

**VARIACIONES DEL CÍRCULO ARTERIAL CEREBRAL (WILLIS) Y DE LAS
ARTERIAS CEREBRALES. UN ESTUDIO ANATOMICO DIRECTO**

PEDRO LUIS FORERO PORRAS M.D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA
2006**

**VARIACIONES DEL CÍRCULO ARTERIAL CEREBRAL (WILLIS) Y DE LAS
ARTERIAS CEREBRALES. UN ESTUDIO ANATOMICO DIRECTO**

PEDRO LUIS FORERO PORRAS M.D.

Tesis para optar al título de Especialista en Patología

DIRECTOR: Dr. JAIME OTONIEL AYALA PIMENTEL M.Sc.

CODIRECTOR: Dr. LUIS ERNESTO BALLESTEROS ACUÑA M.Sc.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA

2006

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento, por su colaboración y apoyo:

- Doctor Saúl Martínez, Director Regional Nor Oriente del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
- Doctor Segundo Herreño, Jefe de Unidad Básica del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
- Doctores Luís Fernando Marín; Domingo Enrique Pérez; Jesús Jácome, Médicos Peritos del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
- Doctor Gerardo Muñoz, profesor titular de Ciencias Básicas, Facultad de Salud, UIS, por su colaboración en el análisis de los datos estadísticos.
- Doctor Luís Miguel Ramírez, Profesor Cátedra del Departamento de Morfología de la UIS.
- Doctor Julio César Mantilla, médico patólogo y profesor de Patología de la UIS, por su colaboración en la estandarización de la técnica de perfusión con resina.
- Doctor Jaime Otoniel Ayala, profesor del Departamento de Morfología y Ciencias Básicas de la UIS en el esfuerzo final para la terminación del proyecto.

Dedico este trabajo a mis hijas Gabriela y Juliana por su tiempo y especialmente al Doctor Luís Ernesto Ballesteros Acuña por su dedicación y compromiso.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1 CONTEXTO TEORICO	16
1.1 SISTEMA CAROTIDEO	17
1.1.1 ARTERIA COROIDEA ANTERIOR	18
1.1.2 ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR (ACoP).	18
1.1.3 ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR (A.C.A.).	20
1.1.3.1 Arteria comunicante anterior (ACoA)	23
1.1.4 ARTERIA RECURRENTE DE HEUBNER	25
1.1.5 ARTERIA CEREBRAL MEDIA (A.C.M.).	26
1.2 SISTEMA VERTEBROBASILAR	28
1.2.1 ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR (ACP).	29
1.3 CIRCULO ARTERIAL CEREBRAL (DE WILLIS)	31
2 OBJETIVOS	35
2.1 OBJETIVO GENERAL	35
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
3 METODOLOGÍA	36
4 RESULTADOS	43
4.1. SISTEMA CAROTIDEO	43

4.1.1.	ARTERIA COROIDEA ANTERIOR (ACorA)	43
4.1.2.	ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR (ACoP).	43
4.1.3.	ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR (A.C.A.).	45
4.1.3.1	Arteria comunicante anterior (ACoA)	49
4.1.4.	ARTERIA CEREBRAL MEDIA (ACM)	51
4.2.	SISTEMA VERTEBROBASILAR	54
4.2.1.	ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR (ACP)	54
4.3.	CASOS DE VARIACIONES SIGNIFICATIVAS	56
5	DISCUSIÓN	62
6	CONCLUSIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	74
	ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Incisión cervical y exposición de tejidos blandos.	38
Figura 2	Canalización de los vasos carotídeos y vertebrales.	39
Figura 3	Reclinamiento de colgajos parieto frontal y parieto occipital.	40
Figura 4	Liberación de clavaría y visualización de encéfalo.	40
Figura 5	Bloque encéfalo profundido superficie basal.	41
Figura 6	Círculo Arterial Cerebral	42
Figura 7	Segmento posterior del polígono de Willis.	44
Figura 8	Arterias comunicantes posteriores hipoplásicas bilaterales.	45
Figura 9	Arteria comunicante anterior.	47
Figura 10	Arteria recurrente de Heubner.	47
Figura 11	Arteria cerebral anterior.	49
Figura 12	Arteria comunicante anterior.	50
Figura 13	Arteria comunicante anterior ascendente derecha.	51
Figura 14	Arteria cerebral media división.	53
Figura 15	Arteria frontal ascendente y arteria Orbitofrontal lateral.	54
Figura 16	Variación de las ramas colaterales de la ACA	57
Figura 17	Variación en el origen y trayectoria del A1 calloso	58
Figura 18	Variación de la arteria pericallosa	59
Figura 19	Bifurcación de la arteria cerebral media	60
Figura 20	Variación en el origen de la arteria central y media y del lobulillo paracentral	61

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la arteria coroidea anterior.	43
Tabla 2. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la arteria Comunicante posterior.	44
Tabla 3. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre y longitud de la Arteria Cerebral anterior segmento A1.	46
Tabla 4. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la arteria Cerebral anterior, segmento A2.	46
Tabla 5. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A3.	48
Tabla 6. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A4.	48
Tabla 7. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A5.	49
Tabla 8. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del Diámetro y longitud de la Arteria Comunicante anterior. H: Horizontal OD: Oblicua derecha OI: Oblicua Izquierda.	51
Tabla 9. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del Diámetro y longitud del tronco principal de la Arteria Cerebral media.	52
Tabla 10. Patrones de terminación de la Arteria Cerebral media.	52
Tabla 11. Ramas terminales de la Arteria Cerebral media y su distribución por los respectivos segmentos.	53
Tabla 12. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del Diámetro y longitud de la Arteria Cerebral posterior.	54

Tabla 13. Distribución por número de los segmentos de origen de las Arterias coroideas posteriores mediales de acuerdo al hemisferio donde se encuentran.	55
Tabla 14. Distribución por número de arterias talamogeniculadas de acuerdo al hemisferio donde se encuentran.	55
Tabla 15. Frecuencia de origen de la arteria recurrente de Heubner.	69

RESUMEN

TITULO: VARIACIONES DEL CÍRCULO DE WILLIS Y DE LAS ARTERIAS CEREBRALES. UN ESTUDIO ANATOMICO DIRECTO

AUTOR: FORERO PORRAS, Pedro Luis.

PALABRAS CLAVES: Circulo Arterial del cerebro, Arterias Cerebrales, Variaciones Anatómicas, Arteria Cerebral Media, Arteria Cerebral Anterior, Arteria Cerebral Posterior.

El modelo vascular del círculo arterial cerebral y de las arterias cerebrales se describe, con un patrón usual de expresión, con variaciones relacionadas con su origen, longitud, diámetros y territorios irrigados; que modifican el flujo sanguíneo cerebral con evidentes implicaciones clínicas.

En Colombia no se han realizado estudios sobre este tema, por lo cual, los conceptos académicos se basan en trabajos sobre poblaciones étnicamente diferentes a la nuestra.

En este estudio se evaluaron 35 encéfalos de individuos masculinos con edades entre los 16 y 65 años procedentes de la ciudad de Bucaramanga. Las arterias cerebrales se perfundieron con resina semisintética y se midieron con un calibrador electrónico sus longitudes y diámetros. Además se registraron sus expresiones morfológicas.

La arteria comunicante posterior presenta una longitud promedio de 12.09 m.m y un diámetro de 1.2 destacándose el alto porcentaje de hipoplasias unilaterales y bilaterales (10.6% y 27.3 %). La arteria comunicante anterior es única (88.6%) y de trayectoria horizontal (60%); La arteria callosomarginal, emergiendo de A3 originó en la mayoría de los casos las arterias frontales y finalizo como arteria del lobulillo paracentral; este giro recibió irrigación directamente del segmento A4 en el 39.1%. A5 irriga el giro precuneal en el 38.6% siendo suplida por la parietooccipital en el resto de casos La cerebral media se expreso como tronco único en el 27.9%; igualmente fue bifurcada en el 63.2% y trifurcada en el 8.8%. El diámetro del tronco principal fue 2.92 mm; su rama terminal se desprendió de la división inferior en el 69.5%.

De la cerebral posterior se origina las ramas temporales inferiores anteriores y medias en 28.6%. De P3 se desprenden las arterias temporales inferiores posteriores en 14.1% y la arteria pericallosa posterior en 90.2%.

La presentación de hipoplasias y la marcada variabilidad de la arteria cerebral anterior, motiva la realización de estudios en otras regiones de Colombia.

SUMMARY

TITLE: VARIATIONS OF THE CIRCLE OF WILLIS AND THE CEREBRAL ARTERIES.
A DIRECT STUDY ANATOMICO

AUTHOR: FORERO PORRAS, Pedro Luis.

KEY WORDS: Circulate Arterial of the cerebral brain, Arteries, Anatomical Variations, Average Cerebral Artery, Previous Cerebral Artery, Later Cerebral Artery.

The vascular model of the cerebral arterial circle and the cerebral arteries is described, with a usual pattern of expression, variations related to its irrigated origin, length, diameters and territories; that they modify the cerebral sanguineous flow with evident clinical implications.

In Colombia studies have not been made on this subject, thus, the academic concepts are based on works on populations ethnically different from ours.

In this study 35 encéfalos of masculine individuals with ages between the 16 and 65 years coming from the city of Bucaramanga were evaluated.

The cerebral arteries were perfundieron with synthetic resin and their lengths and diameters were moderate with an electronic calipers. In addition their morphologic expressions were registered.

The later comunicante artery presents/displays a length average de12.09 m.m and a diameter of 1,2 standing out the high unilateral and bilateral percentage of hipoplasias (10,6% and 27,3 %). previous the comunicante artery is unique (88.6%) and of horizontal trajectory (60%); The callosomarginal artery, emerging from A3 originated in most of the cases the frontal arteries and I finalize like artery of lobulillo paracentral; this turn received irrigation of the A4 segment directly in the 39.1%.. A5 I irrigate girus precuneal in the 38,6% being replaced by the parietooccipital in and rest of cases the cerebral express average like unique trunk in the 27.9%; also it was branched off in the 63,2% and trifurcada in the 8.8%. The diameter of the main trunk was 2,92 mm; its terminal branch was come off the inferior division in the 69.5%. Of cerebral the later one one originates the previous and average inferior branches temporary in 28.6%. P3 the later inferior temporary arteries in 14.1% and the later pericallosa artery in 90.2% are come off.

The presentation of hipoplasias and the noticeable variability of previous the cerebral artery, motivate the accomplishment of studies in other regions of Colombia.

INTRODUCCION

¿Los patrones del círculo arterioso, de las arterias cerebrales y sus variaciones son similares en la población mestiza colombiana al reportado por la literatura en otros grupos poblacionales?

La carencia de estudios realizados en Colombia en relación a los patrones de circulación cerebral, específicamente en lo concerniente al origen, organización, diámetros, territorios de irrigación e incluso la agenesis o multiplicidad de algunas de sus estructuras, acarrea serias dificultades cuando se va a utilizar información adecuada que soporte los procesos de enseñanza y aprendizaje de la morfología del encéfalo. Los textos clásicos de consulta de origen nacional, aunque de alto valor, no satisfacen plenamente el conocimiento exigido y detallado, en relación a la vascularización del encéfalo y la distribución con exactitud de las ramas de las arterias de los sistemas carotídeo y vertebrobasilar, ya que están basados en estudios realizados fuera de nuestro contexto poblacional. Esto hace que los docentes del área se vean obligados a extrapolar la información obtenida de textos clásicos y de reportes de estudios de población foránea, con constitución étnica muy diferente a la mestiza predominante en el país, con el riesgo o posibilidad de señalar rasgos o características de la circulación cerebral que no correspondan a la población colombiana.

