

Patrón común y variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro

Common pattern and anatomical variants of the anterior portion of the arterial circle of the brain

Dra. Mayrelis Pacheco Mayedo; Dra. Mayda Estrella Durán Matos; Dra. Olga Lidia Cuba Yordi; Dra. Luisa Serrano González; Dra. Yanil Rosales Almeida; Dr. Johnny Loret de Mola Nicolau.

Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey, Cuba.

RESUMEN

Fundamento: el encéfalo es un órgano que requiere un aporte ininterrumpido de sangre, garantizado por el círculo arterial del cerebro.

Objetivo: describir el patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro.

Métodos: se realizó un estudio descriptivo transversal en el departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey desde diciembre de 2014 hasta mayo de 2016. El universo estuvo constituido por 50 encéfalos, que fueron lavados con agua común, y fijados en una solución de formalina al 10 %, luego se les realizó la disección macroscópica. Las variables estudiadas fueron: origen, número, trayecto y diámetro externo. Los datos se procesaron mediante el paquete estadístico SPSS para Windows versión 21.0, y se aplicó la estadística descriptiva. Los resultados se presentaron en tablas e imágenes.

Resultados: el origen del segmento precomunicante de la arteria cerebral anterior desde la arteria carótida interna, hacia adelante y adentro hasta la fisura interhemisférica, para unirse el de ambos lados por delante del nervio óptico a través de la arteria comunicante anterior, con variación en el trayecto y en el diámetro externo, sin variantes numéricas. La arteria comunicante anterior con variaciones en el trayecto, número y diámetro externo.

Conclusiones: el patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro se presentaron en igual proporción. La variante anatómica más observada fue la duplicación de la arteria comunicante anterior.

DeCS: ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR; CÍRCULO ARTERIAL CEREBRAL; VARIACIÓN ANATÓMICA; DISECCIÓN; EPIDEMIOLOGÍA DESCRIPTIVA.

ABSTRACT

Background: the brain is an organ that requires an uninterrupted supply of blood that is guaranteed by the circle of Willis.

Objective: to describe the common pattern and anatomical variants of the anterior portion of the circle of Willis.

Methods: a cross-sectional descriptive study was conducted in the department of Morphological Sciences at the University of Medical Sciences in Camagüey from December 2014 until May 2016. The universe was composed of 50 brains, which were washed with common water, and fixed in a 10 % formalin solution. Then a macroscopic dissection was performed. The variables studied were: origin, number, path and external diameter. Data were processed using the SPSS statistical package for Windows version 21.0, and descriptive statistics were applied. The results were presented in tables and images.

Results: the origin of the precommunicating segment of the anterior cerebral artery from the internal carotid artery, forward and inward to the interhemispheric fissure, and join at the one on both sides in front of the optic nerve through the anterior communicating artery, with variation in the path and in the external diameter, without numerical variants: the anterior communicating artery with variations in the path, number and external diameter.

Conclusions: the common pattern and anatomical variants of the anterior portion of the arterial circle of the brain were presented in equal proportion. The most observed anatomical variant was the duplication of the anterior communicating artery.

DeCS: ANTERIOR CEREBRAL ARTERY; CIRCLE OF WILLI; ANATOMIC VARIATION; DISSECTION; EPIDEMIOLOGY, DESCRIPTIVE.

INTRODUCCIÓN

El círculo arterial del cerebro (CAC) representa un mecanismo capaz de garantizar de forma continua el aporte de sangre oxigenada al encéfalo, órgano que exhibe gran especialización de sus células y alta vulnerabilidad a la falta de oxígeno.¹

Aunque el estudio de la vascularización del encéfalo se inició desde tiempos remotos, Arráez-Aybar LA, et al,² en una investigación realizada constataron que la descripción del CAC fue en el año 1644 en Londres por Thomas Willis, mé-

dico de cámara de Jaime II, de ahí que también se le llamó Polígono de Willis, a pesar de reconocer que no fue el primer anatomista en representarlo. En su formación participan la parte precomunicante (segmento A1) de las arterias cerebrales anteriores (ACA) unidas por la arteria comunicante anterior (ACoA) y las arterias comunicantes posteriores (ACoP), ambas ramas de la arteria carótida interna (ACI) y además la parte precomunicante (segmento A1) de las arterias cerebrales anteriores (ACA)

unidas por la arteria comunicante anterior (ACoA) y las arterias comunicantes posteriores (ACoP), ambas ramas de la arteria carótida interna (ACI) y además la parte precomunicante (segmento P1) de las arterias cerebrales posteriores (ACP) originadas a partir de la arteria basilar.^{1,3}

