

# Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia)

Anatomical Variations of Arterial Cerebral Circle in an Amphitheater of a University in Bogotá, Colombia

Variantes anatômicas do círculo arterial cerebral em um anfiteatro universitário em Bogotá, Colômbia

Yobany Quijano Blanco, MD, MSc<sup>1,\*</sup>

Danilo García Orjuela, MD, MSc<sup>1,2</sup>

Recibido: 14 de enero de 2020 · Aceptado: 6 de abril de 2020

Doi: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9688>

Para citar este artículo: Quijano Blanco Y, García Orjuela D. Variantes anatómicas del círculo arterial cerebral en un anfiteatro universitario en Bogotá (Colombia). Rev Cienc Salud. 2020;18(3):1-12. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9688>

## Resumen

**Introducción:** el cerebro es un órgano altamente irrigado, y esta irrigación es suministrada por el círculo arterial cerebral: una red arterial anastomótica con frecuentes variaciones anatómicas, algunas asociadas con patologías. El objetivo es describir las características antropométricas y variaciones anatómicas del círculo arterial cerebral en una muestra de especímenes cadavéricos humanos. **Materiales y métodos:** se revisaron 50 encéfalos, de los cuales 24 cumplieron con los criterios de inclusión. Se realizaron medidas de diámetro y longitud y también se describieron variaciones anatómicas y variaciones morfométricas. **Resultados:** siete especímenes evidenciaron variaciones anatómicas (29.1%); 3 (12.5%), arteria cerebral anterior (ACA) ácidos; uno (4.1%), doble ACA en el segmento A1; uno (4.1%), triple ACA en el segmento A2 y doble arteria comunicante anterior (AComA); uno (4.1%), agenesia de la arteria comunicante posterior (AComP) derecha; uno (4.1%), de la AComP izquierda. El 29.1% presentó variaciones antropométricas; el 12.5%, hipoplasia de la AComP derecha; el 12.5%, de la AComP izquierda, y el 4.1%, hipoplasia bilateral de la AComP. **Conclusión:** la presencia de variaciones anatómicas fue inferior a la hallada en otros estudios, con predominio de variantes de la circulación anterior. Se describe la presencia de triple ACA en el segmento A2 y doble arteria comunicante anterior.

**Palabras clave:** círculo arterial cerebral; variante anatómica; circulación cerebrovascular.

1 Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Morfología Humana (Colombia).

\* Autor de correspondencia: [globdimorf@udca.edu.co](mailto:globdimorf@udca.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0902-8152>

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2926-4141>

## Abstract

**Introduction:** The brain is a highly irrigated organ; this irrigation is supplied by the cerebral arterial circle: an anastomotic arterial network with frequent anatomical variations, some of which are associated with pathologies. This study aimed to describe the anthropometric characteristics and anatomical variations of the cerebral arterial circle in a sample of human cadaveric specimens. **Materials and Methods:** A total of 50 brains were examined, 24 of which met the inclusion criteria. Diameter and length measurements were obtained, and anatomical and morphometric variations were described. **Results:** Seven specimens (29.1%) had anatomical variations: 3 (12.5%) had azygos anterior cerebral artery (ACA), 1 (4.1%) had double ACA in segment A1, 1 (4.1%) had triple ACA in segment A2 and double anterior communicating artery (AcomA), 1 (4.1%) had right posterior communicating artery (AComP) agenesis, and 1 (4.1%) had left AComP agenesis. Seven specimens (29.1%) had anthropometric variations: 3 (12.5%) had hypoplasia of right AComP and 3 (12.5%) of left AComP and 1 (4.1%) had bilateral hypoplasia of AComP. **Conclusion:** The presence of anatomical variations was lower than that reported in other studies, with a predominance of variations of the anterior circulation. The presence of triple ACA in segment A2 and double AcomA was described.