Además de las implicaciones académicas señaladas, es importante manifestar que, dado el incremento significativo y progresivo de las enfermedades cerebrovasculares como causa de morbilidad y mortalidad en Colombia,^{1 2} se hace necesario enfrentar y resolver el problema desde sus múltiples perspectivas, siendo una de ellas el mejor conocimiento de la estructura arterial cerebral en nuestra población, la cual tiene un alto grado de mezcla étnica.

Tal como lo muestran varios estudios, en muchos individuos existe un sustrato anatómico (variabilidad en la presentación, calibre, y agenesia de algunos componentes del círculo arterioso del cerebro) que se relaciona con el desencadenamiento de la enfermedad cerebrovascular o incluso con la muerte súbita. Se ha demostrado que las ausencias o hipoplasias que afectan al polígono cerebral, provocan un desequilibrio circulatorio anormal sobre el mismo, que es importante reconocer en circunstancias patológicas que afecten el flujo sanguíneo cerebral (vasoespasmos).³

Aunque en la literatura clínica especializada, se ha llamado la atención sobre las variaciones de las arterias que componen los sistemas de irrigación del encéfalo y se refieren a las complicaciones quirúrgicas que se generan al encontrarse los cirujanos con arterias no descritas en los textos comunes de anatomía. En nuestro

¹ OPS. Boletín epidemiológico. Glosario de indicadores y datos. Volumen 21, N.4. www.col.ops-oms.org.co.

² BAUTISTA L. Tendencias de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Santander, 1982 – 1996. CIE – UIS. Observatorio de enfermedades cardiovasculares. 2000. p 47.

³ COLLINS, R.C. Neurology. First Edition. W.B.Saunders Company, Pennsylvania, USA. 1997

medio no se ha profundizado en estudios, que lleven al conocimiento anatómico preciso y necesario que permita un adecuado diagnóstico imagenológico y por ende proporcione la fundamentación básica para el éxito en intervenciones neuroquirúrgicas, que aborden las distintas estructuras encefálicas.

Las actividades de la neurología y neurocirugía en el estudio anatómico y evaluación de las estructuras vasculares del encéfalo, se han orientado específicamente hacia los pacientes con signos positivos de padecer alteraciones de sus circuitos arteriales. En razón de los altos costos y a los relativos riesgos de los procedimientos invasivos, es poco viable que estas tecnologías sean utilizadas en estudios poblacionales que reemplacen a los estudios anatómicos directos en especímenes cadavéricos.

Este estudio pretende por tanto, mejorar el conocimiento sobre la irrigación cerebral en la población mestiza de Colombia; servir de referencia para otras investigaciones similares, lo cual redundaría en el propósito de lograr un conocimiento global o generalizado de la expresión de los vasos arteriales del cerebro en mestizos colombianos. Igualmente, será un aporte para una mejor fundamentación de las estrategias o estudios que de manera integral se orienten en la resolución del problema de las enfermedades cerebrovasculares.

1. CONTEXTO TEÓRICO

El sistema nervioso recibe de la sangre el oxígeno y la glucosa que le permiten suplir los requerimientos energéticos necesarios para su actividad eléctrica y metabólica. Se calcula que cerca del 15% del gasto cardiaco alcanza el encéfalo y consume cerca del 20% del oxígeno inspirado. Se estima que el flujo sanguíneo a través del encéfalo humano es de 800 ml/min o cerca de 50 ml/100 grs. de tejido cerebral por minuto.⁴ La principal fuente de aporte sanguíneo al encéfalo procede de dos sistemas arteriales que reciben sangre de distintas arterias sistémicas: La circulación anterior, alimentada por las arterias carótidas internas y la circulación posterior, que recibe sangre de las arterias vertebrales.^{4 5 6 7 8 9 10 11 12 13}

⁴ WAXMAN, S.G. Correlative Neuroanatomy. 23 ed. Appleton & Lange. Stanford, Connecticut. 1996.

⁵ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Anatomía con orientación clínica. Cuarta edición. Editorial médica Panamericana Madrid. 2002.

⁶ SNELL, R.S. Neuroanatomía clínica. Quinta edición. Panamericana. Buenos Aires. 2003.

⁷ SNELL, R.S. Anatomía clínica. Sexta edición. Mc Graw -Hill Inc. México. 2002. p 740 –741.

⁸ WILLIAMS, P.L.; WARWICK, R. Anatomía. Trigésima sexta edición. Churchilln livingstone. Madrid. 1992.

⁹ BUSTAMANTE, J. Neuroanatomía funcional. Segunda Edición. Editorial Celsus. Medellín. 1994.

¹⁰ CARPENTER M.B. Neuroanatomía fundamentos. Cuarta edición. Editorial médica Panamericana. Buenos Aires. 1994.

¹¹ DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. The human brain. First edition. Harper Collins Publishers Inc. U.S.A. 1996.

¹² BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Neuroanatomía funcional. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana. Mexico. 1999.

¹³ MARTÍN J.H. Neuroanatomy. Primera Edicion. Appleton & Lange. Stanford, Connecticut. 1996.

1.1. SISTEMA CAROTIDEO

La arteria carótida común se deriva del tronco braquiocefálico en el lado derecho y el arco aórtico en el lado izquierdo. En el borde superior del cartílago tiroideo (en el ángulo de la mandíbula) se bifurca en interna y externa.^{14, 15, 16}

En la arteria carótida interna (A.C.I.) se pueden identificar los segmentos cervical, intrapetoso, cavernoso y supraclinoideo o cerebral. El segmento cervical no da ramas. El intrapetoso penetra por el foramen carotídeo y su trayecto intraóseo termina al perforar la duramadre del seno cavernoso convirtiéndose en segmento intracavernoso. El segmento intracavernoso penetra al espacio subaracnoideo donde se inicia el segmento supraclinoideo; en su transición se origina la arteria oftálmica, que es la primera rama intracraneal de la A.C.I.^{7,8,9} El segmento supraclinoideo da lugar a las arterias comunicante posterior (ACoP) y coroidea anterior y se bifurca formando las arterias cerebral media y cerebral anterior. Estas arterias junto con la cerebral posterior, derivada del sistema vertebro basilar, irrigan la mayor parte de los hemisferios cerebrales.^{17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26}

¹⁴ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Op. Cit.

¹⁵ SNELL, R.S., Op. Cit., p 740 –741.

¹⁶ WILLIAMS, P.L.; Warwick, R. Gray. Op. Cit.

¹⁷ WAXMAN, S.G. Op. Cit.

¹⁸ SNELL S. Op. Cit.

¹⁹ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Op. Cit.

²⁰ SNELL, R.S. Op. Cit., p 740 –741.

²¹ WILLIAMS, P.L.; Warwick, R. Op. Cit.

²² BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

²³ CARPENTER M.B. Op. Cit.

1.1.1 ARTERIA COROIDEA ANTERIOR

Nace de la carótida interna, aproximadamente 2.4mm distal al origen de la ACoP y 4.7 mm proximal a la bifurcación de la carótida. Cursa medial al uncus, se sitúa debajo del tracto óptico hacia el núcleo geniculado lateral, alcanza el cuerno inferior del ventrículo lateral y termina en el plexo coroideo. Da origen a ramas perforantes basales que penetran la sustancia perforada anterior (SPA) e irrigan parte del hipotálamo, núcleos basales y cápsula interna. Además da ramas a la radiación óptica, a los uncus, al hipocampo y al núcleo geniculado lateral.^{27, 28, 29}

1.1.2 ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR (ACoP)

Se origina del segmento supraclinoideo de la carótida interna, aunque puede ser rama de la arteria cerebral media. Provee ramas perforantes que irrigan parte del hipotálamo anterior, tuber cinereum, pedúnculo cerebral y los cuerpos mamilares; luego de un curso posterior se une a la arteria cerebral posterior. Es clínicamente importante porque comunica el sistema carotídeo con el vertebrobasilar.^{30, 31, 32, 33, 34, 35, 36}

²⁴ DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. Op. Cit.

²⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

²⁶ MARTÍN J.H. Op. Cit.

²⁷ WAXMAN, S.G. Op. Cit.

²⁸ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

²⁹ CARPENTER M.B. Op. Cit.

³⁰ Snell, R.S. Op. Cit.

³¹ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Op. Cit.

Los trabajos realizados por Bergman, R.A., et al, señalan una agenesia unilateral y bilateral de la ACoP de un 3.09% y 0.3% respectivamente. Mientras que su duplicación es descrita por Hashimoto, M. et al. En trabajos realizados por Macchi C. Et al se encontró un origen en la carótida interna en el 13% de los casos. Para otros autores la variante más habitual fue el nacimiento directo desde la carótida interna, con hipoplasia o agenesia del segmento P1 de la arteria cerebral posterior (disposición fetal o embrionaria), expresión que en otros estudios, tan solo se evidenció en un 20% de los casos en forma unilateral y en un 2% en forma bilateral. En estos casos el flujo sanguíneo que suple el lóbulo occipital es dado principalmente por la A.C.I. a través de la A.Co.P.³⁷

Dentro de las variantes descritas también se encuentra hipoplasia de una arteria comunicante posterior, la cual se encontró entre un 21 - 26% de los cerebros estudiados y en su presentación bilateral hasta en el 6%.^{38, 39, 40}

³² SNELL, R.S. Op. Cit.

³³ WILLIAMS, P.L.; Warwick, R. Gray. Op. Cit.

³⁴ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

³⁵ CARPENTER M.B. Op. Cit.

³⁶ DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. Op. Cit.

³⁷ VAN OVERBEEKE J.J., HILLEN B., TULLEKEN C.A. A comparative study of the circle of Willis in fetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. 1991 Jun;176:45-54.

³⁸ MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, CORCOS L, BRIZZI E. Magnetic resonance angiographic evaluation of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a morphologic study in 100 human healthy subjects. 1996.101(2):115-23.

³⁹ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Angio - Rm de las variantes anatómicas del polígono de willis. Poster en Neurroradiología. XXV congreso nacional de la sociedad española de radiología médica. Madrid. 2000.

La comunicante posterior puede encontrarse ausente o la rama que la representa no se une a la arteria cerebral posterior. Estos hallazgos se evidenciaron en un 4.5% en el lado derecho, en un 6.5% en el izquierdo y en 1.5% en ambos lados.⁴¹

Se han descrito arterias hipofisiarias accesorias, originándose desde la comunicante posterior, las cuales van a irrigar el infundíbulo de la hipófisis.⁴²

1.1.3 ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR (A.C.A.)

Desde el punto de vista topográfico se distinguen en esta arteria cinco porciones. Su segmento inicial (segmento A₁ o precomunicante) da lugar a ramas perforantes basales que penetran la SPA, cursa por encima del nervio óptico en dirección a la cisura ínterhemisférica, donde se anastomosa con la del lado opuesto a través de la arteria comunicante anterior e inicia su segundo segmento (segmento A₂), el cual se encuentra por fuera del polígono cerebral. En la transición del segmento A₁ y A₂ se origina la arteria recurrente de Heubner que también penetra la SPA. El segmento A₂ se extiende hasta la rodilla del cuerpo caloso, dando como ramas las arterias orbitofrontal y frontopolar o un tronco para ambas arterias. El segmento A₃ comprende la porción ascendente que rodea la rodilla del cuerpo

⁴⁰ SAEKI N.; RHOTON A.L. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of willis. J. Neurosurgery. 1977. 46: 563.