La ACA se dirige, desde la cara anteromedial de la ACI, lateral al quiasma óptico y por debajo de la sustancia perforada anterior, hacia adelante y adentro hasta la fisura longitudinal del cerebro o interhemisférica, pasa por encima del nervio óptico y se une delante de éste por medio de una anastomosis transversal de uno a 3 mm de longitud: la ACoA.^{1,3} Las ACAs, originadas a partir de la ACI y unidas a través de la ACoA constituyen la porción anterior del CAC y las ACP, originadas a partir de la arteria basilar, junto a las ACoP forman su porción posterior. Desde el punto de vista anatómico, la ACI y la arteria basilar son los pilares vasculares que originan al CAC, pero no forman parte de esta estructura poligonal.³ Ambas porciones se denominan completas cuando todos los vasos que las forman están presentes.⁴

Aunque de forma habitual se describe este círculo, no es infrecuente encontrar variantes anatómicas del patrón referido. Los estudios post-mortem describen que entre el 50-80 % de la población puede presentar arterias hipoplásicas, dobles o triples, atrésicas, estenosadas, fenestradas, tortuosas o ausentes.⁵

Como consecuencia, en los pacientes que presentan variantes anatómicas del CAC se reduce la circulación colateral y se incrementa el riesgo de infarto cerebral y de ataque transitorio de isquemia.³ En las personas que poseen un completo CAC se describe una mejor evolución en caso de sufrir una enfermedad cere-

brovascular y en cambio las que presentan variantes anatómicas evolucionan con un peor pronóstico.⁶

Además, algunas variantes son consideradas factores de riesgo para desarrollar aneurismas cerebrales, que de manera muy frecuente (30-37 %) aparecen en la ACoA. Éstos son los más complejos y difíciles en su manejo de la circulación anterior debido a la angioarquitectura, dinámica de flujo de la región y la presencia de variantes anatómicas frecuentes que en ocasiones son poco conocidas.⁷

Las arterias que forman parte del CAC han sido estudiadas de manera intensa por separado por numerosos científicos, tales como Ferré JC, et al,⁸ Kedia S, et al,⁹ y Pino Mederos Y,¹⁰ pero son escasas las investigaciones que han profundizado en el Polígono de Willis como una formación única. Los estudios proceden de países euroasiáticos y en los latinoamericanos son muy escasos. Por esta razón no está claro si las variantes del CAC presentan una frecuencia similar en diferentes poblaciones étnicas o raciales.

A partir de lo expuesto con anterioridad se declara como objetivo describir el patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro en piezas anatómicas.

MÉTODOS

Se realizó una investigación descriptiva transversal en el departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey con el objetivo de describir el patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del CAC en piezas anatómicas desde diciembre de 2014 hasta mayo de 2016.

El universo de estudio estuvo constituido por 50 encéfalos de fallecidos a los que se les realizó la necropsia en el Departamento de Medicina Legal del Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico Amalia Simoni. Como criterios de exclusión se consideraron los fallecidos cuya causa de muerte fueron cerebrovascular y las piezas que estaban dañadas por el método de extracción.

El procesamiento de los encéfalos se realizó en el local de conservación del departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Las piezas anatómicas fueron lavadas con agua común y luego se sumergieron en solución de formalina al 10 % por un período de tres meses. A continuación se realizó la disección macroscópica de los especímenes para describir el patrón común y cada variante que se presentó en los segmentos A1 de ambas ACA y en la ACoA. Se utilizó como material una bandeja de disección, un pie de rey científico para realizar las mediciones en milímetros y una lupa binocular BL2 N720084; 1,25x, de fabricación soviética para la observación precisa así como una cámara digital Sony de 12,2 megapíxeles de resolución, para tomar las fotografías. Se confeccionó un modelo de recolección de datos de cada pieza con esquema representativo y luego los datos fueron plasmados en tablas para su procesamiento estadístico.

