

Revisión de las variantes anatómicas del Polígono de Willis en Sudamérica “Review of anatomical variants of the Willis Polygon in South America”

Josue Gonzalo Vargas Paz¹

RESUMEN:

Antecedentes: La revisión más actual de las variantes anatómicas del Polígono de Willis es la de Zamora-Chavarría realizada en 2023. Sin embargo, no se encontró ninguna revisión que se base en artículos únicamente de Sudamérica.

Métodos: Para esta revisión se buscó información en las bases de datos SciELO, Dialnet, Scopus, Mendeley y Lilacs, utilizando diferentes descriptores en combinación con operadores lógicos para obtener los resultados más óptimos.

Resultados: Se encontró que un 42,54% de los polígonos estudiados presentaban variantes anatómicas, de estas la más común fue la hipoplasia de una o varias arterias. La arteria que más variantes presentaba fue la Arteria Comunicante Posterior.

Conclusión: Las variantes anatómicas más prevalentes son las mismas que se encuentran en el resto del mundo, pero es necesaria una clasificación más acorde a la región de Sudamérica.

ABSTRACT:

Background: The most recent review of anatomical variants of the Willis Polygon was conducted by Zamora-Chavarría in 2023. However, no review based solely on articles from South America was found.

Methods: For this review, information was searched in databases such as SciELO, Dialnet, Scopus, Mendeley, and Lilacs. Various descriptors were combined using logical operators to obtain the most optimal results.

Results: It was found that 42.54% of the studied polygons exhibited anatomical variants. Among these, the most common was hypoplasia of one or more arteries. The artery with the highest number of variants was the Posterior Communicating Artery.

Conclusion: The most prevalent anatomical variants are consistent with those found worldwide. However, a classification more specific to the South American region is necessary.

1. Estudiante de la Carrera de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia

Correspondencia a:
Josue Gonzalo Vargas Paz

E-Mail:
josuevargas11@gmail.com

Telefono/Celular:
+591 74158308

Recibido:
23 de marzo de 2024

Aceptado:
25 de marzo de 2024

Palabras clave:

círculo arterial cerebral; variación anatómica; arteria comunicante anterior; arteria comunicante posterior.

Keywords:

circle of Willis; anatomic variations; cerebrovascular disorders.

INTRODUCCIÓN Y/O ANTECEDENTES:

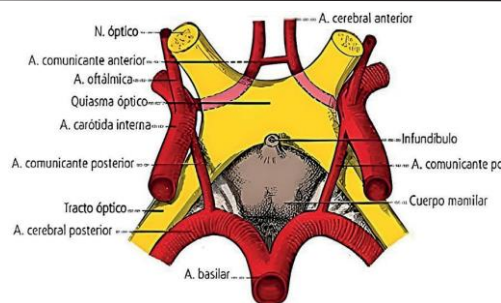
Polígono de Willis es el epónimo por el cual se conoce al Círculo Arterial Cerebral (CAC). La primera descripción de esta estructura fue dada por el anatomista Thomas Willis en 1664, junto con las ilustraciones de Christopher Wren. Sin embargo, la primera mención de esta estructura fue hecha por Johan Jakob Wepfer¹.

El Círculo Arterial Cerebral se forma gracias a 3 pilares vasculares: ambas Arterias Carótidas Internas y la Arteria o Tronco Basilar^{2,3}. Tiene una forma heptagonal (Figura 1), posteriormente está formado por ambas Arterias Cerebrales Posteriores (ACP), desde su origen hasta la anastomosis con las Arterias Comunicantes Posteriores (ACoP) que forman los laterales posteriores y se comunican con las Arterias Carótidas Internas, delante de estas se encuentran las Arterias Cerebrales Anteriores (ACA) hasta la anastomosis con la Arteria Comunicante Anterior (ACoA), la cual sería el último lado^{2,3,4}.

Toda la estructura es una anastomosis por inosculación⁴, se encuentra dentro del confluente subaracnoideo inferior, en la base del cráneo contorneando a la región interpeduncular, el quiasma óptico y el hipotálamo. Además, forma una corona alrededor de la Silla Turca^{3,5}.

El Polígono de Willis al igual que cualquier otra estructura anatómica presenta variantes, que generalmente suelen ser congénitas⁴. Muchos autores clasificaron las variantes anatómicas encontradas tomando en cuenta muchas o una sola variante^{6,7,8,9,10,11}.