⁴¹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. URL: <http://www.vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/Cardiovascular/Directory/Region/ArteriesHeadNeckThorax.html>. 2003.

⁴² BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

calloso y da como rama la arteria callosomarginal, que origina ramas parietales anteriores, medias y posteriores, puede terminar como arteria paracentral. La porción A₄ se denomina horizontal y va a discurrir por encima de el cuerpo calloso, da origen a las arterias frontales anterior, media y posterior; aunque en oportunidades estas arterias pueden originarse del segmento A₃ o de la arteria calloso marginal.

El segmento A₅ es el terminal y da la arteria pericallosa, que se ubica en un surco situado entre el cuerpo calloso y la circunvolución del cíngulo. Se anastomosa con la rama pericallosa de la arteria cerebral posterior. Su rama principal es la arteria precúnea que se extiende sobre el lobulillo parietal superior en la cara lateral de los hemisferios cerebrales.^{43 44 45 46 47 48 49 50}

Esta irrigación descrita se realiza en sentido ipsilateral pero pueden encontrarse, en algunos casos (26%), ramas de los segmentos distales las cuales pueden cruzar al hemisferio contralateral irrigando su región posterior.⁵¹

⁴³ SNELL, R.S. Op. Cit., p 740 –741.

⁴⁴ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

⁴⁵ CARPENTER M.B. Op. Cit.

⁴⁶ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

⁴⁷ DUNKER R.O.; HARRIS A.B. Surgical anatomy of the proximal anterior cerebral artery. Journal of Neurosurgery. 1976. 44(3): 359 – 67.

⁴⁸ PERLMUTTER D; RHOTON A.L Jr. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral anterior communicating-recurrent artery complex. Journal of Neurosurgery. 1976. 45(3): 259-72.

⁴⁹ RHOTON AL Jr, PERLMUTTER D. Microsurgical anatomy of anterior communicating artery aneurysms. Neurol Res. 1980;2(3-4):217-51.

⁵⁰ GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN JI, MIRCHANDANI HG, Ray WJ. Microanatomy of the anterior cerebral artery.Surg Neurol. 1986 Aug;26(2):129-41.

⁵¹ STEFANI M.A., SCHNEIDER F.L., MARRONE A.C., SEVERINO A.G., JACKOWSKI A.P., WALLACE M.C. Anatomic variations of anterior cerebral artery cortical branches. 2000;13:231-6.

Irriga el bulbo olfatorio, el giro recto, el giro orbitario medial, el cuerpo caloso, el giro cíngulo, el giro frontal superior, la parte superior del giro pre y post- central, el giro paracentral y el precúneo.^{52, 53, 54, 55}

Bergman, R.A., et al describen que las arterias cerebrales anteriores, pueden originarse, de la carótida interna, como un vaso que se divide distalmente en las ramas derecha e izquierda, o que una puede ser rama de la arteria contralateral.

Los casos en que la arteria cerebral anterior, se divide en las ramas derecha e izquierda, se observan en un 4% de los especímenes estudiados. Las dos arterias difieren de calibre en su origen, siendo la de mayor diámetro la que compensa el déficit de la otra arteria a través de la comunicante anterior. Igualmente estos autores encontraron que puede existir un tronco único, que discurre en la cisura longitudinal dando ramas a ambos hemisferios.

Del mismo modo, estas arterias aparecen algunas veces como dobles o triples (9%)⁵⁶ y puede encontrarse una arteria olfatoria como rama del segmento A₁.⁵⁷

⁵² SNELL, R.S. Op. Cit., p 740 –741.

⁵³ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

⁵⁴ CARPENTER M.B. Op. Cit.

⁵⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

⁵⁶ MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, Op. Cit.

⁵⁷ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

Sobre el segmento precomunicante que aparece como forma habitual de la descrita por Willis en un 90% de los casos,⁵⁸ también se desarrollan anomalías de nacimiento, donde la agenesia es muy rara teniendo un porcentaje máximo de 9.6%,⁵⁹ las variaciones y asimetrías de calibre se encuentran un 27 a 55%,^{60, 61} y las hipoplasias van desde un 7% a un 9.9%.^{62, 63, 64, 65} Como variaciones poco frecuentes encontramos la duplicación del segmento A₁, la cual se asocia en un 7.5% con presencia de aneurismas en este sector.⁶⁶

1.1.3.1 Arteria comunicante anterior (ACOA)

Representa una importante vía anastomótica entre las dos arterias carótidas internas, ya que conforme las dos arterias cerebrales anteriores se aproximan en la cisura ínterhemisférica, se unen por medio de este vaso. Su longitud varía entre los 5 a 10 mm.³² Contrario a las descripciones gráficas de los textos de anatomía,⁷ en los que se observa esta arteria orientada estrictamente en un sentido

⁵⁸ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Angio - Rm de las variantes anatómicas del polígono de willis. Poster en Neurroradiología. XXV congreso nacional de la sociedad española de radiología médica. Madrid. 2000.

⁵⁹ KANE A.G., DILLON W.P., BARKOVICH A.J, NORMAN D., DOWD C.F., KANE T.T. Reduced caliber of the internal carotid artery: a normal finding with ipsilateral absence or hypoplasia of the A1 segment. AJNR Am J Neuroradiol 1996 Aug;17(7):1295-301.

⁶⁰ Idid., 1295-301.

⁶¹ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

⁶² BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

⁶³ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

⁶⁴ KANE A.G., DILLON W.P., BARKOVICH A.J, NORMAN D., DOWD C.F. Op Cit. 1295-301.

⁶⁵ CHARBEL F.T., SEYFRIED D., MEHTA B., DUJOVNY M., Dominant A1: angiographic and clinical correlations with anterior communicating artery aneurysms. 1991 Dec;13(4):253-6.

⁶⁶ AYDIN IH, TAKCI E, KADIOGLU HH, TUZUN Y, KAYAOGLU CR, BARLAS E. Vascular variations associated with anterior communicating artery aneurysms-an intraoperative study. Minim Invasive Neurosurg 1997 Mar;40(1):17-21.

transverso, se ha encontrado una dirección oblicua en aproximadamente el 80% de los encéfalos evaluados.⁶⁷

La AcoA, esta presente en el 60% de los encéfalos estudiados, mientras que el otro 40% puede tener dos (30%⁶⁸) o tres arterias.⁶⁹ En pocos casos se ve ausencia de esta arteria (0,3% a 3%).^{70, 71}

Las variaciones de diámetro, van desde 0.2 a 3.4 mm,^{72, 73} observándose que fluctúa de acuerdo con las modificaciones del calibre de uno de los segmentos A1 de las arterias cerebrales anteriores derecha o izquierda; así, cuando uno de estos segmentos es hipoplásico, el diámetro de la arteria comunicante anterior tiende a ser mayor que el promedio, lo que asegura un mayor flujo sanguíneo en los segmentos distales de la arteria de menor calibre.^{74, 75} Estudios han mostrado que el diámetro de la arteria es menor a 1.5 mm en el 44%⁷⁶ y menor a 1.0 mm en el

⁶⁷ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

⁶⁸ CROWELL R.M., MORAWETZ R.B. The anterior communicating artery has significant branches. *Stroke* 1977 Mar-Apr;8(2):272-3.

⁶⁹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

⁷⁰ MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, Op Cit. 115-23.

⁷¹ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op Cit.

⁷² BUSTAMANTE, J. Op Cit.

⁷³ CROWELL R.M., MORAWETZ R.B., Op Cit.

⁷⁴ SAEKI N.; RHOTON A.L. Op Cit., p. 563.

⁷⁵ PERLMUTTER D; RHOTON A.L Jr. Op Cit., p. 259-72.

⁷⁶ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op Cit.

16% de los especímenes analizados.⁷⁷ Arterias consideradas como hipoplásicas se han encontrado en un 5% a 6% de los casos.^{78, 79}

Se han descrito arterias derivadas de la ACoA como la arteria media del cuerpo calloso, cuya presencia varía entre 6% y 14% y la arteria subcallosa cuya frecuencia está en un 91% y puede irrigar el giro subcalloso en forma bilateral.^{80, 81} Además emite ramas para el quiasma óptico, la lamina terminal, el hipotálamo y las columnas del fórnix.^{82, 83, 84, 85, 86}

1.1.4 ARTERIA RECURRENTE DE HEUBNER

Denominada estriada medial. Su origen de los segmentos de la ACA varía de acuerdo a los distintos estudios en población ariá. Puede originarse del segmento A₂ de la A.C.A. en el 57%⁸⁷ o 78%⁸⁸ de los casos, en la unión de la A.C.A. con la ACoA en un 8%⁸⁹ o 35%⁹⁰ y desde el segmento A₁ en un 8%⁹¹ o 14%⁹² de los

⁷⁷ Ibid.

⁷⁸ Ibid.

⁷⁹ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op Cit.

⁸⁰ MARINKOVIC S, MILISAVLJEVIC M, MARINKOVIC Z. Branches of the anterior communicating artery. Microsurgical anatomy. Acta Neurochir (Wien) 1990;106(1-2):78-85.

⁸¹ SERIZAWA T.; SAEKI N.; YAMAURA A. Microsurgical anatomy and clinical significance of the anterior communicating artery and its perforating branches. Neurosurgery. 1997. Jun;40(6):1211-6.

⁸² GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN JI, Op Cit.

⁸³ CROWELL R.M., MORAWETZ R.B., Op Cit, p. :272-3.

⁸⁴ JACKOWSKI A.P., MENESES M.S., RAMINA R., MARRONE A.C., STEFANI M.A., AQUINI M.G., WINKELMANN E.C., SCHNEIDER F.L. Perforating and leptomeningeal branches of the anterior communicating artery. Critical Reviews in Neurosurgery 1999; 9(5):287-294.

⁸⁵ MARINKOVIC S, MILISAVLJEVIC M, MARINKOVIC Z. Branches of the anterior communicating artery. Microsurgical anatomy. Acta Neurochir (Wien) 1990;106(1-2):78-85.

⁸⁶ SERIZAWA T.; SAEKI N.; YAMAURA A. Microsurgical anatomy and clinical significance of the anterior communicating artery and its perforating branches. Neurosurgery. 1997. Jun;40(6):1211-6.

⁸⁷ GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN, Op Cit. p. 129-41.

⁸⁸ RHOTON AL Jr, PERLMUTTER D. Op Cit. p. 217-51.