Según los criterios de los científicos consultados se describió como patrón común de la porción anterior del CAC que cumplieron con los requisitos siguientes: el segmento A1 de ambas ACAs y la ACoA presentes y en forma única, con su origen y trayecto típico y el diámetro externo mayor o igual a 1 mm.^{1, 11}

La medición del diámetro externo de la ACA se

ejecutó a 1 mm de su origen y para la ACoA se tomó como referencia el punto medio de la longitud de la arteria. Los resultados se expresaron en milímetros para su procesamiento ulterior.

Se describieron las posibles variantes anatómicas de la porción anterior del CAC según las variables cualitativas: origen y trayecto, las variables cuantitativas: número y diámetro externo.

Para la variable origen se valoró el habitual al constatar el descrito por la literatura clásica y no habitual al ser diferente al descrito por los autores clásicos. Según la variable número se determinó ausente si no se visualiza la arteria, única al existir solo un vaso arterial, doble cuando dos arterias distintas presentan origen separado y sin convergencia distal,¹² triplicada cuando se aprecian tres arterias distintas con origen separado y sin convergencia distal.

Según el trayecto se valoró el habitual al constatar el recorrido descrito en la literatura clásica y no habitual si el recorrido es diferente. El diámetro externo se consideró normal cuando en el origen arterial es mayor o igual a 1 mm e hipoplasia si es menor que 1 mm.

En el caso de la ACoA se tuvo en cuenta además la forma de presentación según criterio establecido por varios investigadores y modificados según criterio de la autora:

- Duplicada en forma paralela: dos vasos que se encuentran paralelos entre sí, pueden ser hipoplásicos ambos, uno de ellos o ninguno.
- Duplicada en forma paralela y anastomosada: dos vasos se encuentran paralelos entre sí y conectados mediante un pequeño vaso anastomótico.¹³
- Duplicada en forma de Y: dos vasos que convergen en un tronco común.
- Duplicada en forma de V: dos vasos que con-

vergen en uno de sus extremos.

- Fenestrada: el vaso se bifurca o divide en su trayecto, con posterior fusión.¹²

La información se procesó en forma computarizada, para lo cual se creó una base de datos, donde se realizó el análisis estadístico mediante el paquete estadístico SPSS para Windows versión 21.0 y se halló la estadística descriptiva: las pruebas estadísticas que se realizaron fueron los cálculos de frecuencia y porcentaje. Los resultados se presentaron en tablas y figuras para su mejor análisis y comprensión.

Como parte de la ética de investigación las piezas anatómicas fueron obtenidas mediante un convenio realizado entre los departamentos de Medicina Legal del Hospital Amalia Simoni y el de Ciencias Morfológicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Ciencias Médicas Carlos J. Finlay.

RESULTADOS

Se analizaron 50 encéfalos para determinar la frecuencia de aparición del patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del CAC de acuerdo con el criterio de los clásicos. El patrón común se presentó en 25 especímenes, lo que representó el 50 % y las variantes anatómicas se encontraron en igual proporción.

En las 50 piezas anatómicas estudiadas el origen de la ACA se encontró según lo descrito por los clásicos. En igual número de casos se presentó en forma única, no se observaron variaciones numéricas ni otras variantes poco frecuentes como la fenestración.

En 49 especímenes, el trayecto no sufrió variaciones con respecto a lo habitual y en solo un

encéfalo, la ACA izquierda describió en su trayecto una curva de concavidad medial dirigida al extremo posterior del giro recto y por debajo del mismo se anastomosó con la ACA derecha a través de la ACoA (figura 1).

Según el diámetro externo, un espécimen presentó el segmento A1 de la ACA derecha hipoplásico, lo que representó el 2 % de los casos. Desde la cara dorsal de la ACoA en ocasiones se origina una arteria denominada arteria media del cuerpo caloso (AMCC), conocida también como arteria cerebral anterior mediana, arteria superior del cuerpo caloso o tercera A2 pues en las personas que la presentan, existe un tercer segmento A2 de las ACA.¹⁴ Esta arteria se encontró en dos encéfalos, que representaron el 4 % de las piezas disecadas, en los que mostró un diámetro menor que las otras dos ACA.

Las variantes anatómicas de la ACoA se observaron en el 42 % de los casos, tal como ilustra. En el 94% de los encéfalos estudiados la ACoA se visualizó y en todos los casos en forma de puente transversal por delante del quiasma óptico según su origen habitual, mientras que en el 6 % restante ambas arterias ACA se fusionaron por delante del quiasma óptico en un tronco corto y bifurcación posterior con salida de los segmentos A2, por lo que se le consideró ausente (tabla 1).

