Fecha del informe

**Mar 12, 2024 11:20 AM GMT-5**

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**Dr. JORGE LUIS SOSA FLORES**

<https://orcid.org/0000-0002-4095-8139>

## INTRODUCCIÓN

El cerebro es altamente irrigado por una red arterial anastomosada denominada polígono de Willis (ahora denominado círculo arterial del cerebro). La eficacia de esta red, como canal de circulación colateral, es a menudo dudosa, debido a las diferentes variantes anatómicas que presenta. Existen diversos estudios que han detallado la existencia de estas variantes entre un 38 % a 60 %, las cuales pueden presentar arterias dobles, triples, hipoplásicas, estenosadas, atrésicas, fenestradas, ausentes o tortuosas (1,2). Según estudios realizados en Asia (3) se sabe que el 52 % de las personas estudiadas presentan alguna anomalía o variante anatómica en el polígono de Willis, así como también que la hipoplasia, en un 24 %, es la variante anatómica más frecuente. En estudios realizados en México (4) se encontró que el 42 % de las personas presentan alguna variación en el polígono de Willis y que la circulación posterior es la que presenta la mayor cantidad de variantes con un 69 % a comparación de la circulación anterior con un 12 %. En un estudio nacional, en materiales cadavéricos, realizado desde hace más de 10 años, se evidenció un polígono de Willis no clásico en un 61,09 % (5) y que los vasos accesorios fueron la variante más frecuente en un 47,58 % en la circulación anterior del cerebro.

Todas estas variantes tienen relación con diversas patologías como aneurismas, rupturas aneurismáticas que aparecen con frecuencia en la arteria comunicante anterior (1,6), isquemias en la masa encefálica por procedimientos endovasculares o inclusive, el impacto en la capacidad de contrarrestar los eventos cerebrovasculares isquémicos (7).

Las personas que poseen un completo círculo arterial del cerebro (CAC) o polígono de Willis (PW) evolucionan de manera óptima en caso de padecer un evento cerebrovascular, sin embargo, los que revelan una o más variantes anatómicas progresan a un pronóstico desfavorable (8).

Además, no está aclarado si las variantes del círculo arterial del cerebro revelan una frecuencia semejante en distintas poblaciones raciales o étnicas. Como modo específico tenemos a Chiclayo, que no presenta informes actuales sobre la

frecuencia de las variaciones anatómicas del PW, y esto puede variar considerablemente dependiendo al área geográfica y las etnias, por lo que los datos descriptivos sobre estas variantes se han vuelto más importantes (9,10).

El encéfalo, por ser un órgano que dirige íntegramente las funciones del organismo, necesita de un sistema de regulación muy estricto, suministrándose de oxígeno ininterrumpidamente en reacción a la demanda local, que va a ser incitada por la función metabólica, evitando así la hipoxia a nivel de neurona, incluso durante estados de hipovolemia (11). La notable demanda metabólica de este órgano en situaciones habituales, va a requerir un flujo sanguíneo aproximadamente de 45 a 50 mililitros por 100 gramos por minuto en un intervalo que va desde 20 mililitros por 100 gramos por minuto en la sustancia blanca hasta 70 mililitros por 100 gramos por minuto en la sustancia gris, para ello necesita de un buen estado de las arterias que conforman dicho PW (12).

Son de suma importancia las funciones realizadas por el CAC para nuestra subsistencia, pues por medio de él circula la sangre que irriga casi toda la masa cerebral. Asimismo, estamos frente al principal mecanismo auxiliar que posibilita la circulación de la sangre a todas las áreas del encéfalo, incluso si se presenta algún daño o variación en la arteria que en un inicio la administra. Además, equipara el aporte sanguíneo dado por los 2 hemisferios cerebrales, posibilitando que la sangre de un hemisferio se conecte con los demás territorios encefálicos (13).

La angioresonancia magnética (ARM) es un método diagnóstico no invasivo, siendo esto una ventaja que posee, debido a que no es completamente dependiente de la exigencia de las sustancias de contraste, permitiendo así una división deseable de las arterias de las venas, asimismo posee una elevada sensibilidad y especificidad para el reconocimiento de estructuras vasculares del PW, sus variantes y patologías, incluyendo el hallazgo de la permanencia de arterias embrionarias, con el fin de evitar tener desaciertos con encuentros patológicos, donde su importancia quedaría notable en procedimientos quirúrgicos (14,15,16).

El objetivo principal de este estudio fue determinar la frecuencia de las variantes anatómicas del PW en pacientes con angioresonancia magnética cerebral en la ciudad de Chiclayo durante los años 2019–2021.

## I. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se presentó como un diseño no experimental de enfoque cuantitativo y observacional, de tipo descriptivo, retrospectivo y transversal.

El estudio se realizó en un centro privado de diagnóstico por imágenes en Chiclayo, donde se tuvo una población de 1860 angioresonancias magnéticas cerebrales en los años 2019 – 2021.

Para la obtención de la muestra, se obtuvo mediante la fórmula: Muestra para la proporción de población, donde la variable es nominal, en la cual se obtiene una muestra de 319 angioresonancias magnéticas cerebrales con un nivel de confianza del 95 %, por lo tanto,  $Z = 1,96$ ; con un  $p = 0,5$ ,  $q = 0,5$  y con un margen de error de 0,05.

$$n_o = \frac{N Z^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq}$$

El tipo de muestreo fue probabilístico, aleatorio simple, debido a que cada elemento de la población tuvo la misma probabilidad de ser seleccionado para integrar la muestra.

### **Criterios de elegibilidad**

**Criterios de inclusión:** Angioresonancias magnéticas cerebrales de óptima calidad.

**Criterios de exclusión:** Angioresonancias magnéticas cerebrales con presencia de alguna lesión vascular (aneurismas, malformaciones arteriovenosas, enfermedad cerebrovascular, tumores, entre otros) o lesión intracraneal que comprometa el polígono de Willis.

El instrumento para la recolección de datos se elaboró en base a la operacionalización de la variable y constó de dos partes, la primera correspondió a las características sociodemográficas (número de Angioresonancia Magnética Cerebral, edad y sexo) de los pacientes, y la segunda a la descripción del polígono de Willis completo y de las variantes anatómicas encontradas en las imágenes de angioresonancia magnética cerebral.

Se han visualizado las arterias en diferentes planos del espacio, para ello se utilizaron las imágenes y reconstrucciones tridimensionales de ARM cerebral, donde las imágenes tuvieron las siguientes características: datos del paciente, los cuales fueron: nombre, edad, sexo y se presentó una secuencia con y sin contraste 3D TOF, donde se distinguió dos tipos de señales de la sangre, o bien se pudo observar una pérdida de la señal (hipointensidad); o bien se observó un aumento de señal (hiperintensidad). Para este estudio, hemos considerado como “Polígono de Willis o Círculo Arterial del Cerebro clásico” a aquellos estudios que sugieren la conformación original de esta, tal como lo describió Willis y aquellos libros y textos que lo catalogan como “normal” o “clásico”, el cual está constituido por una circulación anterior que corresponde a 2 arterias cerebrales anteriores, 1 arteria comunicante anterior y 2 arterias cerebrales medias, ramas de 2 arterias carótidas internas; y por una circulación posterior que corresponde a 2 arterias comunicantes posteriores y 2 arterias cerebrales posteriores provenientes de 1 arteria basilar. Por otro lado, llamamos a los “polígonos no clásicos” a aquellos que no cumplen con la conformación original mencionada anteriormente, estos polígonos pueden presentar una variante o más, como: Agenesia, Hipoplasia (se consideró vaso hipoplásico aquel cuyo diámetro externo fue menor de 1 mm) (17), Duplicación, Trifurcación, Accesorio, Ácigos, X-Shaped, Origen Fetal y/o Fenestración.