**Keywords:** Anatomical variant; cerebral arterial circle; cerebrovascular circulation.

## Resumo

**Introdução:** o cérebro é um órgão altamente irrigado; esta irrigação é fornecida pelo círculo arterial cerebral: uma rede arterial anastomótica com frequentes variações anatómicas, algumas associadas a patologias. O objetivo é escrever as características antropométricas e variações anatómicas do círculo arterial cerebral em uma amostra de espécimes cadavéricos humanos. **Materiais e métodos:** se revisaram 50 encéfalos dos quais 24 cumpriram os critérios de inclusão; realizaram-se medidas de diâmetro e longitude, descreveram-se variações anatómicas e variações morfométricas. **Resultados:** o 29,1% dos espécimes apresentaram variações anatómicas (n = 7), 3 (12,5%) apresentaram artéria cerebral anterior (ACA) ázigos, um (4,1%) apresentou dupla ACA no segmento A1, um (4,1%) apresentou triple ACA no segmento A2 e dupla artéria comunicante anterior (AcomA), um (4,1%) apresentou agenesia da artéria comunicante posterior (AComP) direita, um (4,1%) da AComP esquerda. 29,1% apresentaram variações antropométricas, três (12,5%) apresentaram hipoplasia de AComP direita, três (12,5%) da AComP esquerda e um (4,1%) hipoplasia bilateral da AComP. **Conclusão:** a presença de variações anatómicas foi inferior à reportada em outros estudos, com predomínio de variantes da circulação anterior, se descreve a presença de triple ACA no segmento A2 e dupla artéria comunicante anterior.

**Palavras-chave:** círculo arterial cerebral; variante anatómica; circulação cerebrovascular.

## Introducción

El cerebro es un órgano muy irrigado que recibe aproximadamente el 15% del gasto cardiaco y que utiliza aproximadamente el 25% del oxígeno que produce el cuerpo. Debido a sus altos requerimientos, es necesario un importante flujo sanguíneo, que es suministrado por una red arterial anastomosada denominada *círculo arterial*, llamada antes *polígono de Willis*, y conformada por ramas de las arterias carótida interna (circulación anterior) y basilar (circulación posterior) (1,2).

El círculo arterial está compuesto por dos arterias cerebrales anteriores (ACA) en su porción precomunicante, por la arteria comunicante anterior (AComA), por la porción cerebral

de las dos arterias carótidas internas (ACI), por las dos arterias comunicantes posteriores (AComP) y por la porción precomunicante de las arterias cerebrales posteriores (ACP) (3). Esta configuración se denomina clásica.

Anatómicamente, el círculo arterial se encuentra ubicado en la base del cráneo, en la región media de la bóveda craneal media, en la región selar. Las arterias cerebrales posteriores, procedentes de la arteria basilar, se encuentran anteriores al origen aparente del nervio oculomotor, punto en el que se anastomosan con las arterias comunicantes posteriores (1).

En la porción anterior del círculo arterial se encuentran las arterias carótidas internas, las cuales ingresan a la cavidad craneal a la altura del extremo anterior del seno cavernoso, medialmente a las apófisis clinoides anteriores (4). Se ubican laterales al quiasma óptico, y en ese punto dan origen a las arterias cerebrales anteriores y a las arterias cerebrales medias.

Las ACA se dirigen en dirección anterior y medial, pasan superiores a los nervios ópticos y, en la porción anterior al quiasma, se anastomosan a través de la AComA. Esta arteria va a ser el extremo anterior del círculo arterial, y después de dicha anastomosis las ACA continúan a través del surco interhemisférico. Dicha porción se denomina poscomunicante, la cual da ramas corticales, callosas y perforantes.

La ACA avanza en dirección lateral y cruza la sustancia perforada anterior, para introducirse en el surco lateral, a través del cual avanza sobre el lóbulo de la ínsula (4). Tradicionalmente, se ha descrito que la función de esta red anastomótica es la circulación colateral, en caso de que se interrumpa el flujo sanguíneo en alguna arteria; sin embargo, estudios recientes le atribuyen la importante función de limitar la presión sistólica máxima propagada, es decir, disipar energía (3).

Diversos estudios han mostrado variaciones anatómicas de dicha configuración tanto en material cadavérico como en imágenes diagnósticas, que han descrito la presencia de variantes anatómicas entre un 38% y un 60% (5-8). También se ha descrito la relación de dichas variantes con diversas patologías como aneurismas, rupturas aneurismáticas, infartos cerebrales por procedimientos endovasculares (9-11) o, incluso, el impacto en la capacidad de compensación en los ataques cerebrovasculares isquémicos (12). Por otra parte, la presencia de variantes anatómicas es importante en la realización de procedimientos como el test de Wada, entre otros procedimientos endovasculares (13,14).