Figura 1. Disposición anatómica del polígono de Willis



Fuente: Lataje:M, Ruiz Liard A. Vascularización del encéfalo. En. Latarjet M, Ruiz Liard A. ANATOMIA HUMANA. Vol 1, 3a Ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Médica Panamericana, 2019: 211-233

scientifica.umsa.bo

Fuentes de Financiamiento
Autofinanciado

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Dentro de sus funciones más importantes es mantener estable el flujo sanguíneo en caso de una alteración en alguna de sus ramas. Al cumplir algunas condiciones el Polígono de Willis sirve de seguridad al mantener la vascularización del tejido cerebral redirigiendo su hemodinamia.

En el caso de existir una variante que haga incompleto el círculo este perderá su capacidad de compensar la circulación y llevará a una dificultad en el flujo causando una isquemia⁶.

Es importante que se cuente con un registro sobre las variantes anatómicas cuya frecuencia de aparición es mayor en los países de Sudamérica, ya que de esta forma se tiene la certeza de a qué tipos de variantes tendrá que enfrentarse en un procedimiento quirúrgico el profesional médico.

La revisión sistemática más actual respecto al ámbito es la de Zamora-Chavarría¹² realizada en el año 2023, fue un estudio descriptivo y retrospectivo, sin embargo, esta recogió información de todo el mundo. No se encontró artículo de revisión que se tomará en cuenta únicamente en estudios de Sudamérica.

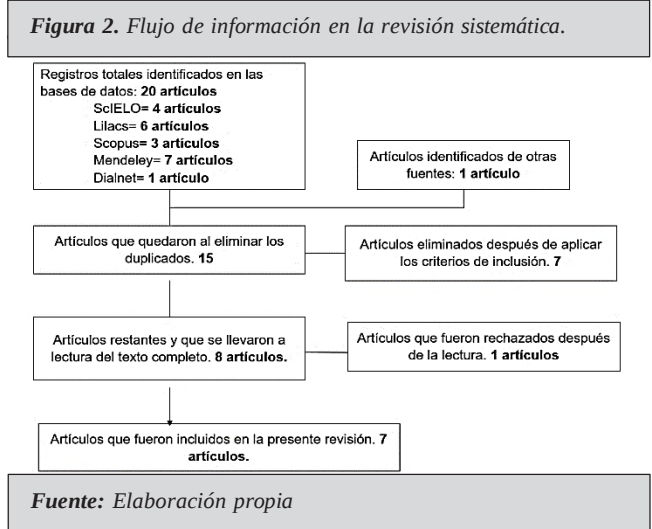
La presente revisión tiene el objetivo de identificar las variantes anatómicas del Polígono de Willis que son más comunes en países de Sudamérica.

METODOLOGÍA:

Para la revisión sistemática de las variantes del Círculo Arterial Cerebral se hizo el rastreo de publicaciones en español, inglés y portugués en las bases de datos SciELO, Dialnet, Scopus, Mendeley, Lilacs. Los términos de búsqueda que se utilizaron fueron: “polígono de willis”, “círculo arterial cerebral”, “variaciones”, “aneurismas”, “variantes”, “variações”, “cerebral arterial circle”, “variations”. Que combinados con los operadores lógicos: OR, AND, AND NOT, dieron los resultados que fueron utilizados. Además, se limitó el rango de años al periodo entre 2014 y 2024.

Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones cuya investigación se realizó en países de Sudamérica.
- Investigaciones realizadas en los últimos 10 años. Es decir, en el intervalo de 2014 a 2024, de esta forma se tiene resultados más actuales en la descripción de las variantes.
- Investigaciones realizadas post-mortem, donde las muestras fueron estudiadas mediante disección. Ya que esta es una de las mejores técnicas para el aprendizaje y estudio descriptivo de la anatomía^{13,14}.



RESULTADOS:

Al analizar las 7 publicaciones que se seleccionaron se encontró que la prevalencia de las variantes anatómicas del Polígono de Willis o Círculo Arterial Cerebral es considerable.