⁸⁹ Ibid. p. 217-51.

especímenes examinados.⁹³ Irriga el brazo anterior y rodilla de la cápsula interna y porciones de la cabeza del núcleo caudado, putamen rostral y globo pálido. También proporciona irrigación sanguínea a las porciones posteriores del giro recto y corteza orbitofrontal.^{94, 95, 96} Es una arteria que raramente se encuentra doble⁹⁷, pero puede estar ausente en un 13.75% de los encéfalos examinados.⁹⁸

1.1.5 ARTERIA CEREBRAL MEDIA (A.C.M.)

Es una continuación o la rama principal de la A.C.I.. El recorrido de su tronco y de sus ramas se puede dividir en cuatro segmentos: el M₁ (esfenoidal) cursa posterior y paralelo al borde esfenoidal; el M₂ (insular) yace sobre la insula; el M₃ (opercular) cursa sobre los opérculos frontal, parietal y temporal y el M₄ (cortical) se extiende sobre la superficie cortical. Su segmento inicial (M₁) cursa a través de la fisura lateral o de Silvio hasta su bifurcación y origina las arterias perforantes basales o lenticuloestriadas que irrigan parte de los núcleos de la base, tálamo y la cápsula interna. Luego de dividirse, de cada una de sus ramas emergen las ramas corticales medulares que son orbitofrontal lateral, frontal ascendente, Precentral, central, parietales anterior y posterior, angular, y las temporales anterior y posterior. De esta forma la A.C.M. irriga estructuras neurales

⁹⁰ GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN, Op Cit. p. 129-41

⁹¹ Ibid. p. 129-41

⁹² RHOTON AL Jr, PERLMUTTER D. p. 217-51.

⁹³ GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN, Op Cit. p. 129-41.

⁹⁴ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

⁹⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op Cit.

⁹⁶ DUNKER R.O.; HARRIS A.B. p. 359 – 67.

⁹⁷ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

⁹⁸ VASQUEZ-LOAYZA M., DUJOVNY M., AGNER C., MISRA M. Microsurgical anatomy of the short central artery. *Neurol Res* 1998 Apr;20(3):209-17.

importantes como son: la corteza motora y somatosensorial primaria y de asociación, el área de Broca, la corteza prefrontal, las cortezas auditiva primaria y de asociación, el área de Wernicke y la corteza de asociación (giros supramarginal y angular).^{99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106}

El tronco principal de la A.C.M. tiene una longitud promedio de 1.6 cm., con un rango que puede variar entre 0.5 a 3 cms; su diámetro externo puede encontrarse entre 0.3 a 0.5 cm.^{107, 108, 109, 110} En el 4 - 6% de los hemisferios no se divide, se bifurca en un 64 - 81%, sufre trifurcación en un 7% - 29%, tetrafurcación en 4% y origina múltiples troncos en un 10% de los casos.^{111, 112, 113, 114, 115}

⁹⁹ SNELL, R.S. Op Cit., p 740 –741.

¹⁰⁰ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹⁰¹ CARPENTER M.B. Op Cit.

¹⁰² DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. Op Cit.

¹⁰³ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

¹⁰⁴ MARTÍN J.H. Op Cit.

¹⁰⁵ GIBO H., CARVER C.C., RHOTON AL JR, LENKEY C., MITCHELL R.J. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1981 Feb;54(2):151-69.

¹⁰⁶ MARINKOVIC S.V., MILISAVLJEVIC M.M., KOVACEVIC M.S., Perforating branches of the middle cerebral artery. Microanatomy and clinical significance of their intracerebral segments. 985;16 (6): 1022-9.

¹⁰⁷ BUSTAMANTE, J.

¹⁰⁸ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R.

¹⁰⁹ UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1984 Sep;61(3):458-67.

¹¹⁰ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. East Afr Med J 2002 Apr;79(4):217-20.

¹¹¹ GIBO H., CARVER C.C., RHOTON AL JR, LENKEY C., MITCHELL R.J. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1981 Feb;54(2):151-69.

¹¹² UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1984 Sep;61(3):458-67.

¹¹³ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. East Afr Med J 2002 Apr;79(4):217-20.

¹¹⁴ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Anomalies and variations of the middle cerebral artery: a microanatomical study. Neurosurgery 1988. 1023-7.

¹¹⁵ ANDERHUBER F., WEIGLEIN A., PUCHER R.K. Trifurcations of the middle cerebral arteries. Acta Anat (Basel) 1990;137(4):342-9.

Puede existir duplicación de la A.C.M. a partir de la A.C.I., en aproximadamente el 1 a 2% de los casos, dicha arteria va a suplir vascularmente al lóbulo temporal anterior.^{116, 117, 118, 119} De igual manera se puede encontrar una arteria accesoria de la A.C.M. en 1 a 3% de los especímenes analizados. Dicho vaso puede originarse de la de la A.C.A. o de La A.C.I. irrigando el lóbulo frontal.^{120, 121}

1.2. SISTEMA VERTEBROBASILAR

Las arterias vertebrales se originan de las subclavias, penetran por los forámenes transversos de las primeras seis vértebras cervicales y ascienden para entrar al cráneo a través de la membrana Atlanto-occipital. Las dos arterias vertebrales se unen en el surco bulboprotuberancial y forman la arteria basilar, la cual se ubica en la cara anterior de la protuberancia originando colaterales como son la arteria cerebelosa anteroinferior, la auditiva interna, pontinas, la arteria cerebelosa superior y termina bifurcándose en el surco protuberancial superior dando origen a la arteria cerebral posterior.^{122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130}

¹¹⁶ ERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op Cit.

¹¹⁷ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Op cit.

¹¹⁸ VINCENTELLI F., CARUSO G., ANDRIAMAMONJI C., RABEHANTA P., GRAZIANI N., GRISOLI F. Modalities of origin of the middle cerebral artery. Incidence on the arrangement of the perforating branches. J Neurosurg Sci 1990 Jan-Mar;34(1):7-11.

¹¹⁹ UCHINO A., KATO A., TAKASE Y., KUDO S. Middle cerebral artery variations detected by magnetic resonance angiography. Eur Radiol 2000;10(4):560-3.

¹²⁰ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op Cit.

¹²¹ ANDERHUBER F., WEIGLEIN A., PUCHER R.K. Trifurcations of the middle cerebral arteries. Acta Anat (Basel) 1990;137(4):342-9.

¹²² DEMYER W. Neuroanatomy. 2 ed. Williams & Wilkins. Baltimore 1998.

¹²³ WAXMAN, S.G. Op Cit.

¹²⁴ SNELL, R.S. Op Cit.

¹²⁵ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Op. Cit.

¹²⁶ SNELL, R.S. Op. Cit.

¹²⁷ WILLIAMS, P.L.; WARWICK, R. Op Cit.

1.2.1. ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR (ACP)

Es rama terminal de la arteria basilar en el 70% de los casos, aunque puede originarse de la arteria carótida en un 20 a 25% y de ambos lugares en un 5 a 10% de los especímenes analizados; está separada de la cerebelosa superior por el III par.¹³¹ Se puede originar como un alargamiento de la arteria comunicante posterior y conectarse por medio de un vaso angosto con la basilar. Lo anterior se observa en un 5.5% en el lado derecho, en un 4.5% en el lado izquierdo y en 2% en forma bilateral.¹³²

Se encuentra dividida en cuatro segmentos: P1 o segmento precomunicante; P2 o segmento ambiens, recorre la cisterna ambiens para terminar lateral a la cara posterior del Mesencéfalo; P3 o segmento cuadrigémino, el cual se extiende entre el pulvinar y la cisura calcarina y el segmento P4 o distal el cual incluye las ramas distribuidas en la superficie cortical.

En su segmento inicial (P1) da origen a las arterias tálamo perforantes las cuales penetran a través de la sustancia perforada posterior (SPP) y suplen parte del tálamo. Igualmente, puede emitir la arteria coroidea posteromedial, que se dirige

¹²⁸ BUSTAMANTE, J. Op Cit.

¹²⁹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

¹³⁰ MARTÍN J.H. Op. Cit.

¹³¹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

¹³² BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op Cit.

hacia atrás rodeando la cara lateral del mesencéfalo y ascender, aplicada al pulvinar, para alcanzar la región posterior del techo del tercer ventrículo.^{133,134,135}

Luego de recibir a la arteria comunicante posterior, se continúa como segmento P2 alrededor de los pedúnculos cerebrales hasta la parte posterior del pulvinar donde se inicia el segmento P3.^{136,137}

La ACP en su segmento P2 da origen a las arterias talamogeniculadas ATG y a dos arterias coroideas posteriores medial (ACorPM) y lateral (ACorPL). Las ATG irrigan parte del tálamo, del subtálamo y de la cápsula interna. Las arterias coroideas posteriores terminan en los plexos coroideos del ventrículo lateral, la ACorPM a través del techo del tercer ventrículo y el foramen interventricular y la ACorPL por medio de la cisura coroidea. Ambas arterias dan ramas al pedúnculo cerebral, al pulvinar, a los cuerpos geniculados y al núcleo dorso medial talámico. La ACorPM también irriga los colículos y la glándula pineal.¹³⁸

Del segmento P2 y P3 se originan las arterias coroideas posteromedial, posterolateral, temporales inferiores, esplenial o pericallosa posterior, parietooccipital y termina como arteria calcarina a nivel de la cisura homónima.¹³⁹

¹³³ BUSTAMANTE, J. Op.Cit.

¹³⁴ CARPENTER M.B. Op. Cit.

¹³⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

¹³⁶ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹³⁷ CARPENTER M.B. Op. Cit.

¹³⁸ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op Cit.

¹³⁸ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹³⁸ CARPENTER M.B. Op. Cit

¹³⁹ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹³⁹ CARPENTER M.B. Op. Cit

Las arterias temporales inferiores son por lo general tres: anterior, media y posterior. Su número y su origen son variables, a veces nacen como ramas separadas de los segmentos P2 y P3; otra vez se originan de un tronco común, y en otras ocasiones son solo dos anterior y posterior. La arteria esplenial se origina en la mayoría de los casos como rama de la arteria parietooccipital, pero puede derivarse de la calcarina o de la coroidea posterolateral.¹⁴⁰

Cuando el segmento proximal de una arteria cerebral posterior se encuentra reducido de tamaño, la sangre requerida para perfundir la región terminal se obtiene de la carótida interna por vía de la arteria comunicante posterior.¹⁴¹ Pero a pesar de la hipoplasia, este segmento da origen a sus ramas perforantes, en igual número y longitud, que los segmentos considerados como normales.¹⁴²

1.3. CIRCULO ARTERIAL CEREBRAL (DE WILLIS)

Como ya se ha anotado el encéfalo recibe aporte a través de dos pares de arterias, las vertebrales y las carótidas internas. Estos cuatro vasos penetran al cráneo, se sitúan en la base del encéfalo, cursan en el espacio subaracnoideo y se comunican a través de un sistema anastomótico denominado polígono de Willis o círculo arterioso cerebral. En condiciones normales, existe ninguna o poca comunicación entre los vasos sanguíneos entre la parte derecha e izquierda de

¹⁴⁰ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹⁴¹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

¹⁴² SAEKI N.; RHOTON A.L. Op. Cit. p. 46: 563.

dicho circuito. Su región rostral o anterior esta constituido por las porciones proximales de las dos Arterias cerebrales anteriores, que nacen en la parte terminal de las arterias carótidas internas. Las dos arterias cerebrales anteriores se unen justo anteriormente al quiasma óptico a través de la arteria comunicante anterior, completando la parte rostral del circuito. Las arterias comunicantes posteriores, ramas de la carótida interna, se dirigen inferoposteriormente a cada lado de la superficie hipotalámica y del tallo hipofisiario y se anastomosan con el segmento inicial de las arterias cerebrales posteriores, que nacen de la bifurcación de la arteria basilar; conformándose de este modo la parte posterior del circuito. Se forma, de este modo, un anillo irregular, que rodea la superficie inferior del diencefalo, incluyendo el infundíbulo de la hipófisis, los cuerpos mamilares y el quiasma óptico.^{143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151}

En un estudio angiográfico realizado por Viaño J. Et al.,¹⁵² encontraron la forma habitual descrita por Willis en un 75% de los casos sobre el complejo anterior, conformado por las cerebrales anteriores y la comunicante anterior. Este mismo autor encontró en tan solo un 20%, la forma habitual de la parte posterior del polígono Willis. Mientras que estudios realizados por Saeki N. y Rhoton AL Jr. en

¹⁴³ WAXMAN, S.G. Op. Cit.