La bibliografía nacional no cuenta con estudios que caractericen la aparición de estas variantes anatómicas en la población colombiana, por lo que se considera pertinente dicha caracterización, con el fin de utilizarla en escenarios clínicos de la práctica diaria de la neurología, la neurocirugía, la radiología intervencionista, entre otros.

## Materiales y métodos

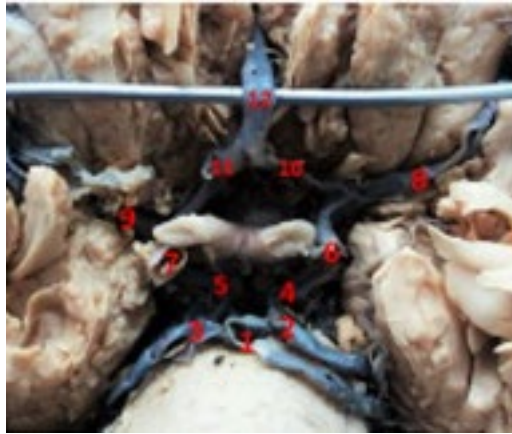
Se realizó un estudio descriptivo con un muestreo por conveniencia. Se revisaron 50 encéfalos de población colombiana adulta de género indeterminado, pertenecientes al anfiteatro de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, año 2018, donados por el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses con fines de docencia e investigación. Estos fueron extraídos de la bóveda craneal con técnica de necropsia y, posteriormente, fijados en solución de formaldehído al 5% durante 2 meses. Como criterios de elegibilidad era necesario que los encéfalos no presentaran patologías vasculares o cerebrales y que tuvieran intactas y preservadas las estructuras vasculares del círculo arterial. Fueron excluidos aquellos encéfalos que no cumplieran con las características descritas.

De los encéfalos revisados, 24 cumplieron con los criterios de inclusión. En estos se midieron diámetro y longitud de cada uno de los vasos que componen el círculo arterial. Las medidas se tomaron con un calibrador-pie de rey digital con precisión de 0.1 mm. También se describieron las variaciones anatómicas encontradas tanto en número como en origen y características. Con una cámara de un celular de 13.0 megapíxeles se fotografiaron los especímenes. Por último, se analizó y se registró la información obtenida en el programa Microsoft Excel® 2013 y se procesaron los datos estadísticos en el programa SPSS versión 21.

## Resultados

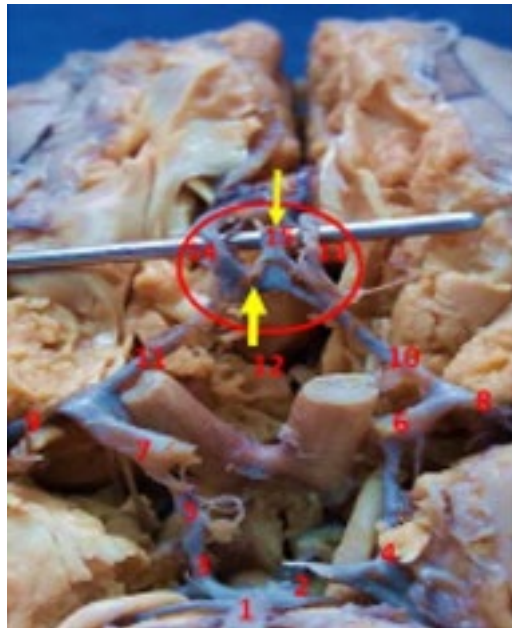
### Variaciones anatómicas

El 29.1% de los encéfalos evidenció variaciones anatómicas vasculares, lo que corresponde a siete encéfalos. Estos se distribuyeron de la siguiente manera: tres (12.5%) presentaron ACA ácidos (figura 1); uno (4.1%), doble ACA en el segmento A1; otro (4.1%), triple ACA en el segmento A2, por persistencia de la arteria callosa media (15) y doble arteria comunicante anterior (figura 2) y triple ACA segmento A2 derecho (figura 3); uno (4.1%), agenesia de la AComP derecha, y uno (4.1%), agenesia de la AComP izquierda.