El Polígono de Willis se ha clasificado en dos categorías: Clásico y No Clásico. El Polígono Clásico es aquel que sigue la descripción original de Thomas Willis, mientras que el No Clásico incluye variantes que han sido clasificadas según diferentes autores.^{7,8}

Tabla 1. Variantes anatómicas con mayor presencia en cada				
	AUSENCIA DE ACoA y ACA ÁCIGOS	TRIPLICACIÓN DE ACA	AUSENCIA DE ACoP	HIPOPLASIA DE VASOS
CHILE	-----	-----	Si presentó	-----
COLOMBIA	Si presentó	Si presentó	Si presentó	Si presentó
BOLIVIA	-----	-----	-----	Si presentó
CUBA	Si presentó	Si presentó	-----	Si presentó
BRASIL	-----	-----	-----	Si presentó
Fuente: Elaboración propia ^{15,16,17,18,19,20,21}				

El porcentaje de No Clásicos se aproxima al 50 %, (Tabla 1), y deja ver que el polígono Clásico no es una norma en todos los casos.

Arteria Comunicante Anterior. -

La ACoA presenta variaciones desde el 0 %¹⁵ al 42 %¹⁶. Suele estar siempre presente y en caso de ausencia se debe a que ambas Arterias Cerebrales Anteriores se encuentran fusionadas: Arteria Cerebral Anterior Ácigos, como se menciona en los artículos de Pacheco M.¹⁶, Ballesteros L.¹⁷ y Quijano Y.¹⁸ en los cuales fueron reportados un total 11 piezas donde el CAC presentaban esta disposición.

Otra variable identificada fue la duplicación de la ACoA en 8 CAC, donde uno tenía un diámetro mayor a 1mm, uno diferente tenía una ACoA hipoplásica, una pieza presentaba un CAC que tenía ambas ACoA hipoplásicas y otro presentaba la disposición anterior junto a una anastomosis que las unía; diferente a los anteriores también se reportó un CAC que tenía la ACoA duplicada en forma de “Y” junto a otros tres CAC que tenían la duplicación de la ACoA en forma de V. Con todas esas variantes solo se presentó un CAC con la triplicación de la ACoA¹⁶.

Las variantes de trayectoria estuvieron presentes en 14 muestras en total y se dirigían oblicuas de derecha a izquierda^{16,17}.

Arteria Cerebral Anterior. -

Las variantes de la ACA se presentan desde un 0 %¹⁵ hasta un 25 %¹⁸. Cambia generalmente en su número, siendo que se puede hallar única, como es el caso de la Arteria Cerebral Anterior Ácigos que se mencionó. O bien puede estar triplicada, como es el caso de la Arteria Media del Cuerpo Calloso o Arteria Cerebral Anterior Mediana (ACAM), representando la triplicación de la ACA en su segmento A2. Se observó esta disposición en los de Pacheco M.¹⁶ y Quijano Y.¹⁸, siendo afectados 2 CAC en ambas investigaciones.

La trayectoria no se ve muy afectada, solo en un caso se observó que describe una curva cóncava hacia medial hasta el giro recto¹⁶.

Arteria Comunicante Posterior. -

Las variaciones de la ACoP varían de un 5,6 %¹⁵ hasta un 51,3 %¹⁷, incluso representó hasta un 72,2 % de todas las variantes registradas en el artículo de Luna R.19. Es uno de los vasos con mayor variabilidad del CAC, siendo la hipoplasia la de mayor prevalencia en todos los artículos.

En la publicación de Ballesteros L.¹⁷ se encontró ausente en 2 CAC.

Arteria Cerebral Posterior. -

Sus variaciones se presentan entre 2,6%²⁰ y 31,58 %¹⁵. La variante más común es la hipoplasia ya sea bilateral o unilateral. Ballesteros L.¹⁷ reporta 1 CAC con hipoplasia bilateral; Escobar H.15 reporta 6 casos de hipoplasia de ACP: 2 bilateral, 3 en el lado izquierdo y 1 en el lado derecho.

En un artículo se reportó el origen de la ACP en la Arteria Carótida Derecha²¹.

En el artículo de Ballesteros L.¹⁷ se encontró circulación fetal y transicional, con 2 CAC de circulación fetal bilateral, 3 con circulación fetal unilateral en el lado derecho y 2 en el lado izquierdo.

Tabla 2. Porcentajes de Polígonos clásicos y no clásicos.

