



## Variantes anatómicas del segmento anterior del polígono de Willis: relación con aneurismas cerebrales

Anatomical variants of the anterior segment of the circle of Willis: association  
with cerebral aneurysms



<sup>1</sup> **Dr. Alejandro Zamora-Chavarría**

Investigador independiente, San José, Costa Rica

 <https://orcid.org/0009-0007-3836-2209>

<sup>2</sup> **Dra. Camila Herrera-Guerra**

Investigadora independiente, San José, Costa Rica

 <https://orcid.org/0000-0001-6434-3115>

<sup>3</sup> **Dr. Franklin Quesada Navarro**

Hospital México, San José, Costa Rica

 <https://orcid.org/0009-0004-2110-4033>

<sup>4</sup> **Dr. Daniel Ballesteros Herrera**

Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suarez,  
Ciudad de México, México

 <https://orcid.org/0000-0003-3837-8765>

Recibido  
19/03/2023

Corregido  
09/05/2023

Aceptado  
20/05/2023

### RESUMEN

El polígono de Willis es una red vascular que aporta sangre al cerebro y a las estructuras circundantes. Una de sus principales funciones es mantener la irrigación a través de las anastomosis, cuando se presenta alguna condición que compromete el flujo de alguna de sus ramas. Está compuesto por las arterias cerebral anterior, comunicante anterior, carótida interna, cerebral posterior y comunicante posterior. Su conformación varía en la población. Más del 30-60% de las personas presentan una composición distinta a la habitual, siendo la hipoplasia de uno o más vasos la variante anatómica más común. Esta se define como la existencia de menos de 1 mm de calibre externo en la comunicante anterior y cerebral posterior, y los segmentos arteriales A1 de la cerebral anterior y P1 de la cerebral posterior. La arteria cerebral posterior es la que se encuentra hipoplásica con mayor frecuencia, seguida del segmento P1 de la cerebral posterior, el segmento A1 de la cerebral anterior y la comunicante anterior.

La formación de aneurismas intracraneales es más frecuente en la arteria comunicante anterior. Se han determinado como factores de riesgo para su aparición el predominio unilateral del tronco de la arteria cerebral anterior, la aplasia/hipoplasia del segmento A2, y la hipoplasia del segmento A1. Esta última variante constituye el principal factor riesgo para la ruptura de los aneurismas intracraneales de la arteria comunicante anterior, ya que aumenta el flujo



sanguíneo en el lado opuesto y, con ello, provoca un incremento de la presión intramural que favorece el desarrollo del aneurisma.

**PALABRAS CLAVE:** aneurisma; hipoplasia; arteria cerebral anterior; arteria comunicante anterior; polígono de Willis.

### ABSTRACT

The circle of Willis is a vascular network that supplies blood to the brain and surrounding structures. One of its main functions is to maintain the irrigation through the anastomoses when a certain condition compromises the flow of any of its branches. It is composed of the anterior cerebral, anterior communicating, internal carotid, posterior cerebral, and posterior communicating arteries. Its conformation varies in the population. More than 30-60% of people have a different composition than the usual, with hypoplasia of one or more vessels being the most common anatomical variant. This is defined as the existence of less than 1 mm of external caliber in the anterior communicating and posterior cerebral arteries and the arterial segments A1 of the anterior cerebral and P1 of the posterior cerebral arteries. The posterior cerebral artery is the most frequently hypoplastic, followed by the P1 segment of the posterior cerebral artery, the A1 segment of the anterior cerebral artery, and the anterior communicating artery.

The formation of intracranial aneurysms is more common in the anterior communicating artery; and the unilateral predominance of the ACA trunk, aplasia/hypoplasia of the A2 segment, and hypoplasia of the A1 segment have been determined as risk factors for its appearance. This last variant constitutes the main risk factor for rupture of intracranial aneurysms of the anterior communicating artery, since it increases blood flow on the opposite side causing an increase in intramural pressure that favors the development of the aneurysm.