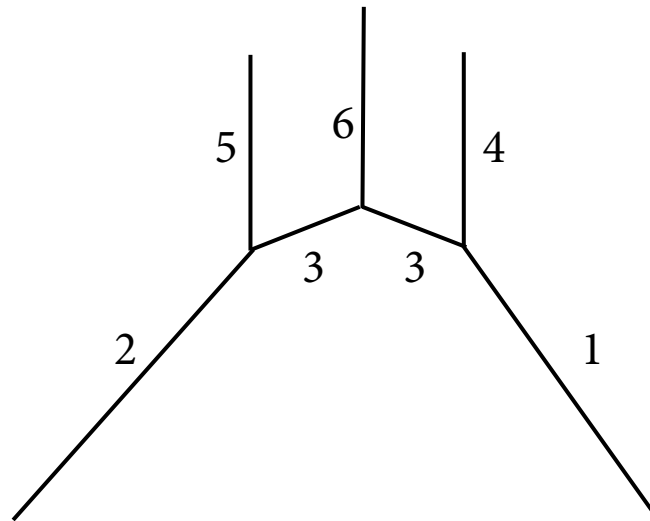
**Figura 1.** Arterias cerebrales anteriores ácidos

1) Arteria basilar; 2) arteria cerebral posterior izquierda; 3) arteria cerebral posterior derecha; 4) arteria comunicante posterior izquierda; 5) arteria comunicante posterior derecha; 6) arteria carótida interna izquierda; 7) arteria carótida interna derecha; 8) arteria cerebral media izquierda; 9) ACA segmento A1 izquierdo; 10) ACA segmento A1 derecho; 11) ACA ácidos.



**Figura 2.** Doble AcoA y triple segmento A2

1) arteria basilar; 2) arteria cerebral posterior izquierda; 3) arteria cerebral posterior derecha; 4) arteria comunicante posterior izquierda; 5) arteria comunicante posterior derecha; 6) arteria carótida interna izquierda; 7) arteria carótida interna derecha; 8) arteria cerebral media izquierda; 9) arteria cerebral media derecha; 10) ACA segmento A1 izquierdo; 11) ACA segmento A1 derecho; 12) doble arteria comunicante anterior; 13) ACA segmento A2 izquierdo; 14) triple ACA segmento A2 derecho.



**Figura 3.** Esquema doble AcoA y triple segmento A2

1) ACA segmento A1 izquierdo; 2) ACA segmento A1 derecho; 3) doble A comunicante anterior; 4) ACA segmento A2 izquierdo; 5) ACA segmento A2 derecho; 6) Triple ACA segmento A2 derecho.

## Variaciones antropométricas

En siete encéfalos hubo variación (29.1%): tres encéfalos mostraron hipoplasia de la AComP derecha (12.5%); tres encéfalos presentaron hipoplasia de la AComP izquierda (12.5%), y, por último, un encéfalo tuvo hipoplasia bilateral de la AComP (4.1%).

## Morfometría

### Arteria cerebral posterior

La ACP derecha tuvo un diámetro mínimo de 0.7 mm, y uno máximo de 2.8 mm, con una media de 1.89 mm, una moda de 1.02 mm y una mediana de 1.3 mm. La ACP izquierda también tuvo un diámetro mínimo de 0.7 mm, con un diámetro máximo de 2.5 mm, con una media de 1.90 mm, una moda de 1.0 mm y una mediana de 1.1 mm.

La longitud de la ACP derecha presentó un rango entre 4.5 y 11.2 mm, con una media de 6.41 mm, una moda de 5.1 mm y una mediana de 5.4 mm, y para la ACP izquierda se presentó un rango entre 4.8 y 11.6 mm con una media de 6.72 mm, una moda de 5.2 mm y una mediana de 5.7 mm.

La AComP derecha presentó un diámetro entre 0.6 y 2.4 mm, con una media de 1.59 mm, una moda de 0.8 mm y una mediana de 1.2 mm. La AComP izquierda tuvo un diámetro entre 0.6 y 2.5 mm, con un media de 1.62 mm, una moda de 0.9 mm y una mediana de 1.3 mm.