AUTOR	AÑO	MUESTRA	CARACTERÍSTICAS DEL POLÍGONO			
			CLÁSICO	NO CLÁSICO	CLÁSICO	NO
Plaza O. et al ²⁰	2022	194	145	74, 74 %	49	25, 26 %
Riveros A. et al ²¹	2022	30	7	23, 33 %	23	76, 67 %
Ballesteros L. et al ¹⁷	2021	70	18	25, 71 %	52	74, 29 %
Quijano Y. et al ¹⁸	2020	24	17	70, 83 %	7	29, 17 %
Escobar H. y Escobar J. 15	2019	19	13	68, 42 %	6	31, 58 %
Pacheco M. et al ¹⁶	2017	50	25	50, 00 %	25	50, 00 %
Luna Peixoto R. et al ¹⁹	2015	15	6	40, 00 %	9	60, 00 %
TOTAL:		402	231	57, 46 %	171	42, 54 %

Fuente: Elaboración propia^{15,16,17,18,19,20,21}

DISCUSIÓN Y/O RECOMENDACIONES:

El CAC se forma gracias a 10 arterias: 2 Arterias Carótidas Internas, 2 segmentos proximales de Arteria Cerebral Anterior o A1, 1 arteria comunicante Anterior (AcoA), 2 arterias comunicantes Posteriores (AcoP), 1 Arteria basilar (AB) y 2 segmentos proximales de arteria cerebral Posterior (ACP) o P1 8. Sin embargo, la estructura como tal está únicamente constituida por: 2 Arterias Cerebrales Anteriores, 1 arteria comunicante Anterior, 2 arterias comunicantes Posteriores y 2 arterias cerebrales Posteriores. La frecuencia de las variantes anatómicas del CAC es alta, pero es bastante cambiante en los diversos estudios realizados.

En el estudio realizado por Zamora-Chavarria, 2023¹², establece que la variante más prevalente en el polígono de Willis es la hipoplasia de los vasos, ACoP, ACP, ACA, ACoA, en ese orden de afectación. Considerando como hipoplásicos los vasos con diámetro menor a 1mm en caso de la ACA y la ACP.

Encontró que la arteria comunicante anterior (ACoA) presenta comúnmente variaciones numéricas, ya sean duplicaciones, triplificaciones o agenesis; también reportó la forma embrionaria de la ACoA en donde esta presenta un grosor similar al de la ACA. Sobre la arteria cerebral anterior (ACA) estableció que su variación más frecuente es la hipoplasia, presente en hasta una tercera parte de los casos; halló la variante de arteria cerebral anterior álgica en pocos casos, pero siempre es acompañada de la ausencia de la ACoA.

Con respecto al estudio realizado encontramos similitud en que la variante más común es hipoplasia de vasos que conforman el polígono de Willis, de igual forma el orden de afectación fue el mismo.

Sobre la arteria comunicante anterior (ACoA) el presente estudio encontró que disposición de la duplicación de esta arteria se puede dar en forma de “Y” o “V”, no presentándose siempre la duplicación de forma paralela. A diferencia del estudio realizado por Zamora-Chavarria, 2023¹², se reporta la triplicación de la arteria cerebral anterior (ACA) formándose así la Arteria Media del Cuerpo Caloso.; de la misma manera en este estudio se encontró que la arteria comunicante posterior (ACP) puede estar ausente. El origen anómalo de la arteria cerebral posterior (ACP) en la arteria carótida derecha se lo describe a diferencia del otro estudio.

Comparando los resultados obtenidos con artículos de Europa y Asia, se puede ver que:

Kabakçı A. y Bozkır M, 2023²² a diferencia de esta revisión, muestran que las variantes más comunes son las duplicaciones de arterias y los orígenes anómalos de estas; pero la ACoA es la arteria más afectada.

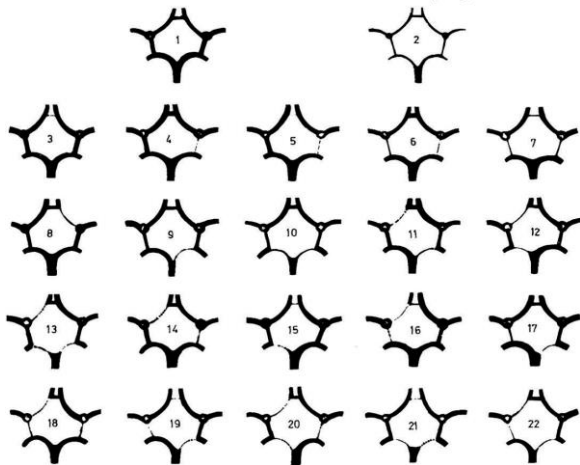
Raghavendra et al, 2014²³, menciona que la variante más común en su estudio es la Hipoplasia de la ACoA.

Dumitresco et al, 2022²⁴, encuentra de igual forma que la presente revisión a la hipoplasia como la variante más común y a la ACoA como la arteria más afectada.