**KEYWORDS:** aneurysm; hypoplasia; anterior cerebral artery; anterior communicating artery; circle of Willis.

<sup>1</sup> Médico general, graduado de la Universidad de Iberoamérica (UNIBE). Código médico: [MED17953](#). Correo: alezamorac17@gmail.com

<sup>2</sup> Médica general, graduada de la Universidad de Iberoamérica (UNIBE). Código médico: [MED18111](#). Correo: camiherreraaguerra@gmail.com

<sup>3</sup> Médico residente de neurocirugía, Universidad de Costa Rica (UCR). Código médico: [MED13571](#). Correo: frank.qsd@gmail.com

<sup>4</sup> Médico especialista en neurocirugía, graduado de la Universidad Autónoma de México (UAM). Cédula profesional: 13381998. Correo: dan\_balles@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

El polígono de Willis es una red vascular encargada de irrigar el encéfalo y las estructuras adyacentes. Su conformación presenta una amplia gama de variaciones, y algunas de ellas pueden predisponer a la formación y la ruptura de aneurismas intracraneales. Se han documentado estas asociaciones en múltiples estudios, así como los factores de riesgo para su formación y ruptura. El objetivo del estudio es recopilar, mediante una revisión

bibliográfica, la información que evidencia la relación entre las variantes anatómicas y la formación de aneurismas, así como las configuraciones que representan un mayor riesgo de formación y ruptura, con el fin de favorecer la identificación del riesgo de un paciente de desarrollar o sufrir una ruptura de aneurisma intracraneal secundario a la existencia de dicha variante anatómica.

## MÉTODO

Para la elaboración de esta revisión bibliográfica se llevó a cabo una búsqueda extensa de fuentes bibliográficas, cuya totalidad se encontró en las bases de datos PubMed y Elsevier. Se incluyeron artículos científicos cuyas fechas de publicación abarcan desde el año 2013 hasta el 2022. Los artículos utilizados en esta revisión se publicaron en idiomas inglés y español. Las palabras clave para la búsqueda de información fueron: “aneurismas”, “polígono de Willis”, “circulación anterior del polígono de Willis” y “arteria comunicante anterior”. Las fuentes comprenden estudios de tipo descriptivo observacional retrospectivo, análisis de cohortes retrospectivos, estudios correlacionales y estudios de casos y controles. Se empleó un total de 16 artículos científicos. Se excluyeron de esta revisión las fuentes bibliográficas que incluyeran información sobre malformaciones posteriores del polígono de Willis, comparaciones entre formas mixtas de las variantes anatómicas (como una variante del segmento anterior junto con una del segmento posterior) y las enfocadas en aneurismas dentro del polígono, y no aquellas relacionadas con variantes anatómicas.

## POLÍGONO DE WILLIS

El polígono de Willis es una anastomosis circulatoria que suministra sangre al cerebro y a las estructuras circundantes. Consta de las siguientes arterias: cerebral anterior (ACA), comunicante anterior (AComA), carótida interna, cerebral posterior (ACP) y comunicante posterior (1).

Específicamente, se consideran parte del polígono la porción precomunicante de la ACA (segmento A1), la arteria comunicante anterior y posterior, la porción comunicante de la arteria carótida interna y la porción

precomunicante de la arteria cerebral posterior (segmento P1) (2).

Una de las funciones más importantes del polígono es mantener el flujo sanguíneo a través de su red de anastomosis, en caso de alteraciones que involucren cese de flujo en alguna de sus ramas. Cuando se cumplen ciertas condiciones, su configuración estructural protege la irrigación cerebral, al mantener el flujo sanguíneo al tejido encefálico mediante la redistribución de la hemodinámica cerebral (6).