Con respecto a la longitud, al lado derecho se encontró un rango entre 6.6 y 13.8 mm, con una media de 10.02 mm, una moda de 1.1 mm y una mediana de 0.8 mm. Al lado izquierdo

la longitud mínima fue de 4.9 mm, y la máxima, de 13.5 mm, con una media de 9.97 mm, una moda de 6.3 mm y una mediana de 7.1 mm.

### *Arteria carótida interna*

La ACI tuvo al lado derecho un diámetro mínimo de 1.5 mm y un máximo de 3.5 mm, con una media de 2.66 mm, una moda de 1.9 mm y una mediana de 2.1 mm. El diámetro mínimo al lado izquierdo fue igual que al derecho de 1.5 mm, con un máximo de 3.3 mm y una media de 2.74 mm, una moda 1.8 mm y una mediana de 1.9 mm.

### *Arteria cerebral anterior (segmento A1)*

En el segmento A1 se evidenció un rango de diámetros de la ACA derecha entre 1.0 y 2.8 mm, con una media de 2.29 mm, una moda de 1.8 mm y una mediana de 1.9 mm; mientras que en la izquierda, el rango de diámetro fue entre 1.4 y 2.7 mm, con una media de 2.33 mm, una moda de 1.5 mm y una mediana de 1.6 mm.

La longitud de este segmento al lado derecho se encontró entre 8.7 y 14.9 mm, con una media de 11.79 mm, una moda de 8.9 mm y una mediana de 9.0 mm. En el lado izquierdo, las longitudes medidas se encontraron entre 8.3 mm y 14.3 mm, con una media de 11.20 mm, una moda de 8.7 mm y una mediana de 8.8 mm.

### *Arteria cerebral anterior (segmento A2)*

La media del diámetro de la ACA en el segmento A2 fue, a la derecha, de 1.98 mm y, a la izquierda, de 2.21 mm, para los vasos existentes, ya que se encontraron algunas variantes como arteria ácigos. La longitud de este segmento es simétrica, por lo que la media encontrada es igual tanto para los vasos derechos como para los izquierdos, igual a 69.63 mm.

### *Arteria comunicante anterior*

La AComA presentó una media en su diámetro de 1.75 mm, una moda de 1.8 mm y una mediana de 1.9 mm, y una longitud con una media de 3.13 mm, una moda de 1.7 mm y una mediana de 1.9 mm. Estos datos excluyen 3 encéfalos que no presentaban esta estructura vascular, debido a la presencia de ACA ácigos.

## Discusión

En el presente estudio se encontraron variaciones anatómicas en el 29.1% de los círculos arteriales cerebrales revisados, con un 70.9% de círculos arteriales de configuración clásica. Esta cifra es inferior a lo encontrado en diversos estudios: Reynoso et al. describieron variaciones en el 38.7% en una muestra de imágenes diagnósticas de 240 encéfalos (16), Hernández-Luna et al. mostraron, en 602 resonancias magnéticas, un 42% de personas con

variaciones anatómicas (n = 253) (7); mientras que Martínez et al., en una revisión amplia de la bibliografía, mostraron la presencia de variaciones de entre el 38 % y el 80 % (5).

Las variaciones anatómicas más encontradas en este trabajo corresponden a la circulación anterior (n = 5); mientras que solo dos corresponden a la circulación posterior. Esto difiere de lo hallado por otros autores, quienes reportan predominio de variaciones anatómicas del segmento posterior del círculo arterial (2,7).

El hallazgo de la asociación de triple ACA anterior en su segmento A2, por persistencia de la arteria callosa media, y doble AComA no se encuentra en la literatura, por lo que reviste importancia en el presente trabajo.

Llama la atención la distribución de las variantes anatómicas, que en el presente estudio es más frecuente la ACA ácidos; mientras que esta se clasifica como poco frecuente en otros estudios (16). Este hallazgo adquiere importancia, ya que esta variación se ha asociado con alta presencia de aneurismas (17-20). Otros estudios reportan como variante anatómica más frecuente de la circulación anterior la presencia de ACA supernumerarias (21), hallazgo que en la serie detallada se registró en un único caso.