En cuanto al trayecto, solo se modificó en un espécimen, lo que representó el 2 % del total, como consecuencia de la variación de trayecto de la ACA izquierda en un encéfalo.

El 16 % de los especímenes analizados exhibió arterias duplicadas, cuyas formas de presentación se muestran (figura 2 y tabla 2).



Figura 1. Variante de trayecto de la ACA izquierda

Tabla 1. Frecuencia de aparición de las variantes anatómicas de la ACoA

	Total	
	No	%
Ausente	3	6
Duplicada	8	16
Triplicada	1	2
Fenestrada	5	10
Hipoplásica única	4	8
Total	21	42

Fuente: modelos de recolección de datos de piezas anatómicas



Figura 2. ACoA doble y anastomosada izquierda

Tabla 2. Formas de presentación de ACoA duplicadas

	Total	
	No	%
Paralelas		
De diámetro externo > 1 mm	1	6,25
Una hipoplásica	1	6,25
Dos hipoplásicas	1	6,25
Paralelas y anastomosadas	-	-
Una hipoplásica	-	-
Dos hipoplásicas	1	6,25
Duplicada en Y	1	6,25
Duplicada en V	3	18,75

Fuente: modelos de recolección de datos de piezas anatómicas

La ACoA en forma de Y mostró el tronco pre-bifurcación de un milímetro de diámetro, y sus dos ramas resultaron hipoplásicas. Esta variante se acompañó de una duplicación de la ACA izquierda en su sitio de unión con la ACoA. En la presentación en forma de V, el ápice se dirigió a la derecha en los tres especímenes y ambas ramas resultaron hipoplásicas en dos de ellos. En cambio, el tercero presentó solo una de sus ramas hipoplásica.

En general, los ramos duplicados se manifestaron hipoplásicos en el 75 % de los encéfalos. La triplicación de la ACoA se observó en una pieza anatómica, lo que representó el 2 % del total, las tres arterias se encontraron hipoplásicas y en forma paralela.

DISCUSIÓN

La frecuencia de aparición de las variantes anatómicas del presente estudio se corresponde con las reportadas a nivel internacional. Martínez F, et al, ¹⁵ en su reporte aborda que existe una gran variabilidad de este sector, donde se localizan hasta el 80 % de los aneurismas intracraneales.

Raghavendra K, et al, ¹⁶ y Hernández Luna, et al, ¹⁷ encontraron variaciones anatómicas en la porción anterior del CAC en el 14 % y 12 % de los especímenes de manera individual. Estos valores se corresponden con los de la literatura universal, aunque determinaron menor frecuencia de variantes que las reflejadas por la investigación. En cambio un estudio imagenológico realizado a 250 pacientes comprobó el patrón común de esta porción en el 47,20 % de los casos, resultado similar al del presente análisis. ¹⁸

Existen referencias aisladas de variaciones en

el trayecto de las ACA en su segmento precomunicante: Hannequin P, et al, ¹⁹ reportaron un caso de curso interóptico de las ACA con un único segmento precomunicante izquierdo del cual se originó la arteria oftálmica ipsilateral, asociado a ausencia del segmento A1 derecho. También Okano N, et al, ²⁰ reseñaron en un estudio imagenológico un caso de anastomosis carótida-ACA izquierda, en la que esta arteria presentó un curso infraóptico y prequiasmático, variante muy infrecuente. Hasta el 2015, en el lado izquierdo solo han sido reportados siete casos, ya que es predominante en el lado derecho. En la mayoría de los pacientes en que se detecta, se presentan síntomas de aneurisma cerebral o se realiza el diagnóstico en forma accidental en una cirugía por ruptura de un aneurisma intracraneal. ²⁰ Ninguna de estas variaciones fue observada en el estudio.

Rhoton AL,¹³ plantea que el segmento A1 de la ACA es el sitio favorito del CAC para presentar hipoplasia, y en el 85 % de los casos se asocia a aneurismas de la ACoA, Waaijer A y Velthuis BK así como de Rooij NK citados por Siddiqi, et al, ⁴ en su estudio, refieren que una diferencia de más de un tercio del diámetro entre las arterias homónimas de cada lado equivale a una reducción mayor del 50 % del área a irrigar, debido a la disminución significativa del flujo sanguíneo que acarrea esta situación.