Con respecto a los datos del paciente, el nombre se reemplazó por un número, así no se ha vulnerado la confidencialidad del mismo. La edad fue designada por grupos etáreos (Niñez, Pubertad, Adolescencia, Juventud, Adulthood y Senectud). Se observó si el polígono de Willis estuvo completo o sin variantes. Además, se ha presentado una o más variantes, lo cual se clasificó según la arteria afectada y se colocó el nombre de la variante, mencionadas en el anterior párrafo.

El instrumento se creó con el apoyo de nuestro asesor, además se contó con la supervisión, tanto de tecnólogos médicos como de médicos radiólogos especializados en neurorradiología.

Una vez recolectado los datos del instrumento las ARM cerebrales, fueron analizados y tabulados en un software estadístico llamado SPSS (Statistical Package of the Social Sciences), en su versión 27 para Windows. El tipo de análisis estadístico fue univariado.

Posteriormente los resultados se presentaron en cuadros de doble entrada, los cuales muestran los polígonos de Willis clásicos y no clásicos, variaciones con relación al grupo étnico y sexo, frecuencias absolutas y relativas para señalar la distribución de las variantes anatómicas del polígono de Willis, la circulación arterial anterior y posterior del polígono y en ambas; además, se utilizó la prueba estadística del chi cuadrado para mostrar la asociación existente entre el sexo y el grupo étnico con la forma de presentación del polígono de Willis.

La investigación contó con el permiso del comité de ética de la Universidad de San Martín de Porres y para el acceso de los archivos digitales se contó con la venia del centro de imágenes en Chiclayo.

La realización del proyecto no comprometió a la participación directa de los pacientes, teniendo como objetivo determinar la frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis, por lo cual no se ha necesitado historia clínica ni datos que invadan la confidencialidad de los estudios de cada paciente.

## II. RESULTADOS

En la tabla 1, se puede observar la frecuencia de polígono clásico y no clásico por pacientes con angioresonancia cerebral, tanto masculinos como femeninos, en la ciudad de Chiclayo, donde se evidenció que el polígono de Willis no clásico o con variantes fue el predominante representando el 80,25 % (n=256) del total, mientras que el 19,75 % (n=63) fueron de conformación clásica. Por otro lado, en cuanto al sexo, en esta tabla se observa que el mayor porcentaje de quienes han participado en este estudio perteneció al género femenino, representando el 71,16 % (n=227) del total, encontrándose que el 82,81 % (n=188) de mujeres presentaron el polígono de Willis no clásico y el 17,18 % (n=39) presentaron la conformación clásica; a comparación del sexo masculino con un 28,84 % (n=92) del total, teniendo que el 73,91 % (n=68) presentaron polígono de Willis no clásico y el 26,09 % (n=24) presentaron la conformación clásica. Para la asociación entre el polígono de Willis clásico y no clásico por sexo se empleó el chi cuadrado, cuyo resultado fue de 3,277, en el cual demostró que no hay asociación entre sexo y polígono de Willis clásico y no clásico, con un nivel de significancia de 0,05 ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 1.** Frecuencia del polígono de Willis clásico y no clásico por sexo en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Sexo             | Polígono de Willis |       |            |       |       |        |
|------------------|--------------------|-------|------------|-------|-------|--------|
|                  | Clásico            |       | No Clásico |       | Total |        |
|                  | n                  | %     | n          | %     | n     | %      |
| <b>Masculino</b> | 24                 | 26,09 | 68         | 73,91 | 92    | 28,84  |
| <b>Femenino</b>  | 39                 | 17,18 | 188        | 82,81 | 227   | 71,16  |
| <b>Total</b>     | 63                 | 19,75 | 256        | 80,25 | 319   | 100,00 |

**p: 0,07**



En la tabla 2, se puede observar la frecuencia de la forma de presentación del polígono de Willis por grupo etáreo, en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo, donde se obtuvo que el grupo etáreo más predominante que pertenecieron a este estudio, fue la adultez con un 36,36 % (n=116), seguida de la senectud con un 34,80 % (n=111). Caso contrario se evidenció que la niñez representó un menor porcentaje con un 1,25 % (n=4). Además, según la forma de presentación del polígono de Willis, ya sea en su conformación clásica o no clásica, en cada grupo etáreo, nos dio como resultado que el 100 % (n=12) perteneció a la pubertad presentaron polígono de Willis no clásico, caso contrario sucede con la niñez, siendo el de menor porcentaje, solo con un 25 % (n=1) con conformación clásica. Para la asociación entre el polígono de Willis clásico y no clásico por grupo etáreo se empleó el chi cuadrado, cuyo resultado fue de 17,047, lo que se demostró que sí hay asociación entre grupo etáreo y polígono de Willis clásico y no clásico, con un nivel de significancia de 0,05 ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Frecuencia de polígono de Willis clásico y no clásico por grupo etáreo en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Grupo Etáreo        | Polígono de Willis |       |            |       |       |        |
|---------------------|--------------------|-------|------------|-------|-------|--------|
|                     | Clásico            |       | No Clásico |       | Total |        |
|                     | n                  | %     | n          | %     | n     | %      |
| <b>Niños</b>        | 3                  | 4,76  | 1          | 0,39  | 4     | 1,25   |
| <b>Pubertad</b>     | 0                  | 0     | 12         | 4,69  | 12    | 3,76   |
| <b>Adolescentes</b> | 10                 | 15,87 | 17         | 6,64  | 27    | 8,47   |
| <b>Juventud</b>     | 11                 | 17,46 | 38         | 14,84 | 49    | 15,36  |
| <b>Adultez</b>      | 21                 | 33,34 | 95         | 37,11 | 116   | 36,36  |
| <b>Senectud</b>     | 18                 | 28,57 | 93         | 36,33 | 111   | 34,80  |
| <b>Total</b>        | 63                 | 100   | 256        | 100   | 319   | 100,00 |

**p: 0,04**

En la tabla 3, se puede observar la frecuencia de la cantidad del tipo de variantes por cada circulación que se encontraron en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo, donde la presencia de 2 o más tipos de variantes tuvo la mayor frecuencia con un 64,84 % (n=166) del total. Por otro lado, se evidenció que el 35,16 % (n=90) del total presentaron solo un tipo de variante, predominando en la circulación posterior con un 30,47 % (n=78).

**Tabla 3.** Frecuencia del tipo de variantes por cada circulación encontradas en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Tipo de Variante*       | Polígono de Willis   |      |                       |       |                     |      |       |       |
|-------------------------|----------------------|------|-----------------------|-------|---------------------|------|-------|-------|
|                         | Circulación Anterior |      | Circulación Posterior |       | Ambas circulaciones |      | Total |       |
|                         | n                    | %    | n                     | %     | n                   | %    | n     | %     |
| 1 tipo de variante      | 12                   | 4,69 | 78                    | 30,47 | -                   | -    | 90    | 35,16 |
| 2 a más tipos variantes | 0                    | 0    | 6                     | 2,34  | 160                 | 62,5 | 166   | 64,84 |
| <b>Total</b>            | 12                   | 4,69 | 84                    | 32,81 | 160                 | 62,5 | 256   | 100   |

\* En un paciente se puede encontrar el mismo tipo de variante o diferente en circulación anterior, posterior o en ambas.