Con respecto al análisis biométrico, los diámetros de la ACP se encuentran dentro de lo descrito por Forero Porras, quien reportó diámetros derechos entre 0.74 y 3.62 mm e izquierdos entre 1.47 y 3.22 mm, y longitudes derechas entre 3.18 y 9.06 derechas, e izquierdas entre 3.68 y 10.4 mm (22).

Los diámetros de la AComP encontrados en este trabajo, de 0.6 a 2.5 mm, son similares a los reportados por Forero Porras de 0.46 a 2.52 mm (22). Las longitudes de los vasos indicadas por este autor tuvieron diferencias marcadas respecto a las del presente trabajo, al igual que una variabilidad significativa, con valor mínimo de 7.26 y uno máximo de 21.16 mm (22).

En este trabajo, la ACI presentó promedios de 2.66 y 2.74 mm para los lados derecho e izquierdo, respectivamente, menores que los informados por Mandiola et al., quienes encontraron un diámetro derecho de 3.84 mm y un diámetro izquierdo de 3.96 mm (23). Y también inferiores a los documentados por Karatas et al. para quienes el diámetro promedio derecho es de 3.55 mm y el izquierdo es de 3.45 mm (2).

La AComA presentó un diámetro promedio de 1.75 mm, lo que se relaciona con lo reportado por Mandiola et al., quienes encontraron un diámetro promedio de 1.68 mm (21); sin embargo, es inferior al de Forero Porras, quien halló un diámetro promedio de 1.96 mm (22).

En su porción precomunicante, el diámetro promedio derecho de la ACA fue de 2.29 mm y al lado izquierdo fue de 2.33 mm. Estos se relacionan con lo reportado por Mandiola et al., quienes documentaron un diámetro promedio derecho de 2.37 y uno izquierdo de 2.42 mm, lo cual se configura como una diferencia bilateral de 0.9 mm con el presente trabajo (21,23). Forero Porras documentó un diámetro promedio derecho de 2.21 mm y uno izquierdo de 2.26 mm, lo que muestra una diferencia de 0.8 mm al lado derecho y de 0.7 mm al lado izquierdo (22). Llama la atención la diferencia significativa encontrada con Karatas et al.: un diámetro



derecho promedio de 1.87 mm y uno izquierdo de 1.96 mm, marcadamente inferiores con respecto a los demás estudios (2).

La longitud promedio del segmento precomunicante de la ACA fue de 11.79 mm al lado derecho y de 11.20 mm al lado izquierdo, valores inferiores a los reportados por otros autores con diferencias mayores en todos los casos a 1 mm (2,21-23).

El segmento poscomunicante de la ACA evidenció un diámetro promedio derecho de 1.98 mm, y uno izquierdo, de 2.21 mm, significativamente inferiores a los de Forero Porras, quien encontró un diámetro derecho de 2.54 mm y uno izquierdo de 2.43 mm (22) (tabla 1).

**Tabla 1.** Comparación de estudios acerca de la morfometría de las arterias del círculo arterial cerebral

Estudio	País	Tamaño de la muestra	ACP		ACoP		ACI		ACA A1		ACA A2		ACoA
			Ø derecho (mm)	Ø izquierdo (mm)	Ø derecho (mm)	Ø izquierdo (mm)	Ø derecho (mm)	Ø izquierdo (mm)	Ø derecho (mm)	Ø izquierdo (mm)	Ø derecho (mm)	Ø izquierdo (mm)	Ø (mm)
Karatas et al. (2)	Turquía	100					3.55	3.45	1.87	1.96			
Mandiola et al. (23)	Chile	36					3.84	3.96	2.37	2.42			
Forero Porras (22)	Colombia	35	2.15	2.16	1.2	1.11			2.21	2.26	2.54	2.43	1.96
Mandiola et al. (21)	Chile	36							2.39	2.46			1.68
Estudio actual	Colombia	24	1.89	1.9	1.59	1.62	2.66	2.74	2.29	2.33	1.98	2.21	1.75

En cuanto a las variaciones antropométricas, se encontró hipoplasia de la AComP unilateral en 6 casos: 3 izquierdas y 3 derechas, lo que representa un hallazgo del 25 %, y en un caso, bilateral (4.1 %), y según la clasificación de Lazorthes et al., las variaciones encontradas corresponden a variaciones tipo 4: hipoplasia unilateral de ACoP, y tipo 6: hipoplasia bilateral de ACoP (24).