¹⁴⁴ Snell, R.S. Op. Cit.

¹⁴⁵ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Op. Cit.

¹⁴⁶ SNELL, R.S. Op. Cit., p 740 –741.

¹⁴⁷ WILLIAMS, P.L.; Warwick, R. Gray. Op. Cit.

¹⁴⁸ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹⁴⁹ CARPENTER M.B. Op. Cit

¹⁵⁰ DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. Op. Cit.

¹⁵¹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

¹⁵² VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

piezas cadavéricas mostró una variabilidad del 56% de los casos, para este último sector.¹⁵³

De por sí la descripción usual encontrada, en los textos básicos de anatomía, del círculo arterial de Willis solamente se da en aproximadamente el 34.5% de los casos de una revisión de 1413 cerebros realizada por Stehbens¹⁵⁴ y en un 41% de los casos estudiados por Macchi C, et al.¹⁹ Ni siquiera la ilustración original de Willis es la descripción usual de los textos.^{155, 156, 157} De acuerdo a varias investigaciones se han descrito las siguientes nueve variaciones como las más frecuentes,^{158, 159, 160} sin embargo en una revisión de la literatura se han informado hasta 86 variaciones por otros autores.¹⁶¹

- La duplicación de la arteria comunicante anterior.
- La presentación de una arteria cerebral anterior, única o mediana conocida como (térnica o de Wilder).
- Presencia de agenesia o hipoplasia en el segmento inicial de una cerebral anterior.
- Presencia de agenesia o hipoplasia de la arteria comunicante anterior.

¹⁵³ SAEKI N.; RHOTON A.L. Op. Cit. p.563.

¹⁵⁴ STEBBENS, W.E. Aneurysms and anatomical variation of cerebral vessels. Arch. Pathol. 1963.75:45-64.

¹⁵⁵ DEMYER W. Op. Cit.

¹⁵⁶ WAXMAN, S.G. Op. Cit.

¹⁵⁷ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

¹⁵⁸ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

¹⁵⁹ SAEKI N.; RHOTON A.L. Op. Cit., p. 46 - 563.

¹⁶⁰ PERLMUTTER D; RHOTON A.L Jr. Op. Cit. p. 259-72.

¹⁶¹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

- Presencia de la duplicación del segmento inicial de una arteria cerebral anterior.
- Representa la agenesia o hipoplasia de una arteria comunicante posterior.
- Presentación de agenesia o hipoplasia de las dos comunicantes posteriores.
- Presencia de hipoplasia o agenesia del segmento P1 de la arteria cerebral posterior en forma unilateral o bilateral.
- Se presenta agenesia de la arteria comunicante anterior, situación en donde no se presenta comunicación arterial entre los hemisferios.

Dado que en Colombia no se han realizado a la fecha, estudios anatómicos sobre las diversas expresiones del circulo de willis y la presencia de aneurismas en los mencionados lechos vasculares, el presente estudio ampliará los conocimientos que se tienen sobre el tema.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir el patrón de irrigación cerebral (círculo de Willis y arterias cerebrales anterior, media y posterior) y sus variaciones anatómicas, a partir del examen directo de especímenes cadavéricos en una muestra de sujetos mestizos de ambos géneros procedentes del área metropolitana de Bucaramanga.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1 Cuantificar la expresión usual del círculo de Willis y determinar las diferentes variaciones de las estructuras que lo constituyen considerando presencia de hipoplasias, agenesias y cambios en longitudes y trayectorias.

2.2.2 Determinar la variabilidad de las arterias cerebrales anterior, media y posterior teniendo en cuenta su origen, longitud, calibres, colaterales y trayectorias.

3. METODOLOGÍA

En este estudio morfométrico no probalístico y descriptivo de las variaciones anatómicas del círculo arterial cerebral y las arterias cerebrales, se estudiaron 35 encéfalos extraídos de cadáveres frescos de individuos fallecidos violentamente o por causa natural, quienes no presentaban traumatismo craneoencefálico contuso y/o penetrante. Las necropsias se realizaron en las morgues del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Bucaramanga y de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, durante el período de diciembre del 2004 a diciembre del 2005.

Para la selección del material de estudio se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Encéfalos de sujetos de raza mestiza, de sexo masculino y femenino con edades entre los 16 y 65 años, procedentes del área metropolitana de Bucaramanga. Se consideraron mestizos, los individuos que presentaban rasgos fenotípicos de los siguientes tres grupos raciales: Caucasoide (tez blanca; cabello rubio a oscuro, lacio a ondulado; ojos azules o claros; nariz aguda, con punta media a fina; labios delgados o de mediano espesor; talla mediana a grande). Negroide (tez negra; cabello negro ensortijado; ojos negros; nariz gruesa; labios de mediano a grueso espesor, evertidos; talla de mediana a grande). Mongoloide (tez oscura; cabello negro lacio; nariz estrecha

con punta media a fina; labios delgados o de mediano espesor; talla pequeña).⁴⁶

- Individuos sin compromiso traumático, ni diagnósticos clínicos que comprometiesen el sistema nervioso central (accidentes cerebro vasculares y tumores entre otros).
- Sujetos sin historia clínica de enfermedades infectocontagiosas, como SIDA y Hepatitis B.

La exéresis y preparación del material de estudio requirió el siguiente procedimiento, previa autorización del medico forense de turno:

- Colocación del espécimen cadavérico en decúbito supino e incisión en "V" desde el proceso mastoideo hasta la incisura yugular, con compromiso de piel y tejido celular subcutáneo.
- Disección bilateral por planos de la regiones anterior y lateral del cuello, con exposición del componente muscular. Desinserción de los músculos esternocleidomastoideos en su origen y reclinamiento de las clavículas.
- Identificación del paquete neurovascular del cuello y de las arterias vertebrales.
- Individualización de las arterias carótidas internas e incisión transversal de 5 m.m. en la arteria del lado derecho.
- Introducción de un catéter metálico en la arteria incidida y ligadura con seda 2-0 de la arteria contralateral.
- Incisión completa de Las Venas yugulares internas y externas.

- Lavado con formaldehído al 10% de los lechos vasculares carotídeo y vertebrobasilar, con 80 c.c. y 20 c.c respectivamente.
- Inyección por el lecho vascular de resina semisintética (Palatal GP41L al 90% y Estireno al 10%), impregnada de color rojo mineral. El volumen perfundido fue 80 c.c. por el sistema carotídeo y 20 c.c. por las arterias vertebrales. El tiempo de fraguado de polimerización de la resina fue de 30 minutos. Ver figuras 1 y 2.

Una vez realizado la inyección y fraguado del material, se procedió a la extracción del encéfalo, de acuerdo a los siguientes pasos:

- Incisión biauricular del escalpo y reclinamiento de los colgajos frontoparietal y parietooccipital, quedando expuesta la superficie externa de la bóveda craneana. Ver figura 3.
- Incisión horizontal de la bóveda del cráneo y resección de la calvaria, mediante la utilización de sierra manual. Quedando expuesta la duramadre. Ver figura 4

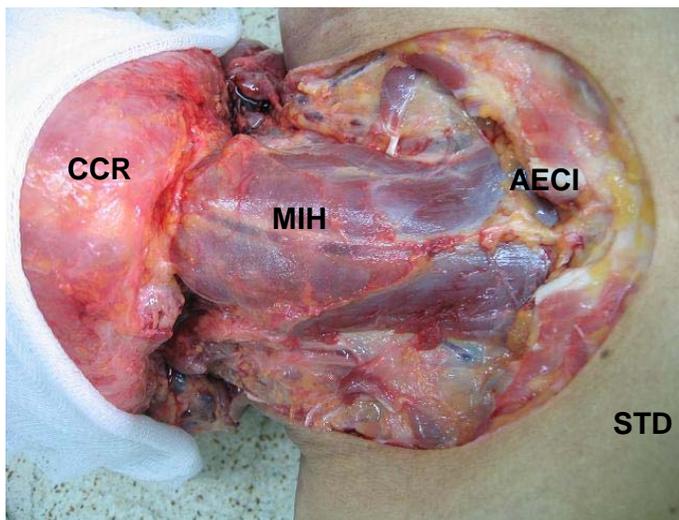


Figura N 1.
 Incisión cervical y exposición de tejidos blandos.
CCR colgajo cervical reclinado.
MIH músculos infrahioideos.
AECI articulación esternoclavicular izquierda.
STD superficie torácica derecha.

- Resección de la duramadre y sección en sentido anteroposterior de estructuras como los pares craneanos, el tallo hipofisiario, el límite inferior bulbar y de los segmentos distales de las arterias carótidas internas en su segmento clinoido y el segmento intradural de las arterias vertebrales, para exéresis del encéfalo. Ver figura 5.
- Fijación con formaldehído durante ocho días, de los especímenes obtenidos.

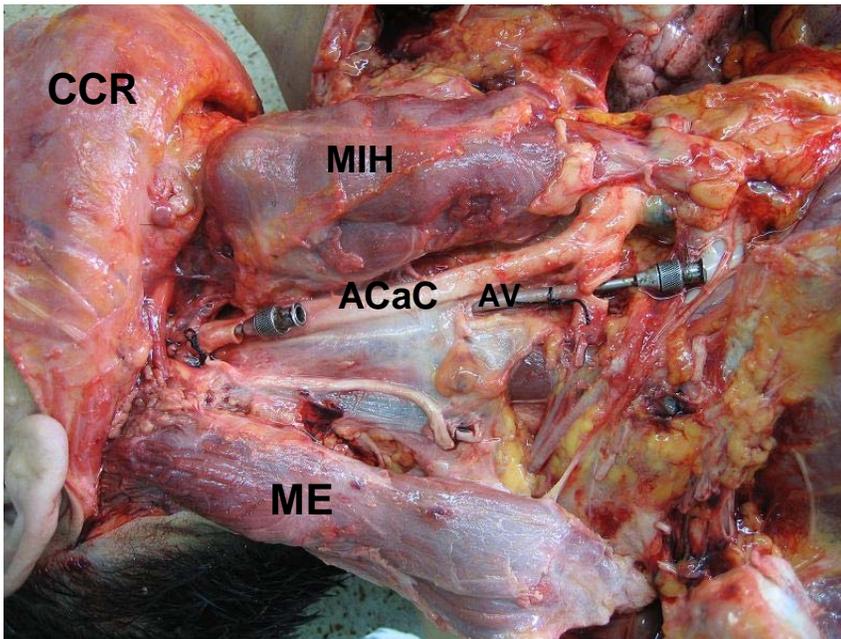


Figura N.2
 Canalización de los vasos carotídeos y vertebrales.
CCR colgajo cervical reclinado.
MIH músculos infrahioideos.
AcaC arteria carótida común.
ME músculo esterno cleidomastoideo.
AV arteria vertebral.