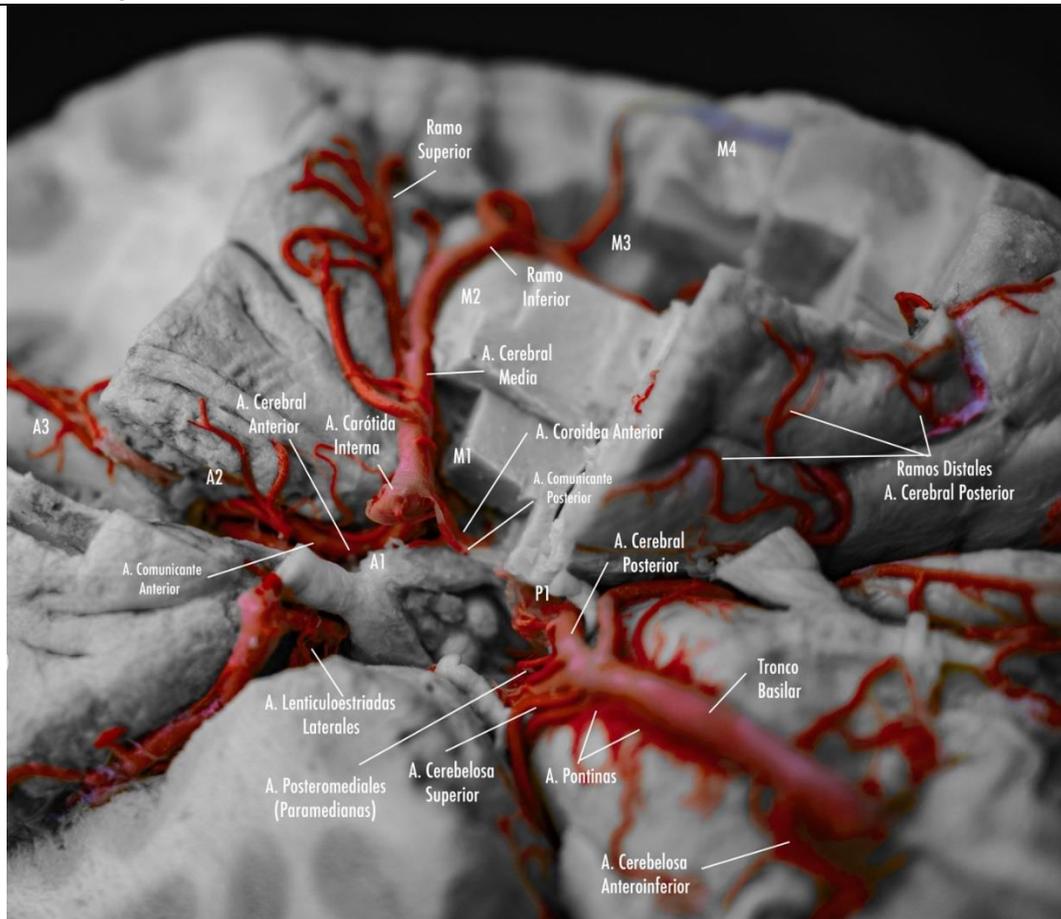
## EMBRIOLOGÍA DEL POLÍGONO DE WILLIS

El desarrollo del sistema circulatorio para el suministro de sangre al futuro cerebro comienza con la formación de los seis pares de arterias de los arcos faríngeos primitivos en la etapa embrionaria de 1.3 mm, que posteriormente se someten a cambios durante el desarrollo embrionario (8).

Las arterias de los arcos faríngeos se conocen como arcos aórticos, y se denominan del primero al sexto arco aórtico. A partir del tercer arco aórtico se originan las arterias carótidas comunes y las porciones proximales de las arterias carótidas internas. Las porciones distales de las arterias carótidas internas derivan de las extensiones craneales de las aortas dorsales derecha e izquierda (8).

Alrededor del día 28 de desarrollo embrionario, la arteria carótida interna se ramifica en la división anterior y posterior. En una etapa embriológica posterior, la división anterior de la carótida interna dará lugar a la ACA, la arteria cerebral media y la arteria coroidea anterior, mientras que la división posterior dará origen a la ACP fetal y la arteria coroidea posterior (9). La arteria basilar se desarrolla inicialmente como dos

**Figura 1.** Polígono de Willis



**Fuente.** Propia del autor, Dr. Daniel Ballesteros Herrera.

plexos dorsales vasculares longitudinales que se originan en los arcos 3 y 4, durante la semana 5 de edad gestacional (8).

En estas primeras etapas del desarrollo embrionario, la circulación posterior se basa casi por completo en el suministro de sangre que proviene de la circulación anterior a través de las anastomosis carótido-vertebrobasilar, representada por una serie de vasos primitivos que conectan las dos arterias longitudinales neurales paralelos (futura arteria basilar) con la arteria carótida interna (8).