En la tabla 4, se puede observar la frecuencia de la cantidad de variantes por cada circulación presentadas en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo, donde la presencia de 2 o más variantes representa un 90,63 % (n=232) de pacientes que presentan la conformación no clásica del polígono de Willis, mientras que la presencia de 1 variante representa un 9,37 % (n=24) del total.

**Tabla 4.** Frecuencia de la cantidad de variantes por cada circulación encontradas en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Número de variantes** | Polígono de Willis   |      |                       |       |                     |       |       |       |
|-----------------------|----------------------|------|-----------------------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
|                       | Circulación Anterior |      | Circulación Posterior |       | Ambas circulaciones |       | Total |       |
|                       | n                    | %    | n                     | %     | n                   | %     | n     | %     |
| 1 variante            | 6                    | 2,34 | 18                    | 7,03  | -                   | -     | 24    | 9,37  |
| 2 a más variantes     | 5                    | 1,96 | 70                    | 27,34 | 157                 | 61,33 | 232   | 90,63 |
| <b>Total</b>          | 11                   | 4,30 | 88                    | 34,38 | 157                 | 61,33 | 256   | 100   |

\*\* En un paciente se pueden presentar más de una sola variante, ya sea del mismo tipo o diferente en la circulación anterior, posterior o en ambas.

En la tabla 5, se puede observar la frecuencia según el tipo de variantes encontradas tanto en circulación anterior como posterior del polígono de Willis en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo, que en la circulación posterior del cerebro representa el mayor porcentaje que presenta algún tipo de variante, con un 63,82 % (n=501) del total; mientras que en la anterior representa un 36,18 % (n=284). Con respecto al tipo de variante más frecuente fue la hipoplasia con un 53,25 % (n=418) tanto en la circulación anterior como posterior, con predominio en la posterior con un 34,27 % (n=269). Le sigue la agenesia con un 32,36 % (n=254), predominando de igual manera en la circulación posterior con un 27,02 % (n=212). Continúa con la duplicación con un 4,97 % (n=39) del total, encontrándose solamente en la circulación anterior. Posteriormente se encuentra la accesoria con un 4,20 % (n=33), el origen fetal con un 2,17 % (n=17), la trifurcación con un 1,15 % (n=9), y otras como la arteria ácigos y X-Shaped, cada una con un 0,76 % (n=6), y la fenestración como la menos frecuente con un 0,38 % (n=3), siendo esta encontrada solo en la circulación posterior.

**Tabla 5.** Frecuencia según el tipo de variantes encontradas tanto en circulación anterior como posterior del polígono de Willis en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Variantes<br>Anatómicas*** | Polígono de Willis               |              |                                   |              |            |            |
|----------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|------------|------------|
|                            | Circulación Anterior del Cerebro |              | Circulación Posterior del Cerebro |              | Total      |            |
|                            | n                                | %            | n                                 | %            | n          | %          |
| Hipoplasia                 | 149                              | 18,99        | 269                               | 34,27        | 418        | 53,25      |
| Agenesia                   | 42                               | 5,35         | 212                               | 27,02        | 254        | 32,36      |
| Duplicación                | 39                               | 4,97         | 0                                 | 0            | 39         | 4,97       |
| Accesoria                  | 33                               | 4,20         | 0                                 | 0            | 33         | 4,20       |
| Origen Fetal               | 0                                | 0            | 17                                | 2,17         | 17         | 2,17       |
| Trifurcación               | 9                                | 1,15         | 0                                 | 0            | 9          | 1,15       |
| X-Shaped                   | 6                                | 0,76         | 0                                 | 0            | 6          | 0,76       |
| Arteria ácigos             | 6                                | 0,76         | 0                                 | 0            | 6          | 0,76       |
| Fenestración               | 0                                | 0            | 3                                 | 0,38         | 3          | 0,38       |
| <b>Total</b>               | <b>284</b>                       | <b>36,18</b> | <b>501</b>                        | <b>63,82</b> | <b>785</b> | <b>100</b> |

\*\*\*Se puede encontrar en un paciente más de una variante en su diferente tipo de presentación.

En la tabla 6, se puede observar la frecuencia del tipo de variante anatómica encontradas en la circulación anterior del polígono de Willis, en pacientes con AGRM cerebral en la ciudad de Chiclayo, que la arteria cerebral anterior se encontró la mayor frecuencia de variantes con un 54,93 % (n=156). Con respecto al tipo de variante más frecuente fue la hipoplasia en un 52,46 % (n= 149), predominando en la arteria cerebral anterior derecha con un 22,18 % (n=63). Le sigue la agenesia con un 14,79 % (n=42); predominando en la arteria comunicante anterior con un 11,62 % (n=33). Continúa con la duplicación en un 13,74 % (n=39), predominando en la arteria cerebral anterior con un 12,68 % (n=36). Posteriormente se encuentra la accesoria con un 11,62 % (n=33), predominando en la arteria cerebral media derecha con un 7,39 % (n=21). Luego le siguen las 3 variantes menos frecuentes de la circulación anterior, las cuales tenemos a la trifurcación en un 3,17 % (n=9), la arteria ácidos en la arteria cerebral anterior y X-Shaped en la arteria comunicante anterior representadas en un 2,11 % (n=6) cada una. En este estudio no se encontró la variante fenestración en la circulación anterior del cerebro.

**Tabla 6.** Frecuencia del tipo de variante anatómica en la circulación anterior del polígono de Willis en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Variantes Anatómicas*** | Arterias de la circulación anterior del Polígono de Willis |              |           |              |                              |              |                        |              |           |             | Total      |            |
|-------------------------|--|--------------|-----------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------|--------------|-----------|-------------|------------|------------|
|                         | Arteria Cerebral Anterior                                  |              |           |              | Arteria Comunicante Anterior |              | Arteria Cerebral Media |              |           |             |            |            |
|                         | Derecha  |              | Izquierda |              |                              |              | Derecha                |              | Izquierda |             | n          | %          |
|                         | n  | %            | n         | %            | n                            | %            | n                      | %            | n         | %           |            |            |
| Hipoplasia              | 63   | 22,18        | 42        | 14,79        | 41                           | 14,44        | 3                      | 1,06         | 0         | 0           | 149        | 52,46      |
| Agenesia                | 3  | 1,05         | 6         | 2,11         | 33                           | 11,62        | 0                      | 0            | 0         | 0           | 42         | 14,79      |
| Duplicación             | 18   | 6,34         | 18        | 6,34         | 3                            | 1,06         | 0                      | 0            | 0         | 0           | 39         | 13,74      |
| Accesoria               | 0  | 0            | 0         | 0            | 0                            | 0            | 21                     | 7,39         | 12        | 4,21        | 33         | 11,62      |
| Trifurcación            | 0  | 0            | 0         | 0            | 0                            | 0            | 6                      | 2,11         | 3         | 1,06        | 9          | 3,17       |
| Arteria ácidos          | 3  | 1,06         | 3         | 1,06         | 0                            | 0            | 0                      | 0            | 0         | 0           | 6          | 2,11       |
| X-Shaped                | 0  | 0            | 0         | 0            | 6                            | 2,11         | 0                      | 0            | 0         | 0           | 6          | 2,11       |
| Fenestración            | 0  | 0            | 0         | 0            | 0                            | 0            | 0                      | 0            | 0         | 0           | 0          | 0          |
| <b>Total</b>            | <b>87</b>  | <b>30,63</b> | <b>69</b> | <b>24,30</b> | <b>83</b>                    | <b>29,23</b> | <b>30</b>              | <b>10,56</b> | <b>15</b> | <b>5,28</b> | <b>284</b> | <b>100</b> |

\*\*\*Se puede encontrar en un paciente más de una variante en su diferente tipo de presentación.