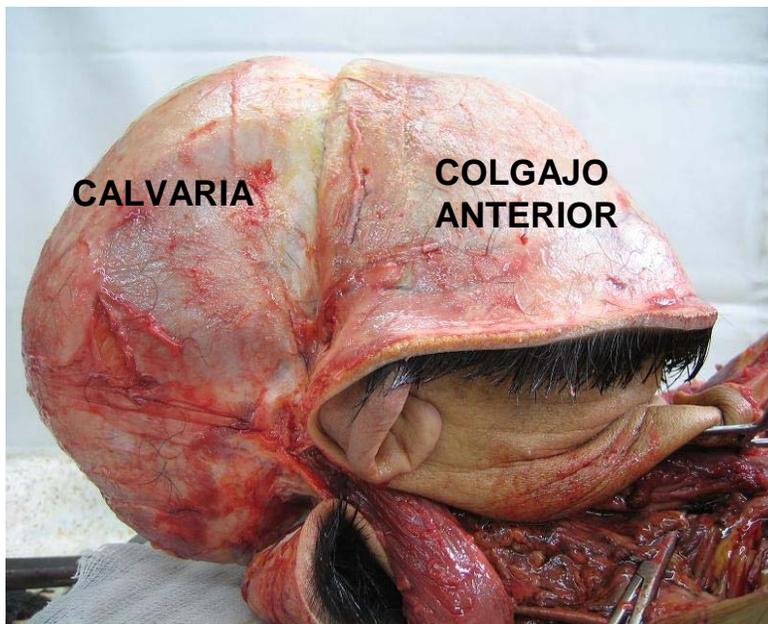


Figura N. 3
Rechinamiento
de colgajos
parieto frontal
y aprieto
occipital

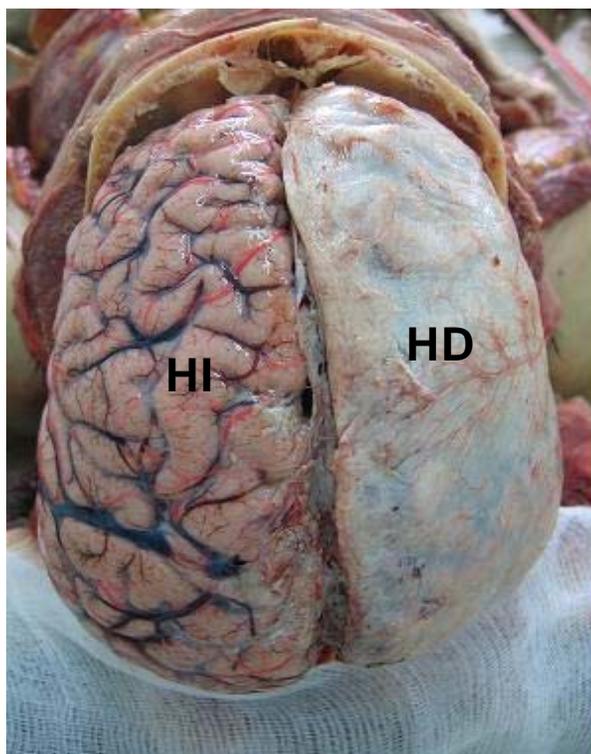


Figura N 4
Liberación de
clavaria y
visualización de
encéfalo.
HI hemisferio
izquierdo.
HD hemisferio
derecho con
duramadre.

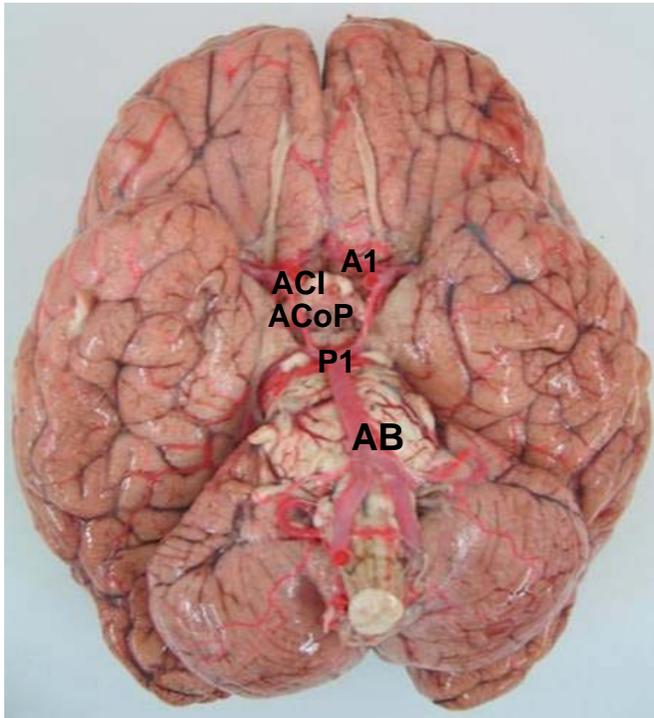


Figura N.5

Bloque encéfalo profundido superficie basal.

A1 Segmento arteria cerebral anterior.

ACI Arteria carótida interna.

ACoP Arteria comunicante posterior.

P1 Segmento de arteria posterior.

AB Arteria basilar.

- Posteriormente se procedió a retirar las leptomeninges, lo que permitió una adecuada visualización de las estructuras vasculares objeto del presente estudio, el cual se realizó de la siguiente manera : Ver figura 6
- Registro de la expresión de la arterias cerebrales y de círculo arterioso cerebral.
- Determinación del diámetro y la longitud, utilizando un calibrador electrónico, de los segmentos de las diferentes estructuras vasculares motivo del estudio.

Las observaciones se registraron en un formato establecido (anexo 1) y a cada una de las muestras obtenidas se le realizó su respectivo registro fotográfico, utilizando para ello una cámara digital sony de 8.5 megapixeles.

Los diferentes hallazgos del patrón de circulación arterial cerebral, incluido el círculo de Willis se reportaron considerando el número y porcentaje de cada una de las variaciones, calibre y longitud de las estructuras que lo están conformando. Se utilizó el paquete estadístico Epiinfo 6.0 para el procesamiento de los datos.

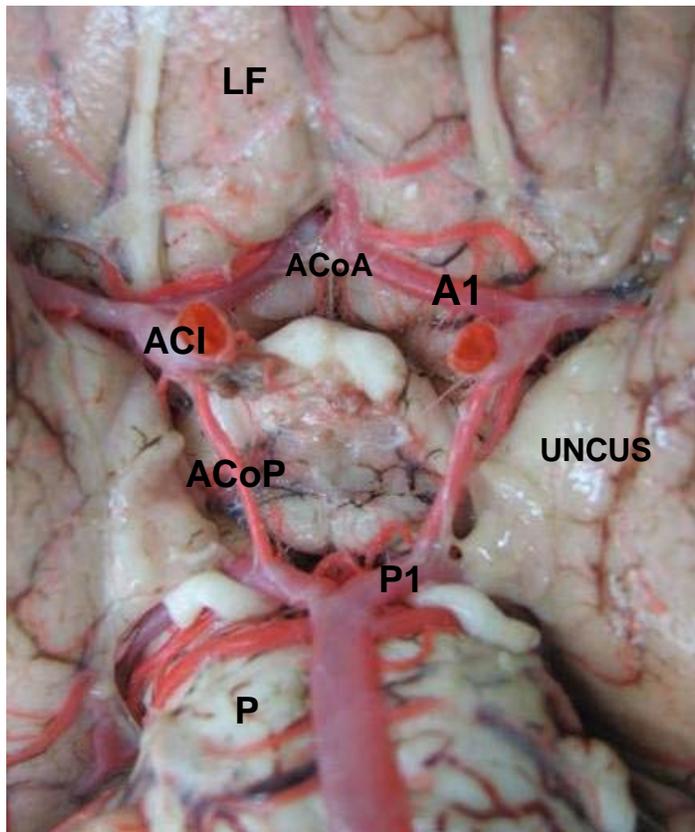


Figura N.6
Círculo arterial cerebral.
LF Lóbulo frontal.
ACoA Arteria comunicante anterior.
A1 Segmento de arteria cerebral anterior
ACI Arteria carótida interna.
ACoP Arteria comunicante posterior.
Uncus del hipocampo.
P1 Segmento de arteria cerebral posterior.
P Protuberancia.

4. RESULTADOS

4.1. SISTEMA CAROTIDEO

4.1.1. ARTERIA COROIDEA ANTERIOR (ACorA)

Se encontró que esta arteria se origina de la arteria carótida interna (A.C.I.) en aproximadamente el 92.64% de las muestras examinadas, y en un 7.35% de los casos de la arteria cerebral media.

El calibre de la arteria coroidea anterior derecha fue de 0.75 milímetros (m.m) y de 0.76 mm en el lado izquierdo. Ver tabla numero 1 (Los rangos entre los cuales se encuentran los diámetros de las arterias evaluadas, se escriben entre paréntesis).

	Diámetro Derecho (m.m)	Diámetro Izquierdo (m.m)	SD	p
ACorA	0.75 (0.27 – 1.52)	0.76 (0.38 – 1.15)	D:0.26 I: 0.18	0.91*

Tabla 1. Valores medios, desviaciones estándar y rangos de valores del calibre de la arteria coroidea anterior. *t. test

4.1.2. ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR (ACoP).

En todos los casos estudiados esta arteria se origina de la A.C.I. y se encuentra unida con la arteria cerebral posterior (A.C.P.). Ver figura 7. Al valorar su diámetro,

se observó que el promedio fue de 1.2 mm y 1.11 m.m en los lados derecho e izquierdo respectivamente. Las arterias hipoplásicas (menor de 1 m.m), de acuerdo a la descripción de Alper y Berry,⁴⁷ se encontraron en forma bilateral en el 27.3 % y unilaterales en el 10.6% de los encéfalos estudiados. Ver figura 8.

La longitud de esta arteria fue de 12.09 en el hemisferio derecho y de 12.52 m.m en el izquierdo. Los rangos de valores se encuentran en la tabla 2.

ACoP	Derecho	Izquierdo	SD	p
Diámetro (m.m)	1.2 (0.57 - 2.62)	1.11 (0.46 - 2.04)	D: 0.47 I: 0.42	0.4*
Longitud (m.m)	12.09 (8.24 - 17.91)	12.52 (7.26 - 21.16)	D: 2.73 I: 2.70	0.5*

Tabla 2. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre de la arteria Comunicante posterior. *t. test

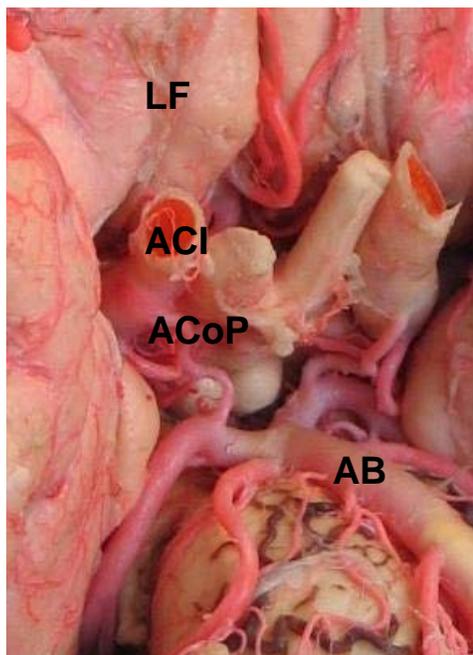


Figura N7.
Segmento posterior del polígono de Willis.
LF lóbulo frontal; **ACI** arteria carótida interna; **ACoP** Arteria comunicante posterior.
AB arteria basilar

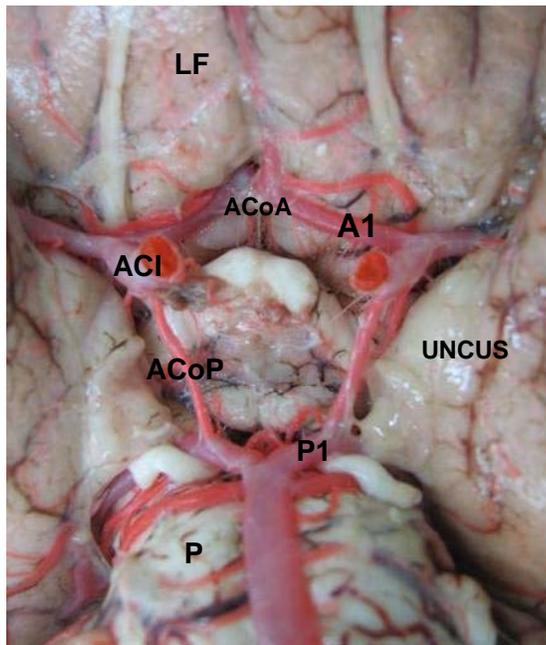


Figura N.8

Arterias comunicantes posteriores hipoplásicas bilaterales.