Cada carótida interna se anastomosa con la arteria neural longitudinal (del mismo lado, la futura arteria vertebro-basilar) a través de cuatro vasos primitivos, es decir, la arteria

trigeminal, óptica, hipoglosa y la proatlantal intersegmentaria. Sin embargo, cuando el embrión alcanza los 12 mm y ya están formadas la arteria comunicante posterior y la arteria vertebral, estos primitivos vasos anastomóticos, al ser transitorios, suelen desaparecer (8).

### VARIANTES ANATÓMICAS DEL SEGMENTO ANTERIOR DEL POLÍGONO DE WILLIS

La disposición del polígono de Willis es muy variable. Más del 30-60% de los individuos presenta una conformación diferente de la habitual (3). En un estudio en el cual se examinaron 50 cerebros de adultos, se

encontró que la anomalía más común del PW en cerebros normales es la hipoplasia de uno o más segmentos. De los vasos que lo conforman, la arteria cerebral posterior fue la más frecuente en encontrarse hipoplásica, seguida del segmento P1 de la arteria cerebral posterior, el segmento A1 de la ACA y la AComA (4).

Se considera hipoplasia la existencia de menos de 1 mm de calibre externo para los segmentos arteriales A1 de la ACA y P1 de la ACP, y para las arterias comunicante anterior y cerebral posterior (2).

La AComA, los segmentos A1 y A2 de la ACA y la arteria recurrente de Heubner, combinados con sus perforantes y otras ramas, a menudo se denominan complejo de la arteria comunicante anterior (ACAC) (1,7).

Algunos estudios han identificado un alto porcentaje (alrededor del 35%) de variaciones anatómicas de la AComA. En la mayoría de los casos, puede encontrarse dilatada y tener el mismo tamaño que la ACA. Esta característica morfológica se define como la forma embrionaria. También es posible identificar otros patrones, como ausencia, duplicación, fenestración, triplicación y múltiples variaciones más (8).

La prevalencia de duplicación de la AComA es del 18%, y las fenestraciones se encuentran hasta en un 21% de los casos. Se ha encontrado ausencia definitiva de la AComA en el 5% de las disecciones quirúrgicas (9).

En un estudio de 513 pacientes sin manifestaciones cerebrovasculares, se observó la siguiente estadística en relación con variantes anatómicas de la AComA: AComA normal en un 68.2%, hipoplasia o ausencia en un 15.66%, doble AComA en un 0.6%, y fenestraciones en un 3.89% de los pacientes, siendo el hallazgo anormal más común la hipoplasia de la AComA (10).

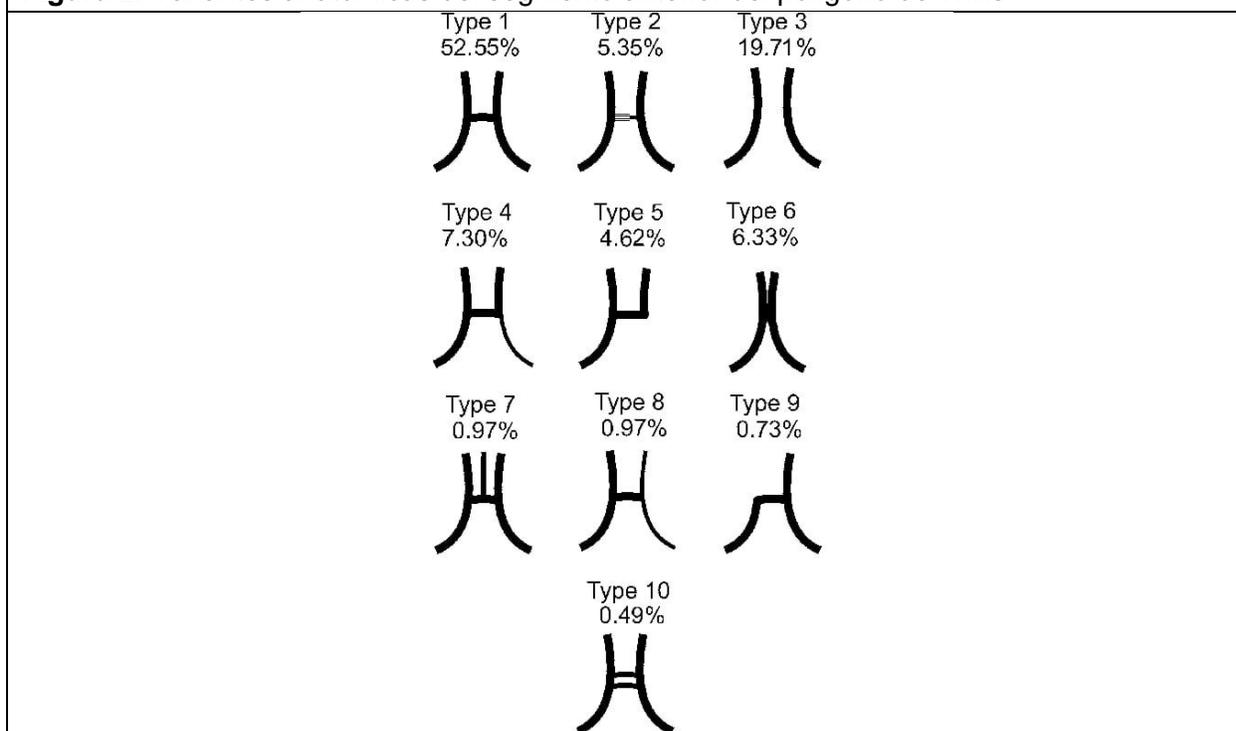
Se han identificado, también, numerosas variaciones anatómicas en el segmento A1 de la ACA. La más frecuente es la hipoplasia, que ocurre en aproximadamente un tercio de los casos, seguida de la ausencia o fusión de ambas arterias cerebrales anteriores (8). La hipoplasia del segmento A1 de la ACA es una variante anatómica común, que se puede encontrar entre el 2% y el 22% de la población (11).