En la tabla 7, se puede observar la frecuencia del tipo de variante anatómica encontradas en la circulación posterior del polígono de Willis en pacientes con AGRM cerebral en la ciudad de Chiclayo, que el tipo de variante más frecuente fue la hipoplasia con un 53,69 % (n=269), predominando en la arteria comunicante posterior derecha con un 20,56 % (n=103). Le sigue la agenesia con un 42,32 % (n=212), predominando en la arteria comunicante posterior derecha con un 21,76 % (n=109). Luego se encuentran las 2 variantes menos frecuentes, las cuales son el origen fetal en la arteria cerebral posterior en un 3,39 % (n=17), a predominio derecho con encontradas en un 2,79 % (n=14); y la fenestración encontrada en la arteria basilar en un 0,6 % del total (n=3). No se encontraron, en este estudio, algunas variantes, entre ellas tenemos a la variante accesoria duplicación, entre otras.

**Tabla 7.** Frecuencia del tipo de variante anatómica encontradas en la circulación posterior del polígono de Willis en pacientes con angioresonancia cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019-2021.

| Variantes Anatómicas*** | Arterias de la circulación posterior del Polígono de Willis |       |           |       |                            |      |           |      |                 |     |       |       |
|-------------------------|---|-------|-----------|-------|----------------------------|------|-----------|------|-----------------|-----|-------|-------|
|                         | Arteria Comunicante Posterior                               |       |           |       | Arteria Cerebral Posterior |      |           |      | Arteria Basilar |     | Total |       |
|                         | Derecha   |       | Izquierda |       | Derecha                    |      | Izquierda |      | n               | %   | N°    | %     |
|                         | n   | %     | n         | %     | n                          | %    | n         | %    |                 |     |       |       |
| <b>Hipoplasia</b>       | 103   | 20,56 | 100       | 19,95 | 36                         | 7,19 | 30        | 5,99 | 0               | 0   | 269   | 53,69 |
| <b>Agnesia</b>          | 109   | 21,76 | 103       | 20,56 | 0                          | 0    | 0         | 0    | 0               | 0   | 212   | 42,32 |
| <b>Origen Fetal</b>     | 0   | 0     | 0         | 0     | 14                         | 2,79 | 3         | 0,60 | 0               | 0   | 17    | 3,39  |
| <b>Fenestración</b>     | 0   | 0     | 0         | 0     | 0                          | 0    | 0         | 0    | 3               | 0,6 | 3     | 0,60  |
| <b>Total</b>            | 212   | 42,32 | 203       | 40,51 | 50                         | 9,98 | 33        | 6,59 | 3               | 0,6 | 501   | 100   |

\*\*\*Se puede encontrar en un paciente más de una variante en su diferente tipo de presentación.

### III. DISCUSIÓN

El presente trabajo tuvo como principal objetivo el poder determinar la frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis en pacientes con Angioresonancia Magnética Cerebral en Chiclayo, así como también conocer su asociación con el sexo y grupo étnico, y el de poder determinar qué variante anatómica es la más frecuente, tanto en la circulación anterior como posterior en la ciudad mencionada anteriormente, debido a que existen diferencias de la frecuencia de estas variantes con respecto a las áreas geográficas y etnias. Dio como principal resultado que el 80,25 % de los pacientes presentaron polígono de Willis no clásico, por lo que, considerando esta cifra, podríamos suponer que la mayor parte de la población de Chiclayo estudiada, han sido sujetos de una limitada irrigación arterial, debido a la menor suplencia sanguínea a través del PW no clásico.

En comparación con lo descrito con Hernández (4), quien encontró un 42% de polígonos “no clásicos” en la población mexicana, mientras que Volkan (18) encontró en un estudio realizado en Turquía un 58,71 % de PW de conformación no clásica; en Colombia, Plaza (19) evidenció que el 25,25 % fueron polígonos no clásicos; en Pakistán, Rehana (20) demostró que un 77,8 % presentaron círculos no clásicos; en Kenia, Roy (21) evidenció, a través de estudios de angiografía por tomografía computarizada cerebral, un 62,8 % de su población con presencia de alguna variante; en cuanto a lo nacional, a través de cadáveres peruanos, el Dr. Urbina en el año 1998, en Trujillo, reportó que un 61,09 % presentaron la conformación no clásica (5); el Dr. Rivas en Lima en el año 2000, en cerebros disecados, encontró un 73 % de polígonos de conformación no clásica (22); por su parte, Ruiz en Trujillo en el año 2017 (23), en angioresonancia magnética cerebral, demostró que la incidencia de variantes anatómicas fue de 25,17 % y la prevalencia de la misma fue de 18,70 %.

Nuestros hallazgos no concuerdan con lo evidenciado en la investigación de Ruiz (23), en Trujillo, pese a que su estudio también fue realizado en angioresonancia magnética cerebral, en la cual puede significar que las variantes anatómicas sí difieren según las etnias y/o diferencias antropomórficas, pues un probable origen

se basa sobre el conocimiento quirúrgico de los incas y pre incas, por los hallazgos de cráneos con alteraciones, que se pudieron haber realizado por la existencia de patologías, como tumores cerebrales, traumatismos encéfalo craneanos, rituales, entre otros. Un claro ejemplo tenemos que la población de Trujillo fue el centro del desarrollo de la cultura mochica y chimú, donde se hallaron en pocas tumbas de personajes de élite que el cráneo estaba levemente deformado por achatamiento occipital; y en caso de Chiclayo, se desarrolló la cultura Lambayeque o Sicán, donde recientemente se ha descubierto una tumba de un cirujano que trepanaba cráneos, similares a la cultura Paracas, siendo este hallazgo poco usual en el norte del Perú, ya que se conoce que estas prácticas eran más comunes en el sur del país. Según estudios, el posible origen de modificar el cráneo por achatamiento occipital fue que desde niños eran sometidos a un proceso de deformación craneal a través de una tabla plana y dura. Todas estas expresiones permitían diferenciar a grupos étnicamente distintos. Sin embargo, en el estudio del Dr. Urbina, la conformación no clásica es muy cercana a la cifra obtenida en este estudio, no obstante, debemos recalcar que existen pocos estudios para establecer diferencias concretas, o que las variantes anatómicas que presentamos sean inciertas en la población general, debido a la pluriculturalidad que representa el Perú (24,25,26,27).

En el caso de estudios descritos en Noruega, quien Lars reportó que el 88 % de la población presentan alguna variante anatómica, si bien es cierto tenemos un menor porcentaje con respecto a ello, se mantiene que el mayor porcentaje representa el polígono de Willis no clásico (28).

En cuanto a los hallazgos de la frecuencia de variaciones en la circulación anterior y posterior fue de 36,18 % y 63,82 % respectivamente, que fueron similares a otros estudios como en México (4).

Con respecto al tipo de variante más frecuente encontrada fue la hipoplasia con un 53,25 %, seguida de la agenesia con un 32,36 %, cuyos fueron un porcentaje mayor con respecto a lo descrito por el Dr. Urbina en Perú, donde dio a conocer en su estudio que los vasos accesorios eran la variante más frecuente con un 47,58 %, seguido de la hipoplasia con un 25,8 % (5); pero fueron similares los resultados en

comparación con el Dr. Rivas (22), el cual evidenció que la hipoplasia de los vasos fue la variante más frecuente con un 66,45 %, seguido de origen anómalo de la arteria cerebral posterior con un 14,66 %.