Estos hallazgos se corresponden con los de Forero Porras, quien documentó mayor frecuencia en la presentación unilateral, en un rango entre el 20 % y el 26 %, y bilateral, del 6 % (22). Difiere de Karatas et al., quienes encontraron hipoplasia en el 60 % de los encéfalos adultos (2). Boleaga-Durán et al. reportaron un 40.2 % de hipoplasias en estas estructuras vasculares en una muestra de 412 resonancias magnéticas con un discreto predominio en el lado izquierdo; 12.3 % (n = 51) vs. 11.8 % al lado derecho (6), lo cual evidenció una distribución similar a la de este estudio. Por otra parte, difiere los hallazgos de De Silva et al., para

quienes hubo un mayor número de variaciones antropométricas tipo 6 (23 %) con respecto a variaciones tipo 4 (11.5 %) (13).

La agenesia de la AComP se presentó tanto en un caso para el lado derecho como en un caso para el lado izquierdo. Esto representa agenesia de cada una de estas arterias en un 4.1 %, similar a lo encontrado por Forero Porras, con un 6.5 % de agenesia de la AComP izquierda y un 4.5 % de la AComP derecha (22).

El número de variaciones anatómicas halladas en el presente estudio es del 29.1 %, inferior a lo documentado en la literatura sobre el tema. Hubo predominancia de las variaciones de la circulación anterior. La más frecuente es la fusión de las ACA, que forman la arteria ácidos, hallazgo importante ya que se ha relacionado con la aparición de aneurismas y, con menor frecuencia, es reportado en estudios internacionales.

Se informa la aparición de triple ACA, por persistencia de la arteria callosa media asociada a doble ACoA. Este hallazgo no fue encontrado en la literatura revisada. Las medidas antropométricas de las arterias cerebrales se asocian con lo reportado en la literatura: el promedio de diámetro de la ACA A1 está dentro de lo documentado, la ACP y la ACA A2 evidenciaron promedios discretamente inferiores a los encontrados en la literatura, las AComP tuvieron promedios discretamente superiores y la mayor diferencia encontrada fue en la ACI, la cual presenta promedios de diámetros inferiores a los mostrados por otros autores, con diferencias mayores a 0.7 mm.

La hipoplasia de las AComP fue la variación antropométrica más hallada. Se presentó en el 25 % de los encéfalos, el 12.5 % derechas y el 12.5 % izquierdas. Esto, sumado a la presencia de un caso (4.1 %) de hipoplasia bilateral y al hallazgo de agenesia de las AComP en dos casos, una agenesia derecha y una agenesia izquierda, refuerza los datos reportados en la literatura de variaciones en estas arterias.

## Contribución de los autores

**Y**obany Quijano Blanco: diseño del estudio, recolección y análisis de datos, revisión final.  
Danilo García Orjuela: redacción, análisis de datos revisión y aprobación final.

## Financiación

**E**ste proyecto fue financiado por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA, Colombia).

## Conflicto de intereses

Ninguno declarado.