La fusión de ambos segmentos A1 resulta en la formación de una arteria única en línea media y una AComA ausente, lo cual recibe el nombre de ACA ácidos, variante que está presente hasta en un 2% de la población (9). Se puede describir como otra variante anatómica una ACA bihemisférica cuando existen ambos segmentos A2, pero un segmento es dominante e irriga la mayoría de los vasos de ambos hemisferios, mientras que el otro segmento es hipoplásico o termina temprano en su curso hacia la rodilla del cuerpo caloso (9).

En una investigación se involucraron a 411 sujetos, a los cuales se les realizó una tomografía computarizada de tipo angiograma. La población reclutada fue sometida a estudios radiológicos por trauma craneoencefálico leve. La intención del estudio era detectar las variantes anatómicas del ACAC (ambas arterias cerebrales anteriores, la AComA y las arterias recurrentes de Heubner) (7).

Se clasificó el complejo anterior de la AComA en 10 tipos: tipo 1, configuración típica; tipo 2, AComA hipoplásica; tipo 3, AComA aplásica; tipo 4, hipoplasia unilateral del segmento A1 ACA; tipo 5, aplasia unilateral del segmento A1 ACA; tipo 6, tronco común de ACA con ausencia de AComA; tipo 7, presencia de un tercer segmento A2 ACA (arteria mediana del cuerpo caloso); tipo 8, hipoplasia unilateral del segmento A1 ACA y del segmento A2

**Figura 2.** Variantes anatómicas del segmento anterior del polígono de Willis



**Comentario.** Dibujo esquemático de los tipos no clasificados del complejo ACoA. Configuración típica tipo 1; ACoA hipoplásico tipo 2; ACoA aplásica tipo 3; hipoplasia del segmento A1 ACA unilateral tipo 4; aplasia unilateral del segmento A1 ACA tipo 5; tronco común tipo 6 de ACA con ausencia de ACoA; tipo 7, presencia de un tercer segmento A2 ACA (arteria mediana del cuerpo caloso); hipoplasia unilateral tipo 8 del segmento A1 ACA y segmento A2 ACA (ACA bihemisférica); tipo 9, unilateral A2 aplasia del segmento ACA (ácigos ACA); ACoA duplicada tipo 10 [dibujo].

**Fuente.** Krzyżewski RM, Tomaszewski KA, Kochana M, Kopeć M, Klimek-Piotrowska W, Walocha JA. Springer Nature, 2014.

ACA (ACA bihemisférica); tipo 9, aplasia unilateral del segmento A2 ACA (ácigos ACA); tipo 10, AComA duplicado (7). En la figura 2 se observan las variantes anatómicas y su respectivo porcentaje de aparición.