Qiu C, et al, ²¹ mediante la realización de estudios imagenológicos a 2 246 pacientes encontraron el 2,49 % de los segmentos A1 izquierdos hipoplásicos, y el 6,68 % de los derechos, mientras Krzyżewski R, et al, ²² determinaron la hipoplasia del segmento precomunicante de la ACA en el 7,3 % de los 422 casos investigados, y Papantchev V, et al, ²³ por medio de 250 disecciones anatómicas y 250 angio-TAC la halla-

hallaron en el 6 % de los especímenes. Estos reportes ofrecen como resultado baja frecuencia de aparición de hipoplasia, de manera análoga a los de la casuística actual. Se demuestra que la hipoplasia de este segmento no es habitual.

La AMCC fue observada en el 8,3 % de una serie de 96 encéfalos, y en uno de ellos se asoció a aneurisma de la ACoA.¹⁵ Dicha investigación ofrece una frecuencia mayor que la reportada por la actual casuística. La presencia de esta arteria no tiene significado especial, no obstante, se ha demostrado su asociación con la formación de aneurismas.

En estos casos el origen de la arteria puede quedar oculto por el fondo del aneurisma y no visualizarse en los estudios imagenológicos contrastados, por lo que la arteria puede ser presillada durante la cirugía de forma accidental, y generar isquemia del territorio que irriga, con graves consecuencias funcionales para el paciente.¹⁵

La ausencia de la ACoA se describe como una variante infrecuente que se presenta solo en el 0,2 % de los casos.²⁴ En otros reportes su incidencia es elevada, tal es el caso de un estudio comparativo entre variantes reveladas por angio-TAC multicorte y angiografía tridimensional rotacional, donde se detectó en el 17 % y 15 % de los pacientes, cifras superiores a la reflejada por la investigadora.⁸ Este espectro tan amplio se debe al difícil diagnóstico en el ser vivo, pues debido a su pequeño tamaño puede no observarse, lo cual no significa que no exista.

Esta arteria se presenta en forma única en el 60 % de los casos, duplicada en el 30 % y triplicada en el 10 % restante.¹³ Si se encuentra duplicada y se origina un aneurisma, la lesión puede aparecer en cualquiera de los dos vasos.¹¹

En el estudio la variante más frecuente de la

porción anterior del círculo fue la existencia de arterias duplicadas, aunque su frecuencia de aparición fue inferior a la referida por Rhoton AL,¹³ en relación quizás con el número de especímenes estudiados.

La fenestración es otra de las variantes de la ACoA que con frecuencia se asocia con aneurismas,²⁵ Klimek-Piotrowska W, et al,¹⁸ en Polonia mediante angio-TAC solo la detectaron en el 0,48 % de los casos, frecuencia muy bajos con respecto a los hallazgos reportados por la actual casuística.

Ferré J, et al,⁸ en un estudio realizado en Francia a 103 pacientes, encontraron dentro de las variantes de la ACoA la ausencia del vaso en el 17 %, cifra superior al 6 % referido por la autora. La hipoplasia y la multiplicidad se presentaron en el 11 %, mientras que en la muestra actual se constataron en el 8 % y 18 %.

La fenestración fue observada en el 2 %, incidencia inferior al 10 % en que se halló en los especímenes en estudio y la triplicación de la ACA se constató en el 12 % en contraposición al 2 % de la actual investigación. Estos resultados muestran el predominio de la ausencia de la arteria sobre otras variantes, y baja frecuencia de hallazgos de fenestración. De igual manera, predominó la duplicación en sus diferentes formas de aparición y la fenestración fue encontrada en una proporción superior al presente estudio.

Pino Mederos Y,¹⁰ al estudiar la norma anatómica del sistema de la ACA en el hombre adulto, no reportó ausencia de la ACoA, solo reflejó la duplicación en el 2 % de las piezas disecadas, e igual porcentaje con fenestración de este segmento, resultados que muestran valores muy bajos con respecto a lo observado en los especímenes analizados, por lo que no concuerdan

con los datos ofrecidos por la autora.