Algunos de los cálculos estadísticos se realizaron con pruebas no paramétricas debido a las propiedades de distribución de los datos, como fue en la asociación entre grupo etéreo y sexo con el polígono de Willis clásico y no clásico, en cual se encontró que existe asociación estadísticamente significativa entre grupo etéreo y PW, similar a lo de Noruega, donde Lars nos refiere que la cantidad de variantes anatómicas aumentan con la edad (28).

Aunque la causa primaria del aumento de segmentos faltantes con la edad no está clara, se ha sugerido que la aterosclerosis es una posible causa, ya que la placa ateromatosa en un segmento arterial podría reducir el flujo de modo que dicha arteria no se detecte en secuencia 3D TOF de resonancia magnética. (28,29). Además, la reducción del flujo sanguíneo cerebral con la edad (30) y posiblemente en conjunto con el aumento de la tortuosidad de los vasos sanguíneos (31), también podrían alterar el patrón de flujo en el PW, de modo que no haya flujo o haya muy poco flujo en algunas arterias, las cuales aparecerían como hipoplasias o agenesias en la CAC. Por lo tanto, se podría decir que la mayor tasa de pérdida de segmentos de arterias con la edad sea causada por aterosclerosis u otros factores que predispongan la aparición de patologías vasculares, como el estilo de vida, que resulten afectando el flujo sanguíneo del PW (30,31).

En caso al asociar el sexo con el polígono de Willis clásico y no clásico, encontramos en nuestro estudio que no hay asociación estadísticamente significativa entre ambas variables, al igual que lo planteado por Lars en Noruega (28); caso contrario describe Volkan, quien en Turquía evidenció que existe una diferencia significativa de sexo y edad con respecto a la distribución de los grupos de círculo completo, parcialmente completo e incompleto, viendo en su trabajo que el sexo femenino presenta la mayor cantidad de polígonos de Willis completos y en el grupo de 40 años (18).



Las limitaciones que presentó este estudio se debieron a que las angioresonancias cerebrales obtenidas pertenecen a un centro privado y no todos los pacientes tienen los recursos para la obtención de estos servicios, a su vez, la población estudiada, por motivo de la coyuntura provocada por la pandemia del Covid 19, se vio reducida. Para la obtención de las imágenes se utilizó un resonador magnético MAGNETOM EZZENSA de la marca alemana SIEMENS de 1,5 tesla; este resonador, junto a la jaula Faraday, reciben un mantenimiento preventivo (calibración) de manera trimestral y correctivo, el cual nos brindó una excelente calidad de imagen. Adicional a ello, se contó con la supervisión, tanto de tecnólogos médicos como de médicos radiólogos especializados en neurorradiología para la creación del instrumento e interpretación de las imágenes obtenidas.

Estos resultados obtenidos son de suma importancia en el campo de la neurocirugía, radiología intervencionista, entre otros; debido a que tener el conocimiento pleno de estas variantes anatómicas nos permite comprender mejor las patologías, el alcance clínico, el plan diagnóstico, los abordajes terapéuticos para así poder evitar lesiones o algún traumatismo durante una intervención quirúrgica al confundirlas con hallazgos patológicos de las arterias por presentar una ubicación poco usual; además nos sirve como base científica para posteriores estudios relacionándolos con patologías cerebrales, ya sea a nivel parenquimal o vascular, en especial en pacientes con enfermedades cerebrovasculares, tales como aneurismas, malformaciones vasculares, etc.; donde se puede alterar la gravedad de los síntomas, pues al tener una o más variantes, se puede determinar un pronóstico favorable o desfavorable, para una buena reperusión a nivel encefálico (32).

#### **IV. CONCLUSIONES**

El polígono de Willis de conformación no clásica fue el más frecuente.

La variante anatómica más frecuente que se encontró en este estudio, tanto en la circulación anterior como posterior, fue la hipoplasia, seguido de la agenesia.

La variante anatómica más frecuente de la circulación posterior fue la agenesia de la arteria comunicante posterior derecha.

La variante más frecuente de la circulación anterior fue la hipoplasia de la arteria cerebral anterior derecha.

Se encontró asociación estadísticamente significativa entre grupo etéreo y polígono de Willis clásico y no clásico.

## **V. RECOMENDACIONES**

Debido a que la mayoría de los polígonos de Willis son de conformación no clásica o con variantes con un 80,25 %, se sugiere realizar más estudios abarcando más población, no solo en centros privados, además de otros estudios complementarios asociándolos con las diferentes patologías a nivel vascular y encefálico para conocer estas variaciones y tenerlas en cuenta a la hora de proceder con un tratamiento u otro o evitar complicaciones durante procedimientos quirúrgicos, debido a que, según otras investigaciones realizadas en otros países, sí hay asociación con las patologías, pues se sabe que existen trastornos vasculares que pueden provocar cuadros agudos, tales como: ataque cerebrovascular isquémico, rotura aneurismáticas, migrañas, éste último se sabe que presenta un aumento de variaciones del polígono de Willis en comparación con la población general.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Quijano Y, García D. Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia). Rev Cienc Salud. [Internet]. 2020 [citado el 20 de marzo del 2021]; 18(3): 1–12. DOI: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9688>
2. Moore K, Dalley A. Clinically oriented anatomy. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins; 1999
3. Iqbal S. A comprehensive Study of the Anatomical Variations of the Circle of Willis in Adult Human Brains. Journal of Clinical and Diagnostic Research [Internet]. 2013 [citado el 29 de marzo del 2021]; 7(11): 2423 – 2427. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3879841/pdf/jcdr-7-2423.pdf>
4. Hernández-Luna J, Casares-Cruz K, Rendón-Macías R, Licea-Medina D, Castillo-Lima J. Evaluación con angiorresonancia magnética nuclear de las variantes anatómicas del círculo arterial cerebral. Anales de Radiología México [Internet]. 2015 [citado el 29 de marzo del 2021]; 14: 256 – 261. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2015/arm153c.pdf>
5. Urbina N, Trujillo L, Ángel R. Tipos de conformación del polígono de Willis en la base cerebral de cadáveres peruanos. Rev. Per. Neurol [Internet]. 1998 [citado el 6 de junio del 2021]; 4(1-3). Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v04\\_n1-3/tip\\_conf.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v04_n1-3/tip_conf.htm)
6. Monroy-Sosa A, Pérez-Cruz J, Reyes-Soto G, Delgado-Hernández C, Macías-Duvignau M, Delgado-Reyes L. Importancia de la anatomía microquirúrgica del complejo A1-arteria comunicante anterior. Cir Cir [Internet]. 2013 [citado el 6 de junio del 2021]; 81: 274 – 281. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2013/cc134c.pdf>
7. Dharmasaroja P, Uransilp N, Piyabhan P. Fetal origin of posterior cerebral artery related to poor collaterals in patients with acute ischemic stroke. Elsevier Ltd. [Internet]. 2019 [citado el 17 de julio del 2021]; 68: 158 – 161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.07.006>
8. Zhou H, Sun J, Ji X, Lin J, Tang S, Zeng J, et al. Correlation Between the Integrity of the Circle of Willis and the Severity of Initial Noncardiac Cerebral