## Referencias

1. Standring S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2015.
2. Karatas A, Yilmaz H, Coban G, Koker M, Uz A. The anatomy of circulus arteriosus cerebri (circle of willis): a study in Turkish population. *Turk Neurosurg.* 2016;26(1):54-61.
3. Burlakoti A, Kumaratilake J, Taylor J, Massy-Westropp N, Henneberg M. The cerebral basal arterial network: Morphometry of inflow and outflow components. *J Anat.* 2017;230(6):833-41.
4. Rouvière H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. 11.<sup>a</sup> ed. Vol. 4. Barcelona: Masson; 2005.
5. Martínez F, Spagnuolo E, Calvo-Rubal A, Laza S, Sgarbi N, Soria-Vargas VR, et al. Variants of the anterior circle of Willis: Anatomic and angiografic correlation and its implications in the surgery of intracranial aneurysms (Acigos anterior cerebral artery, median artery of the corpus callosum and accesory middle cerebral artery). *Neurocirugia.* 2004;15(6):578-88.
6. Boleaga-Durán B, Ameller-Terrazas S, Criales-Cortés JL. Variantes anatómicas del círculo arterial de la base craneal. *An Radiol Mex.* 2004;3(4):239-44.
7. Hernández-Luna L, Casares CK, Rendón-Macías, Licea-Medina, Castillo-Lima. Evaluación con angiorresonancia magnética nuclear de las variantes anatómicas del círculo arterial cerebral. *An Radiol Mex.* 2015;256-61.
8. Mayrelis D, Mayedo P, Mayda D, Durán E, Olga D. Patrón común y variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro. *Rev Arch Med Camagüey.* 2017;21(6):764-74.
9. Sonobe A, Kato H, Mathis BJ, Hiramatsu Y. Catastrophic cerebral infarction during extracorporeal life support due to a rare anomaly in the circle of Willis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(5):816-817. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz169>
10. Stojanovi NN, Kostić A, Mitić R, Berilažić L, Radisavljević M. Association between circle of Willis configuration and rupture of cerebral aneurysms. *Medicina (B Aires).* 2019;55(7):338. <https://doi.org/10.3390/medicina55070338>
11. Polak J, Ciuk S, Kucybała I, Giliavas J, Gajdosz A, Urbanik A. Cerebral aneurysms: Are they associated with anatomic variations of carotid and main cerebral arteries? *World Neurosurg.* 2019;124:e604-8. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.12.161>
12. Dharmasaroja PA, Uransilp N, Piyabhan P. Fetal origin of posterior cerebral artery related to poor collaterals in patients with acute ischemic stroke. *J Clin Neurosci.* 2019. 68:158-61. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.07.006>

13. De Silva R, Duncan R, Patterson J, Gillham R, Hadley D. Regional cerebral perfusion and amygdala distribution during the Wada test. *J Nucl Med.* 1999;40(5):747-52.
14. Riina HA. Neuroendovascular surgery. *J Neurosurg.* 2019;131(6):1690-701.
15. González X, Landó F. Angiotomografía cerebral: variantes anatómicas más frecuentes del polígono de Willis. *Ensayo iconografico. Rev Imagenol.* 2014;2:93-7.
16. Reynoso E, Meli F, Rubino P, Leconte A, Pérez Rovira M, Salas E. Variaciones del círculo arterial cerebral: valoración anatómicoquirúrgica e imagenológica por ARM. Estudio de incidencia poblacional e implicancia en la ocurrencia de la patología vascular. *Rev Argent Anat.* 2014;5(3):92-8.
17. Baldawa S, Katikar D, Marda S. Giant saccular distal azygos artery aneurysm: report of a case and review of literature. *Asian J Neurosurg.* 2016;11(2):175.
18. Calvo Rubal A, Martínez F, Telis O. Arteria ácigos cerebral anterior, reporte de 2 casos y revisión de literatura. *Rev Argent Anat Clín.* 2013;5(2):73-9.
19. Auguste K, Ware M, Lawton M. Nonsaccular aneurysms of the azygos anterior cerebral artery. *Neurosurg Focus.* 2004;17:E12. <https://doi.org/10.3171/foc.2004.17.5.12>
20. Dietrich W, Reinprecht A, Gruber A. De novo formation and rupture of an azygos pericallosal artery aneurysm. *J Neurosurg.* 2000;93:1062-4.
21. Mandiola E, Alarcón E, del Sol M, Olave E, Montero C, Sanhueza P, et al. Análisis biométrico de las arterias comunicante anterior y cerebral anterior en el segmento precomunicante del círculo arterial cerebral. *Int J Morphol.* 2005;23(2):171-6.
22. Forero Porras PL. Variaciones del círculo arterial cerebral (Willis) y de las arterias cerebrales: un estudio anatómico directo [tesis Especialidad Patología]. Santander: Escuela de Medicina, Universidad Industrial de Santander; 2006.
23. Mandiola E, Alarcón E, Oñate JC, Sanhueza P, Del Sol M, Olave E. Aspectos biométricos de las arterias cerebral anterior en el segmento proximal (A1) y carótida interna. *Int J Morphol.* 2007;25(4):915-8.
24. Lazorthes G, Gouaze A, Santini JJ, Salamon G. Arterial circle of the brain (circulus-arteriosus-cerebri) 10.1007. *Anat Clin.* 1979;1:241-57.