### ASOCIACIÓN DE LAS VARIANTES CON LA FORMACIÓN Y RUPTURA DE ANEURISMAS

El sitio de aparición más frecuente de aneurismas intracraneales es la AComA (5,12,13). Estos representan aproximadamente una cuarta parte de todos los aneurismas intracraneales. En el contexto de los aneurismas de la AcomA, es

común el predominio unilateral del tronco de la ACA, donde un solo lado irriga ambas arterias pericallosas. Dicho fenómeno se ha identificado como factor de riesgo para la formación y ruptura de aneurismas de la AComA (5).

Varios estudios han descrito una asociación entre la hipoplasia del segmento A1 y la presencia de aneurismas saculares a lo largo del complejo de la AComA. En estos casos, el segmento A1 contralateral irriga todo el territorio de la ACA. Se cree que esta relación surge a partir del mayor estrés hemodinámico que ocurre debido al flujo aumentado a través de la ACA, lo que puede predisponer a la formación de aneurismas (11,14).

En una investigación en la que se definió hipoplasia del segmento A1 de la ACA como un diámetro menor al 50% del segmento A1 contralateral, se evidenció una asociación a favor de la formación de aneurismas en esta variante anatómica. Se estudiaron 204 pacientes con aneurismas de la AComA. De ellos, 148 sufrieron una ruptura aneurismática, mientras que 56 no. Del total de pacientes, 34 presentaban una hipoplasia de A1 (16.7%).

La hipoplasia del segmento A1 fue más común en pacientes que presentaron ruptura de aneurisma en comparación con aquellos que no (18.9% contra un 10.7%). También se encontró que los aneurismas de la AComA que ocurren en el contexto de hipoplasia del segmento A1 son más grandes y con mayores proporciones de cúpula a cuello en comparación con los aneurismas que ocurren en pacientes con segmentos A1 simétricos, lo que sugiere que los cambios hemodinámicos asociados con un segmento A1 hipoplásico pueden influir tanto en el tamaño como en la forma del aneurisma (11).

Otro estudio comparó 50 pacientes con diagnóstico de aneurisma de la AComA (grupo de estudio) con 100 pacientes sanos, y se observó una relación entre la morfología anormal del polígono y la formación de aneurismas. Los pacientes del grupo de estudio presentaron una incidencia significativamente mayor de segmento A1 hipoplásico de la ACA (24% frente a 7%) y segmento A1 aplásico de la ACA (12% frente a 3%), dando como total una frecuencia de hipoplasia o aplasia del segmento A1 del 36%. Se encontró una tendencia estadística con respecto a la aplasia/hipoplasia del segmento A2 como un predictor potencial de aneurisma de la AComA (6% frente a 1%) (12).

En un estudio retrospectivo para conocer si existen diferencias en las tasas de rotura en hipoplasia/aplasia A1 frente a A1 con morfología de vasos simétricos, se evidenció una asociación estadísticamente significativa a favor de la ruptura de aneurismas cuando existe una dominancia unilateral del segmento A1. Se incluyeron 209 pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico por aneurismas de la AComA en un periodo de 4 años. Se dividieron en dos grupos: pacientes que sufrieron ruptura del aneurisma y aquellos que no. Se determinó que la hipoplasia o la aplasia del segmento A1 fue mayor en los casos de ruptura en comparación con los que no la sufrieron (56.9% frente a 39.3%). (14)

Un estudio comparativo de 114 pacientes que fueron sometidos a manejo quirúrgico por ruptura aneurismática versus 56 sujetos de autopsia que fallecieron por causas no relacionadas a eventos hemorrágicos intracraneanos obtuvo resultados que destacan que la hipoplasia o aplasia del segmento A1 (y la asimetría resultante) afectan directamente la posibilidad de ruptura de aneurismas cerebrales (15). En esta investigación se clasificaron las variantes del polígono de Willis en cuatro tipos. El tipo A representa un polígono simétrico con variantes en la AComA; el tipo B es un polígono asimétrico con hipoplasia/aplasia del segmento A1 de la ACA; los tipos C y D hacen referencia a alteraciones de la circulación posterior. Se encontró que el grupo de pacientes sometidos a manejo quirúrgico presentaron un porcentaje mayor de polígonos asimétricos (64% frente a 26.8%). Además, el número de polígonos con hipoplasia/aplasia del segmento A1 de la ACA (tipo B) fue mayor en los sujetos intervenidos quirúrgicamente por aneurismas en comparación con los sujetos

de autopsia. No se documentó un aumento significativo en aquellas configuraciones con alteración de la circulación posterior (tipos C y D) (15).