- Infarction and Clinical Prognosis. Wolters Kluwer Health, Inc. [Internet]. 2016 [citado el 22 de setiembre del 2021]; 95 (10): e2892. DOI: 10.1097/MD.0000000000002892
9. Pacheco M, Durán M, Cuba O, Serrano L, Rosales Y, De Mola J. Patrón común y variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro. Rev. Arch Med Camagüey. [Internet]. 2017 [citado el 22 de setiembre del 2021]; 21(6): 764 – 774. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v21n6/amc090617.pdf>
  10. Romero L, Osoria Y, Silot B, Elías Y, Durruthy M. Variaciones morfológicas del círculo arterial en fallecidos con enfermedades cerebrovasculares isquémicas. Revista Información Científica [Internet]. 2012 [citado el 20 de marzo del 2021]; 73(1). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5517/551757293013.pdf>
  11. Van B, Bennis F, Delhaas T, Westerhof B, Stok W, Van J. Support Vector Machine Based Monitoring of Cardio-Cerebrovascular Reserve during Simulated Hemorrhage. Front Physiol [Internet]. 2017 [citado el 30 de abril del 2021]; 8:1057. DOI: 10.3389/fphys.2017.01057
  12. Ortiz-Prado E, Banderas A, Unigarro L, Santillán P. Oxigenación y Flujo Sanguíneo Cerebral, Revisión Comprensiva de la Literatura. Rev. Ecuat. Neurol. [Internet]. 2018 [citado el 30 de abril del 2021]; 27(1): 80 – 89. Disponible en: <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/09/Oxigenacio%CC%81n-y-Flujo-Sangui%CC%81neo-Cerebral.pdf>
  13. Castellero O. Polígono de Willis: partes y arterias que lo forman [Internet]. Psicología y Mente [citado el 1 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/poligono-de-willis>
  14. Boleaga-Durán B, Ameller-Terrazas S, Criales-Cortés J. Variantes anatómicas del círculo arterial de la base craneal. Anales de Radiología México [Internet]. 2004 [citado el 02 de junio del 2022]; 4: 239-244. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2004/arm044b.pdf>
  15. Pernicone J, Thork K, Ouimette M, Siebert J, Potchen E. Magnetic resonance angiography in intracranial vascular disease. Seminars in Ultrasound, CT,

- and MR. [Internet]. 1992 [citado el 02 de junio del 2022]; 13(4): 256-273. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/1503794>
16. Reynoso E, Meli F, Rubino P, Leconte A, Pérez R, Salas E. Variaciones del círculo arterial cerebral. Valoración anatómica quirúrgica e imagenológica por ARM. Estudio de incidencia poblacional e implicancia en la ocurrencia de la patología vascular. Rev. Argent. Anat. [Internet]. 2014 [citado el 21 de enero del 2024]; 5(3): 92 – 98. Disponible en: <https://www.revista-anatomia.com.ar/archivos-parciales/2014-3-revista-argentina-de-anatomia-online-b.pdf>
  17. Padgett, DH. The Development of the cranial Arteries in the Human Embryo. Contrib. Embriol Carneg Inst 1948; 32: 205-61.
  18. Kızılgöz V, Kantarci M, Kahraman S. Evaluation of Circle of Willis variants using magnetic resonance angiography. Scientific Reports [Internet]. 2022 [citado el 7 de marzo del 2023]; 12(17611). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-21833-w>
  19. Plaza O, Torres E, Tapia M. Prevalencia de variantes anatómicas del Polígono de Willis en cadáveres sometidos a necropsia médico-lega. IJMSS [Internet]. 2022 [citado el 7 de marzo del 2023]; 9(1): 1-9. Disponible en: <https://revistas.uautonoma.cl/index.php/ijmss/article/view/1806/1242>
  20. Shaikh R, Sohail S. MRA-based evaluation of anatomical variation of circle of Willis in adult Pakistanis. JPak Med Assoc [Internet]. 2018 [citado el 29 de marzo del 2021]; 68(2): 187 – 191. Disponible en: <https://jpma.org.pk/PdfDownload/8551>
  21. Munialo R, Nyabanda R, Musila T. Proportion of Variant Anatomy of the Circle of Willis and Association with Vascular Anomalies on Cerebral CT Angiography. Radiol Res Pract. [Internet]. 2019 [citado el 29 de marzo del 2021]; 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/6380801>
  22. Rivas D, Huertas M, Rodríguez H. Variantes anatómicas del polígono de Willis Estudio de 307 casos. Rev. Per. Neurol [Internet]. 2000 [citado el 27 de marzo del 2022]; 6(3). Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v06\\_n3/variantes.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neurologia/v06_n3/variantes.htm)
  23. Ruiz C. Variantes anatómicas del polígono de Willis mediante angiorresonancia cerebral en pacientes atendidos en el centro de

- diagnóstico por imágenes Tomonorte – 2016. [Tesis]. Trujillo – Perú: Universidad Alas Peruanas; 2017.
24. Aimi A, Makowski K, Perassi E. Lambayeque nuevos horizontes de la arqueología peruana. Ledizioni [Internet]. 2016 [citado el 2 de enero del 2024]. Disponible en: [https://iris.unito.it/retrieve/237f5e7d-016f-41c9-9a96-50bd2e48aa35/Lambayeque\\_Nuevos\\_Horizontes.pdf](https://iris.unito.it/retrieve/237f5e7d-016f-41c9-9a96-50bd2e48aa35/Lambayeque_Nuevos_Horizontes.pdf)
25. Descubren en Perú la tumba de un cirujano de trepanaciones de la antigua cultura de Sicán. ABC [Internet]. España: ABC Cultura; 2022 [citado el 5 de enero del 2024]. Disponible en: [https://www.abc.es/cultura/abci-descubren-peru-tumba-cirujano-trepanaciones-antigua-cultura-sican-202203250025\\_noticia.html](https://www.abc.es/cultura/abci-descubren-peru-tumba-cirujano-trepanaciones-antigua-cultura-sican-202203250025_noticia.html)
26. Montenegro J, Yoshii Y, Atalaya E, Carcedo P, Cledand K, Elera C, et al. Cultura Sicán. Dios, riqueza y poder en la costa norte del Perú. Lima – Perú. Fundación del banco continental para el fomento de la educación y la cultura, Edubanco; 1995 [citado el 5 de enero del 2024]. Disponible en: [https://fundacionbbva.pe/wp-content/uploads/2016/04/libro\\_000051.pdf](https://fundacionbbva.pe/wp-content/uploads/2016/04/libro_000051.pdf)
27. Chauchat C, Guffroy J. Sepulturas intrusivas Salinar y Chimú en la Huaca Herederos Chica, valle de Moche, Perú. Bulletin de l'Institut français d'études andines [Internet]. 2003 [citado el 9 de enero del 2024]; 32(2). Disponible en: <https://journals.openedition.org/bifea/6204>
28. Hindenes L, Håberg A, Johnsen L, Mathiesen E, Robben D, Vangberg T. Variations in the Circle of Willis in a large population sample using 3D TOF angiography: The Tromsø Study. PLoS ONE [Internet]. 2020 [citado el 29 de setiembre del 2022]; 15(11): e0241373. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241373>
29. Gledhill S, Pitman A. Circle of Willis artery diameters on MR angiography: An Australian reference database. J Med Imaging Radiat Oncol. [Internet]. 2009 [citado el 15 de marzo del 2023]; 53(3): 248-260. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1754-9485.2009.02056.x>
30. Buijs PC, Krabbe-Hartkamp MJ, Bakker CJ, de Lange EE, Ramos LM, Breteler MM, et al. Effect of age on cerebral blood flow: measurement with ungated two-dimensional phase-contrast MR angiography in 250 adults. Radiology [Internet]. 1998 [citado el 20 de junio del 2023]; 209(3). Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiology.209.3.9844657>