LF lóbulo frontal.

ACI arteria carótida interna.

ACoA arteria comunicante anterior.

A1 segmento de arteria cerebral anterior.

ACoP arteria comunicante posterior.

P1 segmento de arteria cerebral posterior .

P Protuberancia.

4.1.3. ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR (A.C.A.).

En todos los casos analizados esta arteria se originó como una rama única medial de la ACI. Como esta arteria se divide en cinco segmentos, los resultados encontrados en ella se irán esbozando en forma ordenada, por segmentos, teniendo en cuenta los diámetros, longitudes y las ramas que se originan de cada uno de ellos.

El segmento A1 o precomunicante tuvo un calibre de 2.21 m.m en el lado derecho y de 2.26 m.m en el izquierdo. La longitud promedio de este segmento en el lado derecho fue de 12.70 m.m y en el hemisferio contralateral fue de 12.32 m.m. Ver Tabla 3. La arteria recurrente de Heubner se originó de A1 en un 9.09% de los

casos analizados en el hemisferio derecho y en 8.82% en el lado izquierdo. Ver figura 9.

A1	Derecho	Izquierdo	SD	p
Diámetro (m.m)	2.21 (1.33 – 3.01)	2.26 (1.67 - 2.98)	D: 0.37 I: 0.30	0.51*
Longitud (m.m)	12.70 (7.85 - 17.68)	12.32 (9.33 - 16.28)	D: 1.94 I: 1.85	0.4*

Tabla 3. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre y longitud de la Arteria Cerebral anterior segmento A1. *t.test

El diámetro del segmento A2 en el lado derecho fue de 2.54 m.m y en el lado izquierdo de 2.43 m.m. Ver Tabla 4. En este segmento se origina la arteria recurrente de Heubner en un 54.54% en el lado derecho y en un 55.88% de los casos en el lado izquierdo. Esta arteria se origina entre los segmentos A1 y A2 en un 27.27% de los hemisferios cerebrales derechos examinados y en un 35.29% de los del lado izquierdo. Ver figura 10.

A2	Derecho	Izquierdo	SD	p
Diámetro (m.m)	2.54(1.99 – 3.14)	2.43 (1.68 – 3.22)	D: 0.30 I: 0.38	0.17*

Tabla 4. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre de la arteria Cerebral anterior, segmento A2.*t.test

La arteria orbitofrontal, primera rama cortical de la ACA, esta presente en todos los especimenes evaluados. Se origina de A2 en un 79,4% de los casos en el lado derecho y en 68,6% en el hemisferio contralateral o como un tronco común con la

arteria frontopolar en un 20,6% en el lado derecho y un 31,4% en el izquierdo. Esta última arteria se originó como una rama única del segmento A2 en un 78.8% de los cerebros examinados en el lado derecho y en 68.6 % en el izquierdo.

A medida que va dando sus ramas corticales la arteria cerebral anterior, disminuye su calibre, el cual a nivel del segmento A3 fue de 2.1 m.m en el lado derecho y de 2.01 m.m en el lado izquierdo. Ver Tabla 5. En este segmento se dan origen a vasos sanguíneos como la arterias callosomarginal en el 100% de los casos. Las arterias frontales anterior,

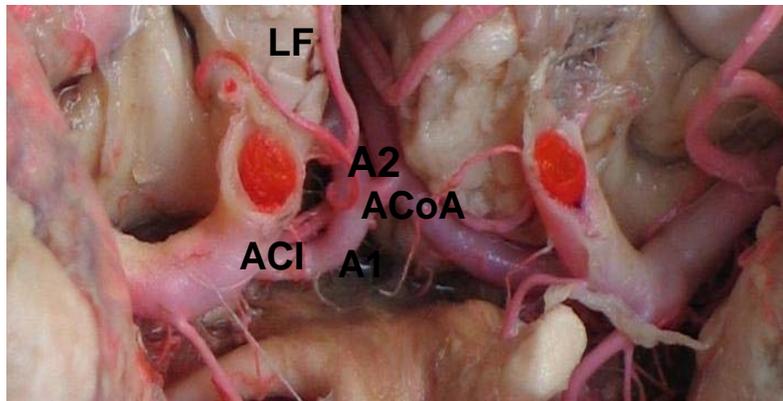


Figura N 9.
Arteria comunicante anterior.
LF lóbulo frontal.
A2 segmento arteria cerebral anterior.
ACoA arteria comunicante anterior.
A1 segmento arteria cerebral anterior.
ACI arteria carótida interna

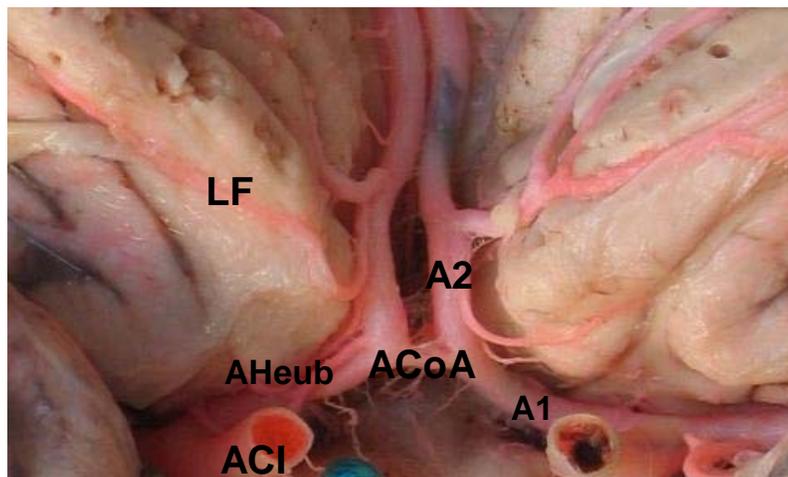


Figura N 10.
Arteria recurrente de Heubner.
LF lóbulo frontal.
A2 segmento de la arteria cerebral anterior.
AHeub arteria recurrente de Heubner.
A1 segmento de la arteria cerebral anterior.
ACI arteria carótida interna.

media y posterior se originan de la arteria calloso marginal en el 77.62% en forma bilateral. La arteria del lobulillo paracentral se origina directamente de la callosomarginal en el 60.9% de los casos y de la región A4 en el 39.1%.

A3	Derecho	Izquierdo	SD	p
Diámetro (m.m)	2.10(1.18– 2.66)	2.01 (1.34 – 3.2)	D: 0.37 I: 0.36	0.32*

Tabla 5. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A3 *t.test

El segmento A4, ubicado por encima del cuerpo caloso, tiene un calibre de 1.67 m.m en el hemisferio derecho y de 1.47 m.m en el lado contralateral. ver tabla 6. En este segmento la arteria da origen a los ramos parietales anterior, medio y posterior en el 86.2% de los casos en forma bilateral. Estos ramos se origina en el 13.80% directamente de la arteria callosomarginal.

A4	Derecho	Izquierdo	SD	P
Diámetro (m.m)	1.67 (0.87– 2.36)	1.47 (0.73 – 2.22)	D: 0.32 I: 0.34	0.0169*

Tabla 6. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A4 *Kruskal-Wallis test

Se observó en A5, último segmento horizontal de la ACA, la reducción de diámetro. En algunas arterias su apariencia fue filiforme, siendo su diámetro promedio en el lado derecho de 0.99 y en el izquierdo de 0.86 m.m. ver tabla 7 y figura N 11. Su rama Pericallosa irriga el giro precuneal en el 38.6%, mientras que

en el resto de especímenes, la irrigación de esta circunvolución es dada por ramas procedentes de las arterias parietooccipital y parietales posteriores.

A5	Derecho	Izquierdo	SD	P
Diámetro (m.m)	0.99 (0.1 -1.75)	0.86 (0.25 - 1.74)	D: 0.32 I: 0.33	0.1125*

Tabla 7. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del calibre de la Arteria Cerebral anterior, segmento A5 *t.test

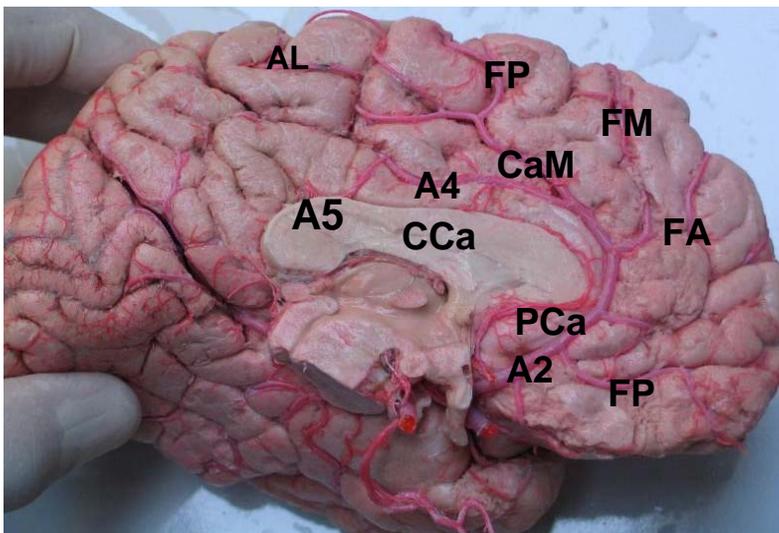


Figura N 11.
 Arteria cerebral anterior.
 FP arteria frontopolar.
 PCa arteria pericallosa.
 FA arteria frontal anterior.
 FM arteria frontal media.
 FP arteria frontal posterior.
 AL arteria para el lobulillo paracentral.
 CaM arteria callosomarginal.
 A2-A4-A5 segmentos de arteria cerebral anterior.

4.1.3.1. ARTERIA COMUNICANTE ANTERIOR (ACoA)

Las dos arterias cerebrales anteriores en la cisura interhemisféricas, se unen por la ACoA, la cual en los casos estudiados presentó una configuración única en 88.57% de los encéfalos y de duplicación en el 11.42%. No se registró ningún caso de agenesia. Ver figura 12.

Este vaso sanguíneo varía de dirección, orientándose en un sentido horizontal, en un 60% de los de los encéfalos evaluados y en dirección oblicua o ascendente hacia el lado derecho, en un 20% o izquierdo en el 20% restante. Ver figura 13.