Icardo J.M. et al, 1977²⁵. De la misma forma, se reporta como la variante más común a la hipoplasia de uno o más vasos. Pero el vaso más afectado es la ACoA, a diferencia de esta revisión.

La comparación de estos artículos deja en evidencia que la variante anatómica más común es la hipoplasia en la ACoA. Para tener un registro más claro sobre las variantes y poder clasificarlas, se puede usar una de las muchas clasificaciones realizadas por diferentes autores. Mencionar a la clasificación de Lazorthes G. et al¹⁰, porque clasifica de una forma sencilla y detallada todas las variantes del polígono de Willis, además tiene una nominación numérica que lo hace sencilla de utilizar (Figura 3).

Figura 3. Clasificación de las variables anatómicas del polígono de Willis



Fuente: Lazorthes G, Gouazé A, Santini JJ, Salamon G. Le cercle artériel du cerveau (circulus arteriosus cerebri). *Anat Clin.* 1 de septiembre de 1979. 1(3):24 1-57.

La revisión se vio limitada debido a la poca cantidad de artículos que estudian las variantes anatómicas en los países de Sudamérica, por tanto, recomiendo aumentar las investigaciones sobre las variantes anatómicas de las arterias del encéfalo, debido a la gran funcionalidad que estas presentan. Asimismo, recomendar que se consolide una clasificación más regional y detallada del CAC.

CONCLUSIONES:

El Polígono de Willis es una estructura anatómica compleja que como cualquier otra puede presentar variaciones. En esta revisión se vio que estas variantes están presentes en un 42,54% de todos los CAC estudiados; la variante que muestra mayor prevalencia es la hipoplasia de las arterias del CAC y que la ACoP es la que más variaciones anatómicas presenta.

Es importante conocer estas variantes porque esta estructura es esencial para la irrigación del cerebro. Se deben clasificar todas las variantes para mejorar el control y seguimiento de las mismas, preparando así al médico en su formación para familiarizarse con las posibles variantes que pueda enfrentar durante un procedimiento quirúrgico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Fernando M. CHRISTOPHER WREN: EL DIBUJANTE DEL POLÍGONO DE WILLIS. *Rev Arg Anat Clin.* 2015;7(3):153-6. Disponible en: <https://doi.org/10.31051/1852.8023.v7.n3.14190>
2. Latarjet M, Ruiz Liard A. Vascularización del encéfalo. En: Latarjet M, Ruiz Liard A. *ANATOMIA HUMANA*. Vol 1. 3a Ed. Santa Fé de Bogotá: Panamericana; 1995. 239-60.
3. Testut L, Latarjet A. Sistema de arteria aorta. En: Testut L, Latarjet A. *TRATADO DE ANATOMIA HUMANA*. Vol 2. 9a Ed. Barcelona: Salvat Editores; 1988. 177-399.
4. Arené E, Melgarejo J. Vascularización del sistema nervioso central. En: Arené Rada E, Melgarejo Durán J. *NEUROANATOMIA*. 2a Ed. La Paz: LITOPRESS Ltda;1991. 150-60.
5. Arené E, Arené J. Vasos del sistema nervioso central. En: *NEUROANATOMÍA FUNCIONAL Y CON APLICACIÓN CLÍNICA*. 1a Ed. La Paz: Gráfica JiVas; 2010. 271-86.
6. Enyedi M, Scheau C, Baz R.O, Didilescu AC. Circulo de Willis: variaciones anatómicas de configuración. Un estudio de angiografía por resonancia magnética. *Folia Morfol.* 2023;82(1):24-9. Disponible en: <https://doi.org/10.5603/FM.a2021.0134>
7. Krzyzewski RM, Tomaszewska IM, Lorenc N, Kochana M, Goncz G, Klimek-Piotrowska W, et al. Variations of the anterior communicating artery complex and occurrence of anterior communicating artery aneurysm: A2 segment consideration. *Folia Med Cracov.* 2014;54(1):13-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25556363/>
8. Avila Rosas O. Correlación de Hallazgos en la Evaluación de las Estructuras del Círculo de Willis Mediante Angiotomografía y Resonancia Magnética con Secuencia 3D TOF. Heroica Puebla de Zaragoza: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2019.
9. Gunnal SA, Farooqui MS, Wabale RN. Anatomical Variations of the Circulus Arteriosus in Cadaveric Human Brains. *Neurol Res Int.* 2014(687281):1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/687281>
10. Lazorthes G, Gouazé A, Santini JJ, Salamon G. Le cercle artériel du cerveau (circulus arteriosus cerebri). *Anat Clin.* 1 de septiembre de 1979;1(3):241-57. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01654581>
11. Hsin-Wen C, Pao-Sheng Y, Chau-Chin L, Chang-Chi C, Pao-Yang C, Sea-Kiat L, et al. Magnetic Resonance Angiographic Evaluation of Circle of Willis in General Population: A Morphologic Study in 507 Cases. *Chin J Radiol.* 2004;29(5):223-9. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/0972-2327.165453>
12. Zamora-Chavarría A, Herrera Guerra C, Quesada Navarro F, Ballesteros Herrera D. Variantes anatómicas del segmento anterior del polígono de Willis: relación con aneurismas cerebrales. *Revista Médica Sinergia [Internet].* 2023;8(6). Disponible en: <https://doi.org/10.31434/rms.v8i6.1063>
13. Treviño Gonzales R, Valdez Garcia JE. Opinión comparando el método tradicional y el Aprendizaje Basado en Problemas para la enseñanza de la Anatomía y de la Fisiología humanas. *Avances.* 2006;3(10):42-5.
14. Mompeó-Corredera B. Metodologías y materiales para el aprendizaje de la anatomía humana. Percepciones de los estudiantes de medicina 'nativos digitales'. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica.* 2014;17(2):99-104.
15. Escobar Chavarría HS, Escobar Romero J. Estudio de las variaciones morfológicas del círculo arterial del cerebro con inyección de silicona roja, anfiteatro de Universidad Privada del Valle (2015-2017). *Revista de Investigación e Información en Salud.* 2019;13(36):5-17. Disponible en: <https://doi.org/10.52428/20756208.v13i36.469>
16. Pacheco Mayedo M, Durán Matos ME, Cuba Yordi OL, Serrano González L, Rosales Almeida Y, de Mola Nicolau J.L. Patrón común y variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro. *Rev Arch Med Camagüey.* 2017;21(6):764-74. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552017000600009&lng=es