31. Wright SN, Kochunov P, Mut F, Bergamino M, Brown KM, Mazziotta JC, et al. Digital reconstruction and morphometric analysis of human brain arterial vasculature from magnetic resonance angiography. *Neuroimage* [Internet]. 2013 [citado el 20 de junio del 2023]; 82: 170 – 81. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811913005910?via%3Dihub>
32. Poveda J. Anatomía básica cerebral para el cardiólogo intervencionista. *Rev. Costarr. Cardiol.* [Internet]. 2009 [citado el 16 de enero del 2024]; 11(2): 33 – 40. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcc/v11n2/a10v11n2.pdf>



## ANEXOS

### Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

| <b>I. Datos Sociodemográficos</b>                       |         |   |                             |   |                       |
|---|---------|---|-----------------------------|---|-----------------------|
| <b>1.- Número de Angioresonancia Magnética Cerebral</b> |         |   |                             |   |                       |
| <b>2.- Edad perteneciente al grupo etéreo</b>           |         |   | Niñez (5 a 10 años)         |   |                       |
|   |         |   | Pubertad (11 a 14 años)     |   |                       |
|   |         |   | Adolescencia (15 a 19 años) |   |                       |
|   |         |   | Juventud (20 a 29 años)     |   |                       |
|   |         |   | Adulthood (30 a 59 años)    |   |                       |
|   |         |   | Senectud (60 a más)         |   |                       |
| <b>3.- Sexo</b>   |         |   | Masculino                   |   |                       |
|   |         |   | Femenino                    |   |                       |
| <b>II. Variantes del Polígono de Willis</b>             |         |   |                             |   |                       |
| CAC<br>Arterias del<br>CAC                              | Clásico |   | No Clásico                  |   | Nombre de la variante |
|   | D       | I | D                           | I |                       |
| Arteria Cerebral Anterior                               |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Comunicante Anterior                            |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Cerebral Media                                  |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Carótida Interna                                |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Comunicante Posterior                           |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Cerebral posterior                              |         |   |                             |   |                       |
| Arteria Basilar   |         |   |                             |   |                       |

## Anexo 2. Aprobación por Comité de Ética de la USMP



La Molina, 31 de enero de 2023

### Oficio No. 181 - 2023 - CIEI-FMH- USMP

Señor  
**José Eduardo Salazar Campos**  
Alumno de pregrado  
Facultad de Medicina Humana  
Universidad de San Martín de Porres  
Presente

**Ref. Plan de tesis: Frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis (Círculo Arterial del Cerebro) en pacientes con angio resonancia magnética cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019 – 2021.**

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y en atención a la solicitud de **Rodrigo Burga Morely y Salazar Campos José Eduardo** alumnos de pregrado informarles que, en cumplimiento de las buenas prácticas clínicas y la legislación peruana vigente en materia de investigación científica en el campo de la salud, el Comité de mi presidencia, sesión del 30 de enero evaluó y aprobó el siguiente documento:

- **Plan de Tesis: Frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis (Círculo Arterial del Cerebro) en pacientes con angio resonancia magnética cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019 – 2021.**

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines que correspondan.

Atentamente,



**Dr. Amañor Vargas Guerra**  
Presidente  
Comité Institucional de Ética en Investigación  
de la Facultad de Medicina Humana de la  
Universidad de San Martín de Porres

AVG/ABZ/ma

### Anexo 3: Carta de permiso

Chiclayo, 03 de junio del 2021

Dr. Rosas Lavado Humberto  
Centro Privado Diagnóstico Médico por Imagen

Estimado Dr. Rosas,

Reciba nuestro cordial saludo, hace una semana fue remitido a su correo personal un avance del proyecto de investigación de tesis para la obtención del título de médico cirujano, cuyos autores somos: Morely Rodrigo Burga, identificada con el DNI: 75974201 y José Eduardo Salazar Campos, identificado con el DNI: 72973151, pertenecientes a la escuela de Medicina Humana de la Universidad San Martín de Porres Filial Norte.

Permítanos, en primer lugar, agradecerle el tiempo que dedicó al contestar amablemente cada inquietud con respecto a temas relacionados de su especialidad y que permitirá obtener los datos que serán de suma importancia para ejecutar el proyecto: "Frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis (Círculo Arterial del Cerebro) en pacientes con Angioresonancia Magnética Cerebral en la ciudad de Chiclayo 2019 – 2021"

La investigación que estamos realizando, comprende los siguientes objetivos:

- Determinar la frecuencia de las variantes anatómicas del polígono de Willis en pacientes con Angioresonancia Magnética Cerebral en la ciudad de Chiclayo.
  - Identificar el patrón común y las variantes anatómicas de la circulación anterior y posterior del círculo arterial del cerebro.
  - Asociar las variantes anatómicas, por angioresonancia magnética cerebral, con la edad y sexo.
- Para efectuar con éxito esos objetivos, es imprescindible realizar las lecturas e interpretaciones de las angioresonancia magnéticas cerebrales.

Por esta razón, nos permitimos hacer uso de su afabilidad para solicitar la cooperación de su establecimiento en esta decisiva fase del proyecto, que consta en la recolección de datos, pretendemos que nos permita el acceso a las angioresonancias cerebrales de su centro privado de imagenología y de algunas de las herramientas que nos faciliten la ejecución del proyecto.

Evidentemente, intentaremos reducir el tiempo extra a emplear por su persona. Además, cualquier resultado y conclusiones a los que se pueda lograr, estarían formando parte de su empresa, por lo que el centro privado DMI pueda aportar con su contribución en este desarrollo de la investigación.

Le agradeceríamos se sirvieran expedirnos su aprobación y/o comentarios a nuestra solicitud.

En espera de sus noticias, nos despedimos cordialmente.