La presencia de asimetría tipo B en el grupo de pacientes operados se observó en 50 pacientes (43.9%). De estos, 31 (62%) presentaban hipoplasia del lado derecho del segmento A1, y 19 (38%), hipoplasia del lado izquierdo A1. 36 (72%) aneurismas rotos que se asociaron con hipoplasia del segmento A1 se localizaron en la AComA. En general, la hipoplasia del segmento A1 fue más frecuente en aquellos pacientes intervenidos quirúrgicamente (15).

Los resultados demostraron un fuerte vínculo entre la configuración tipo B y la ruptura del aneurisma, así como su alta inestabilidad hemodinámica. Este hallazgo indica que las características morfológicas del tipo de hipoplasia o aplasia en el segmento anterior conducen a un aumento del flujo sanguíneo del lado opuesto y un aumento compensatorio del flujo a través de la AComA. El aumento de la presión intramural en las partes de unión del complejo de la AComA puede iniciar el proceso de remodelación del vaso sanguíneo que da como resultado la formación de un saco aneurismático y luego su ruptura (15).

## CONCLUSIONES

La revisión de la evidencia obtenida en los distintos estudios consultados demuestra que existe en una relación entre las variantes anatómicas del polígono de Willis y la formación y ruptura de aneurismas intracraneales.

La arteria comunicante anterior es el principal sitio de aparición de aneurismas, y el predominio unilateral del tronco de la ACA, la aplasia/hipoplasia del segmento A2, y la hipoplasia del segmento A1 son factores

de riesgo para su formación debido al aumento del flujo sanguíneo en el lado opuesto a la variante anatómica, lo cual conlleva un aumento de la presión intramural que favorece el desarrollo del aneurisma. La configuración tipo B del polígono de Willis se ha determinado como principal factor riesgo para la ruptura de los aneurismas intracraneales de la arteria comunicante anterior como consecuencia de la alteración hemodinámica que acarrea. Por lo cual, se puede concluir que existe una relación entre las variantes anatómicas del segmento anterior del polígono de Willis y la formación de aneurismas cerebrales.

## REFERENCIAS

1. Cui Y, Xu T, Chen J, Tian H, Cao H. Anatomic variations in the anterior circulation of the circle of Willis in cadaveric human brains. *Int J Clin Exp Med* [Internet]. 2015 [citado el 15 Feb 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4658873/>
2. Riveros A, Vega C, Negroni M, Villagrán F, Binvignat O, Olave E. Variations of the Cerebral Arterial Circle. Morphological and Clinical Analysis. *Int. J. Morphol* [Internet]. Jun 2022 [citado el 15 Feb 2023];40(3):632-639. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=S0717-95022022000300632&lng=es.http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000300632](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0717-95022022000300632&lng=es.http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000300632)
3. Plaza OA, Torres Matamba E, Tapia Vela M. Prevalence of anatomical variants of the Willis polygon in cadavers undergoing medico-legal necropsy. *Int J Med Surg Sci* [Internet]. 21 Mar 2022 [citado el 15 Feb 2023];9(1):1-9. Disponible en: <https://revistas.uautonoma.cl/index.php/ijms/article/view/1806>
4. Iqbal S. A Comprehensive Study of the Anatomical Variations of the Circle of Willis in Adult Human Brains. *JCDR* [Internet]. 2013 [citado el 16 Feb 2023]. Disponible en:

- [http://www.jcdr.net/article\\_fulltext.asp?issn=0973709x&year=2013&volume=7&issue=11&page=2423&issn=0973-709x&id=3563](http://www.jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973709x&year=2013&volume=7&issue=11&page=2423&issn=0973-709x&id=3563)
5. Tarulli E, Sneade M, Clarke A, Molyneux AJ, Fox AJ. Effects of Circle of Willis Anatomic Variations on Angiographic and Clinical Outcomes of Coiled Anterior Communicating Artery Aneurysms. *American Journal of Neuroradiology* [Internet]. 01 Ago 2014 [citado el 16 Feb 2023];35(8):1551-5.1. Disponible en: <https://www.ajnr.org/content/35/8/1551.long>
  6. Enyedi M, Scheau C, Baz RO, Didilescu AC. Circle of Willis: anatomical variations of configuration. A magnetic resonance angiography study. *Folia Morphol* [Internet]. 15 Dic 2021 [citado el 16 Feb 2023];VM/OJS/J/70244.1. Disponible en: [https://journals.viamedica.pl/folia\\_morphologica/article/view/70244](https://journals.viamedica.pl/folia_morphologica/article/view/70244)
  7. Krzyżewski RM, Tomaszewski KA, Kochana M, Kopeć M, Klimek-Piotrowska W, Walocha JA. Anatomical variations of the anterior communicating artery complex: gender relationship. *Surg Radiol Anat* [Internet]. Ene 2015 [citado el 16 Feb 2023];37(1):81-6. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00276-014-1313-7#citeas>
  8. Dumitrescu AM, Costea CF, Furnică C, Turliuc MD, Cucu AI, Bogdănici CM, Turliuc Ș, Dumitrescu GF, Sava A. Morphological aspects of the vasculogenesis and angiogenesis during prenatal edification of the circle of Willis: a review. *Rom J Morphol Embryol* [Internet]. 17 Mar 2021 [citado el 16 Feb 2023];62(3):679-87. Disponible en: <https://rjme.ro/RJME/resources/files/620321679687.pdf>
  9. Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J. A Functional Perspective on the Embryology and Anatomy of the Cerebral Blood Supply. *J Stroke* [Internet]. 2015 [citado el 17 Feb 2023];17(2):144. Disponible en: <https://www.j-stroke.org/journal/view.php?doi=10.5853/jos.2015.17.2.144>
  10. Shatri J, Cerkezi S, Ademi V, Reci V, Bexheti S. Anatomical variations and dimensions of arteries in the anterior part of the circle of Willis. *Folia Morphol* [Internet]. 28 May 2019 [citado el 17 Feb 2023];78(2):259-66. Disponible en: [https://journals.viamedica.pl/folia\\_morphologica/article/view/59847](https://journals.viamedica.pl/folia_morphologica/article/view/59847)
  11. Rinaldo L, McCutcheon BA, Murphy ME, Bydon M, Rabinstein AA, Lanzino G. Relationship of A1 segment hypoplasia to anterior communicating artery aneurysm morphology and risk factors for aneurysm formation. *Journal of Neurosurgery* [Internet]. 30 Sep 2017 [citado el 17 Feb 2023];127(1):89-95. Disponible en: <https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/127/1/article-p89.xml>
  12. Krzyżewski RM, Tomaszewska IM, Lorenc N, Kochana M, Goncerz 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* [Internet]. 2014 [citado el 17 Feb 2023]. Disponible en: [http://www.fmc.cm-uj.krakow.pl/pdf/54\\_1\\_13.pdf](http://www.fmc.cm-uj.krakow.pl/pdf/54_1_13.pdf)
  13. Feng W, Zhang L, Li W, Zhang G, He X, Wang G, et al. Relationship between the morphology of A-1 segment of anterior cerebral artery and anterior communicating artery aneurysms. *Afr H Sci* [Internet]. 11 Mar 2014 [citado el 17 Feb 2023];14(1):83. Disponible en: <https://doi.org/10.4314/ahs.v14i1.13>
  14. Park SC, Jung NY, Park ES, Kwon SC. Could A1 Aplasia or Hypoplasia Affect the Morphology and Rupture Risk of Anterior Communicating Artery Aneurysm?. *J Korean Neurosurg Soc* [Internet]. 01 Jul 2022 [citado el 17 Feb 2023];65(4):531-8. Disponible en: <https://doi.org/10.3340/jkns.2021.0283>
  15. Stojanović NN, Kostić A, Mitić R, Berilažić L, Radisavljević M. Association between Circle of Willis Configuration and Rupture of Cerebral Aneurysms. *Medicina* [Internet]. 03 Jul 2019 [citado el 17 Feb 2023];55(7):338. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/medicina55070338>