CONCLUSIONES

El patrón común y las variantes anatómicas de la porción anterior del círculo arterial del cerebro se presentaron en igual proporción. La variante anatómica que predominó fue la duplicación de la arteria comunicante anterior. El empleo de técnicas quirúrgicas e imagenológicas modernas, precisa de especialistas con conocimientos actualizados sobre las posibles variantes anatómicas del CAC, por lo que determinar su presencia se afianza como un factor primordial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lippert H. Anatomía. 4^{ta} ed. Madrid: España; 2000.
2. Arráziz Aybar LA, Navia Alvarez P, Fuentes-Redondo T, Bueno-López JL. Thomas Willis, a pioneer in translational research in anatomy (on the 350th anniversary of Cerebri anatome). *J Anat* [Internet]. 2015 [citado 2016 May 29];226(3):[about 12 p.]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/joa.12273/asset/joa12273.pdf?v=1&t=itq5lj48&s=a528aca83e843a912b3ce5ce1c22b0c3fb1e3fde>
3. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Humana. 2a ed. México: Editorial Médica panamericana; 1990.
4. Siddiqi H, Tahir M, Lone K. Variations in cerebral arterial circle of Willis in adult Pakistani population. *J Coll Physicians Surg Pak* [Internet]. 2013 [citado 2016 May 9];23(9): [about 5 p.]. Available from: <http://applications.emro.who.int/imemrf/>

[J Coll Physicians Surg Pak/](#)

[J Coll Physicians Surg Pak 2013 23 9 615 619.pdf](#)

5. Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy. 4^{ta} ed. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins; 1999.
6. 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. *Medicine* [Internet]. 2016 [citado 2017 Feb 21]; [about 7 p.]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4998866/pdf/medi-95-e02892.pdf>
7. 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 2016 May 9];81(4)[aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/662/66228318003/>
8. Ferré J, Niederberger E, Morandi X, Raoult H, Carsin Nicol B, Gauthier J. Anatomical variations of the anterior cerebral arterial circle visualized by multidetector computed tomography angiography: Comparison with 3D rotational angiography. *J neuroradiol* [Internet]. 2013 [citado 2014 Feb 19]; [about 9 p.]. Available from: http://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?mod=ule=viewing_poster&task=viewsection&pi=105916&ti=336123&searchkey
9. Kedia S, Daisy S, Mukherjee K, Salunke P, Srinivasa R, Narain M. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral artery in Indian cadavers *Neurology India* [Internet]. 2013 [citado 9 May 2016]; 61(2):[aprox. 4 p.].

Available from: <http://www.neurologyindia.com/article.asp?issn=00283886;year=2013;volume=61;issue=2;spage=117;epage=121;aulast=Kedia>

10. Pino Mederos Y. La norma anatómica del sistema de la Arteria Cerebral Anterior en el hombre adulto [tesis]. Camagüey: Universidad de Ciencias Médicas; 2006.

11. Yasargil MG. Microneurosurgery. New York: Thieme Stratton; 1984.

12. Madrid Muñoz C, Arias Ortega M, Cortes Vela JJ, García Nieto JC, Valentín Martín AB, González-Spinola SG, et al. Estudio de las variantes del Polígono de Willis [Internet]. España: Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM); 2014 [citado 9 May 2016]. Disponible en: [http://pdf.posterng.netkey.at/download/index.php?](http://pdf.posterng.netkey.at/download/index.php?module=get_pdf_by_id&poster_id=123827)

[module=get_pdf_by_id&poster_id=123827](http://pdf.posterng.netkey.at/download/index.php?module=get_pdf_by_id&poster_id=123827)

13. Rhoton AL. The supratentorial arteries. Neurosurgery. 2002;51(1):82-05.

14. González X; Landó F. Angiotomografía Cerebral: variantes anatómicas más frecuentes del Polígono de Willis. Ensayo Iconográfico [Internet]. Uruguay: IX Congreso Uruguayo de Radiología; 2014 [citado 9 May 2016]. Disponible en: http://webcir.org/revistavirtual/articulos/noviembre14/uruguay/poligono_de_willis_esp.pdf

15. Martínez F, Espagnuolo E, Calvo Rubal A, Laza S, Sgarbi N, Soria Vargas VR, et al. Variaciones del sector anterior del Polígono de Willis. Correlación anatómico-angiográfica y su implicancia en la cirugía de aneurismas intracraneales. Neurocirugía [Internet]. 2016 [citado 26 May 2016];15:[aprox. 10 p.]. Disponible en: <http://www.revistaneurocirugia.com/es/variacionesdelsectoranterior/articulo/S1130147304704492/>

16. Raghavendra K, Shirol VS, Dixit D, Reddy AK, Desai SP. Circle of Willis and its variations; morphometric study in adult human cadavers. Int J Med Res Health Sci [Internet]. 2014 [citado 2016 May 26];3(2):[about 6 p.]. Available from: <http://ijmrhs.com/vi32/32%20Raghavendra%20etal.pdf>