Atentamente

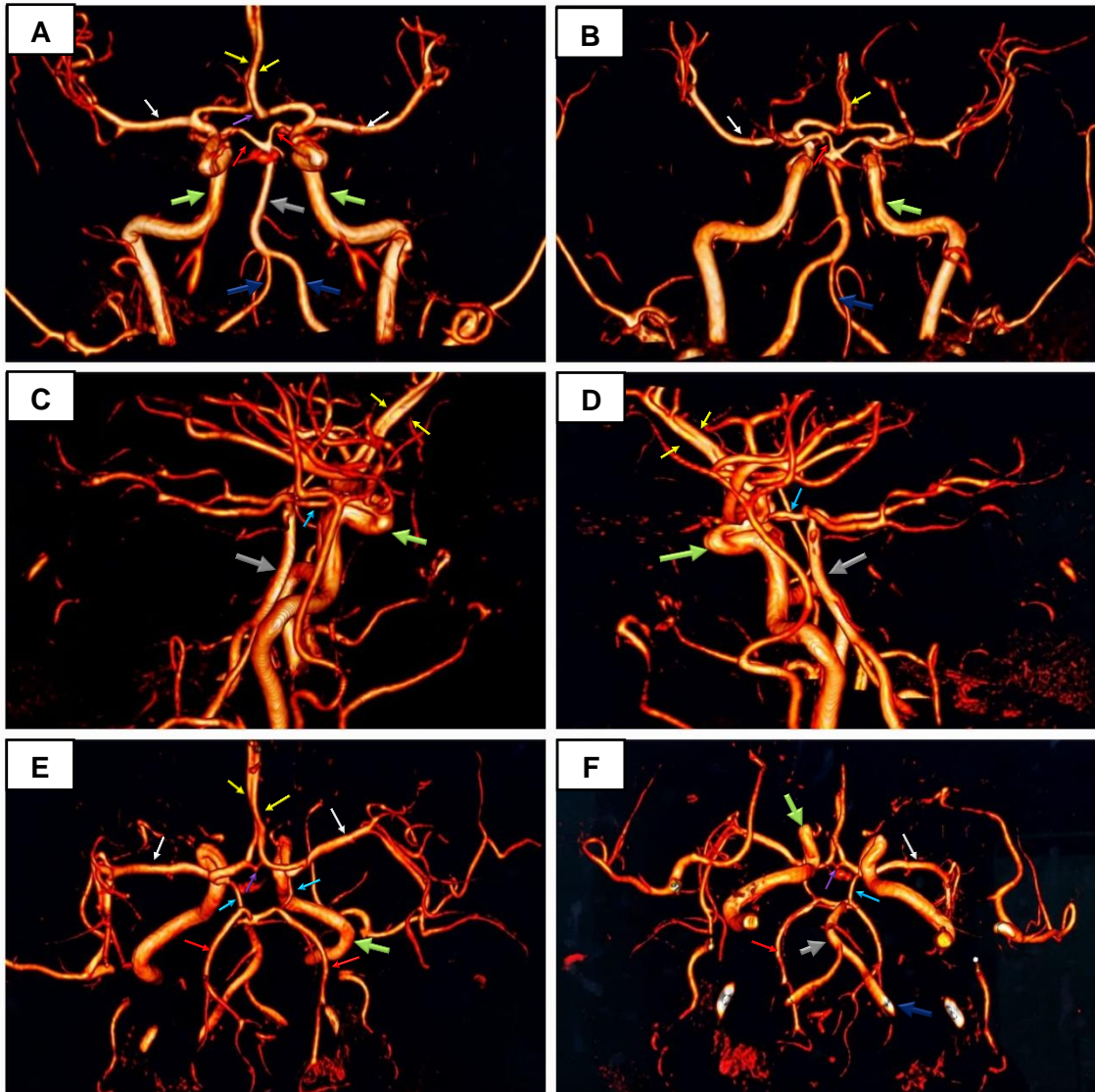
- Morely Rodrigo Burga

- José Eduardo Salazar  
Campos

Estudiantes de la facultad de Medicina  
Humana USMP Filial Norte

## Anexo 4: Imágenes de Angioresonancias Magnéticas Cerebrales

### I) Polígono de Willis Clásico



**Polígono de Willis Clásico:** A) Vista Superior. B) Vista Inferior. C) Vista Lateral Derecha. D) Vista Lateral Izquierda. E) Vista Superior. F) Vista Inferior.

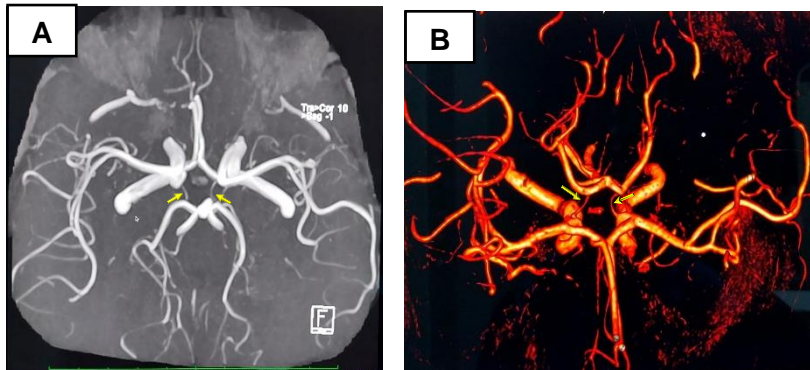
**CIRCULACIÓN ANTERIOR:** Flecha Verde: Arteria Carótida Interna. Flecha Amarilla: Arteria Cerebral Anterior. Flecha Blanca: Arteria Cerebral Media. Flecha Morada: Arteria Comunicante Anterior.

**CIRCULACIÓN POSTERIOR:** Flecha Azul: Arteria Vertebral. Flecha Gris: Arteria Basilar. Flecha Roja: Arteria Cerebral Posterior. Flecha Celeste: Arteria Comunicante Posterior.

## II) Polígono de Willis no clásico (variantes)

### 2.1. Hipoplasia

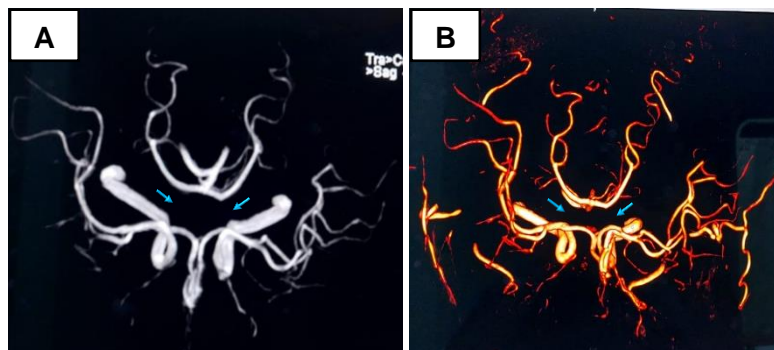
#### a) Vista inferior y superior



A) Secuencia 3D TOF y B) Reconstrucción tridimensional: Flecha amarilla: Hipoplasia de ambas arterias comunicantes posteriores.

### 2.2. Agenesia

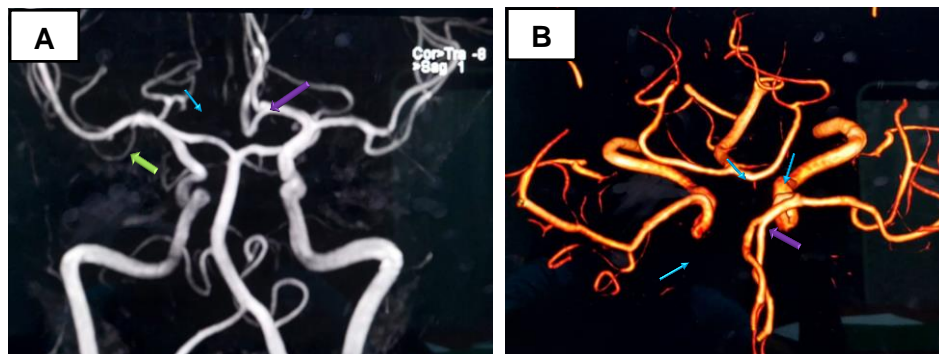
#### 2.3. Vista superior



A) Secuencia 3D TOF y B) Reconstrucción tridimensional: Flecha celeste: Agenesia de ambas arterias comunicantes posteriores.

### 2.4. Duplicación, Agenesia y Accesoria.

#### a) Vista anterior y superior



A) Secuencia 3D TOF y B) Reconstrucción tridimensional. A y B) Flecha morada: Duplicación de la arteria cerebral anterior izquierda. A y B) Flecha celeste: Agenesia de ambas arterias comunicantes posteriores y de la arteria cerebral anterior derecha. A) Flecha verde: Arteria cerebral media derecha accesoria.