17. Ballesteros Acuña LE, García Corredor N, Larrotta Rojas J. Evaluación Morfológica y Variaciones del Círculo Arterial Cerebral. Un Estudio con Material Cadavérico en una Muestra de Población Colombianas. *Int J Morphol*. 2021;39(5):1453-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022021000501453>
18. Quijano Blanco Y, García Orjuela D. Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia). *Revista Ciencias de la Salud*. 2020;18(3):1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9688>
19. Luna Peixoto R, de Araujo Paz D, Gadelha Dantasa JL de O, de Almeida Holanda MM. Variações anatómicas na porção posterior do polígono de Willis. *Ciência & Saúde*. 2015;8(1):2-6. Disponible en: <https://doi.org/10.15448/1983-652X.2015.1.17217>
20. Plaza Patiño OA, Torres Matamba EV, Tapia Vela MF. Prevalencia de variantes anatómicas del polígono de Willis en cadáveres sometidos a necropsia medicolegal. *International Journal of Medical and Surgical Sciences*. 2022;9(1):1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.32457/ijmss.v9i1.1806>
21. Riveros A, Vega C, Negroni M, Villagrán F, Binignat O, Alove E. Variations of the Cerebral Arterial Circle. *Morphological and Clinical Analysis*. *International Journal of Morphology*. 2022;40(3):632-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000300632>
22. Kabakcı AG, Bozkır MG. Anatomical Variations and Clinical Significance of the Cerebral Arterial Circle in Turkish Cadavers. *Int J Morphol*. 2023;41(4):1095-100. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022023000401095>
23. Raghavendra, Shirol VS, Daksha D, Anil Kumar Reddy Y, Desai S.P. CIRCLE OF WILLIS AND ITS VARIATIONS; MORPHOMETRIC STUDY IN ADULT HUMAN CADAVERS. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*. 2014;3(2):394-400. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5958/j.2319-5886.3.2.081>
24. Dumitrescu A.M, Eva L, Cucu A.I, Dumitrescu G.F, Burduloi V.M, Dima-Cozma L..C, et al. Anatomical study of circle of Willis on fresh autopsies brains. A study of a Romanian population. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*. 2022;63(2):395-406. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.47162/RJME.63.2.10>
25. Icardo J.M, Garcia-Porrero J, Hurle J, Ojeda L. Variaciones del polígono arterial de Willis en la población española. *Archivos de Neurobiología*. 1978;41(6):415-28.