17. Hernández Luna J, Casares Cruz K, Rendón Macías R, Licea Medina D, Castillo Lima J. Evaluación con angiografía magnética nuclear de las variantes anatómicas del círculo arterial cerebral. An Radiol Mex [Internet]. 2015 [citado 9 May 2016];14(3):[aprox. 6 p.]. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=24&sid=bd518b17-e153-4cf0-b57d-3473535aa667%40sessionmgr4007&hid=4114>

18. Klimek Piotrowska W, Kopeć M, Kochana M, Krzyżewski R, Tomaszewski K, Walocha J, et al. Configurations of the circle of Willis: a computed tomography angiography based study on a Polish population. Folia Morphol [Internet]. 2013 [citado 2016 May 9];72(4):[about 3 p.]. Available from: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/viewFile/FM.2013.0049/26223.pdf

19. Hannequin P, Peltier J, Destrieux C, Velut S, Havet E, Le Gars D. The inter-optic course of a unique precommunicating anterior cerebral artery with aberrant origin of an ophthalmic artery: an anatomic case report. Surg Radiol Anat [Internet]. 2013 [citado 2016 May 26];35(3):[about 2 p.]. Available from: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=7bd7e6b6-e00b-499e-9040-953bfc464d95%40sessionmgr4009&hid=4114>

20. Okano N, Uchino A, Saito N, Maruyama H. Left carotid-anterior cerebral artery

anastomosis diagnosed by MR angiography: a case report. *Surgradiolanat* [Internet]. 2015 [citado 2016 May 19];37:[about 2 p.]. Available from:

http://download.springer.com/static/pdf/898/art%253A10.1007%252Fs00276-01413587.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%252Fs0027601413587&token2=exp=1475243249~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F898%2Fart%25253A10.1007%25252Fs0027601413587.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs0027601413587*~hmac=0b9941fa9145b097bc919e42b747d075284f8ac0b2b8cf7be2b9d0df95388d86

21. Qiu C, Zhang Y, Xue C, Jiang S, Zhang W. MRA study on variation of the circle of Willis in healthy Chinese male adults. *Biomed Res Int* [Internet]. 2015 [citado 2016 May 27]:[about 3 p.]. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/976340/>.

22. Krzyżewski R, Tomaszewski K, Kochana M, Kopeć M, Klimek-Piotrowska W, Walocha J. Anatomical variations of the anterior communicating artery complex: gender relationship. *Surg Radiol Anat* [Internet]. 2015 [citado 2016 May 9];37:[about 5 p.]. Available from: http://fmc.czasopisma.pan.pl/images/data/fmc/wydania/No_1_2014/Krzyewski.pdf

23. Papantchev V, Stoinova V, Aleksandrov A, Todorova Papantcheva D, Hristov S, Ovtsharoff W, et al. The role of Willis circle variations during unilateral selective cerebral perfusion: a study of 500 circles. *Eur J Cardiothorac*

Surg [Internet]. 2013 [citado 2016 May 26];44(4):[about 10 p.]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/235885471>

[The role of Willis circle](https://www.researchgate.net/publication/235885471)
24. Huang J, Germanwala AV, Tamargo RJ. Anterior Communicating Artery Aneurysms. En: Winn HR, editor. *Youmans Neurological Surgery*. 6th ed [Internet]. Madrid: Elsevier Saunders; 2011 [citado 2016 Jun 2]. Available from: <https://www.clinicalkey.es/#!/content/book/3-s2.0-B9781416053163003713>

25. Choi JH, Jo K, Kim KH, Jeon P, Yeon JY, Kim JS, et al. Morphological risk factors for the rupture of anterior communicating artery aneurysms: the significance of fenestration. *Neuroradiology* [Internet]. 2016 [citado 2016 Jun 2];58(2):[about 5 p.]. Available from: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=bd518b17-e153-4cf0-b57d-3473535aa667%40sessionmgr4007&hid=4114>

Recibido: 9 de junio del 2017

Aprobado: 5 de octubre del 2017

Dra. Mayrelis Pacheco Mayedo Especialista en I Grado en MGI y Anatomía Humana. Profesor Instructor. Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey, Cuba. Email: mayrelispm@iscmc.cmw.sld.cu