El diámetro promedio de las ACoA horizontales fue de 1.96 m.m, las arterias con una dirección oblicua ascendente derecha registraron un calibre promedio de 2.0 m.m y en las arterias ascendentes oblicuas izquierdas se midió un diámetro de 1.67 m.m. TABLA 8

Al examinar los polígonos con duplicación de la ACoA, se registró un caso con ambos vasos hipoplásicos y en los 2 casos restantes solo se presentó una sola arteria con esta variación.

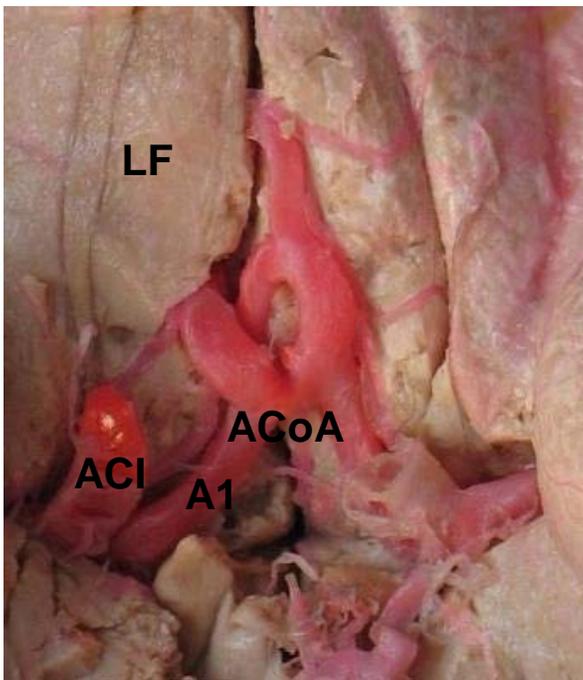


Figura N. 12.
Arteria comunicante anterior.
LF lóbulo frontal.
ACoA arteria comunicante anterior.
ACI arteria carótida interna.
A1 segmento de arteria cerebral anterior

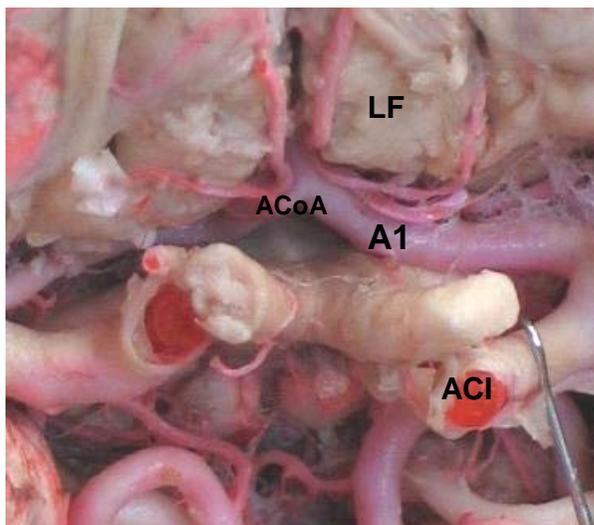


Figura N.13.
 Arteria comunicante anterior ascendente derecha.
LF lóbulo frontal.
ACoA arteria comunicante anterior ascendente derecha.
A1 segmento de arteria cerebral anterior.
ACI arteria carótida interna.

La longitud promedio de la ACoA fue de 1.76 m.m en las arterias de dirección horizontal, de 2.28 m.m en las de dirección oblicua derecha y de 1.87 m.m en las de dirección oblicua izquierda.

ACoA	Horizontal	Oblicua der.	Oblicua Izq.	SD	p
Diámetro (m.m)	1.96 (0.68 – 4.32)	2.0 (1.23 – 3.38)	1.67 (0.3 – 3.94)	H: 0.95 O.D: 0.78 O.I: 1.18	0.65*
Long. (m.m)	1.76 (0.5 - 4.3)	2.28 (1.17 – 3.16)	1.87 (0.9 -3.61)	H: 1.07 O.D: 3.16 O.I: 3.61	0.26*

Tabla 8. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del Diámetro y longitud de la Arteria Comunicante anterior. H: Horizontal OD: Oblicua derecha OI: Oblicua Izquierda. *t.test

4.1.4. ARTERIA CEREBRAL MEDIA (ACM)

Se originó como rama única de la división lateral de la ACI después de la emergencia de la arteria cerebral anterior, a nivel de la sustancia perforada

anterior, en el 100% de los casos analizados. De igual manera se corroboró que siguió su curso como un tronco principal, en la cisura lateral, hasta llegar al limen de la ínsula, donde sufrió su principal división.

Se encontró que la longitud del tronco principal (ACMTP), fué de 20.70 m.m en el lado derecho y de 24.6 m.m en el lado izquierdo. El calibre de esta misma estructura fue de 2.96 m.m en los hemisferios del lado derecho y de 2.92 en los especímenes contralaterales. Tabla número 9. Ver figura 14.

ACMTP	Derecho	Izquierdo	SD	P
Diámetro (m.m)	2.96 (2.21–4.14)	2.92 (2.12 -3.86)	D: 0.46 I: 0.49	0.78*
Longitud (m.m)	20.70 (6.59 - 43)	24.06 (8.11 - 35.77)	D: 8.3 I: 5.7	0.1*

Tabla 9. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del Diámetro y longitud del tronco principal de la Arteria Cerebral media. *t.test

El tronco principal no sufrió división en el 27.9 % de los hemisferios examinados, evidenciándose división en las formas bifurcada y trifurcada, como se muestra en la tabla número 10.

No División	Bifurcación	Trifurcación
D: 9 I: 9	D: 23 I: 20	D: 2 I: 4
27.9%	63.2%	8.8%

Tabla 10. Patrones de terminación de la Arteria Cerebral media.

Las arterias orbitofrontal lateral, frontal ascendente y las temporales anterior, media y posterior, son ramas corticales de la ACM. La tabla número 11 muestra cada una de estas arterias y el segmento en que se originan en la ACM. La arteria Orbitofrontal Lateral se originó de la arteria Frontal Ascendente en aproximadamente un 58% y en un 42% como ramo directo de la ACM. Ver figura 15.

La rama terminal se origina del tronco superior en un 26% de los casos evaluados, en un 4.34% del tronco medio y en 69.5% del tronco inferior.

ARTERIA	M1	M1 – M2	M2
Orbitofrontal Lateral	18.49%	8.14%	15.03%
Frontal Ascendente	100%	-	-
Temporal Anterior	84.61%	9.2%	6.15%
Temporal Media	27.27%	9.09%	63.6%
Temporal Posterior	3.07%	1.53%	95.38%

Tabla 11. Ramas terminales de la Arteria Cerebral media y su distribución por los respectivos segmentos.

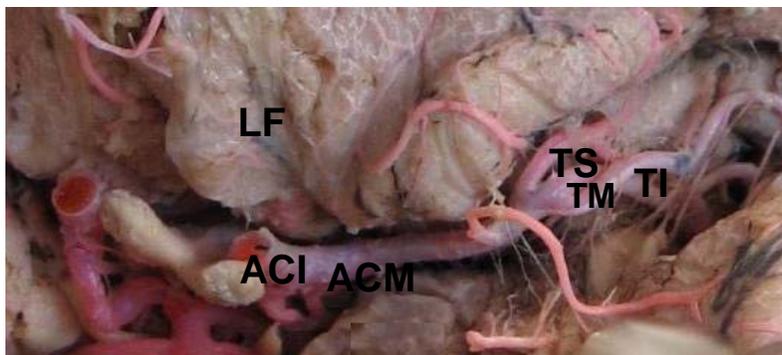


Figura N. 14.
Arteria cerebral media división.
LF lóbulo frontal.
ACI arteria carótida interna.
ACM arteria cerebral media.
TS tronco superior.
TM tronco medio.
TI tronco inferior.

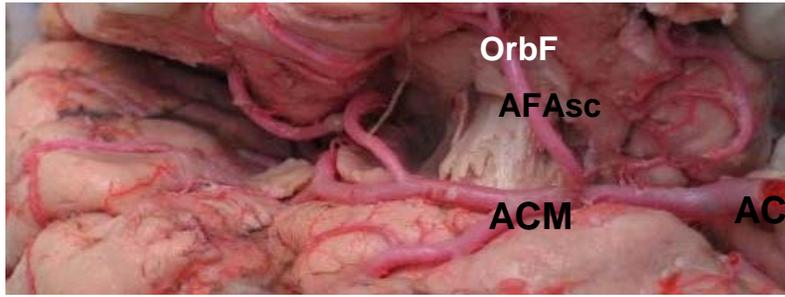


Figura N. 15.
 Arteria frontal ascendente y arteria Orbitofrontal lateral.
OrbF arteria orbito frontal lateral.
AFAsc arteria frontal ascendente.
ACM arteria cerebral media.
ACI arteria carótida interna

4.2. SISTEMA VERTEBROBASILAR

4.2.1. ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR (ACP)

En todos los casos examinados se originó de la bifurcación del tronco de la arteria basilar. El calibre de la arteria cerebral posterior en su segmento P1 fue en promedio 2.15 y 2.16 m.m, en los hemisferios derecho e izquierdo respectivamente. Dentro de los especímenes analizados se encontró solo una arteria cerebral posterior hipoplásica. La longitud del segmento P1 fue de 5.91 m.m en el hemisferio derecho y de 6.21 m.m en el lado contralateral. Ver Tabla 12

ACP	Derecho	Izquierdo	SD	P
Diámetro (m.m)	2.15 (0.74– 3.62)	2.16 (1.47 –3.22)	D: 0.50 I: 0.43	0.85*
Longitud (m.m)	5.91 (3.18 –9.06)	6.21 (3.68 – 10.41)	D: 1.42 I: 1.59	0.42*

Tabla 12. Valores medios, desviaciones estandar y rangos de valores del Diámetro y longitud de la Arteria Cerebral posterior. *t.test

En su segmento inicial (P1) y en ocasiones de la transición entre los segmentos P1 – P2 se originan las arterias coroideas posteriores mediales (ACorPM), su distribución se observa en la tabla número 13.

ACorPM	Derecha	Izquierda	Total
P1	23 (65.7%)	22 (66.7%)	45 (66.2%)
P1 – P2	12 (34.3%)	11 (33.3%)	23 (33.8%)
TOTAL	35	33	68 (100%)

Tabla 13. Distribución por número de los segmentos de origen de las Arterias coroideas posteriores mediales de acuerdo al hemisferio donde se encuentran.

Del segmento P2 se evidenció el origen de las arterias talamogenuculadas (A.T.G.), su distribución en número y porcentajes por hemisferio se observan en la tabla numero 14. En este mismo segmento se originan el 100% de las arterias coroideas posterolaterales (ACorPL).

A. T.G. (#)	Derecha	Izquierda	Total
1	7 (24,1%)	10 (33.3%)	17 (28%)
2	19(65.5%)	18(60%)	37(62.7%)
3	2 (6.9%)	2 (6.7%)	4(6.8%)
4	1(3.4%)	0(0%)	1(1.7%)
Total	29 (49.2%)	30 (50.8%)	100%

Tabla 14. Distribución por número de arterias talamogenuculadas de acuerdo al hemisferio donde se encuentran.

Las arterias temporales inferiores se originaron como tronco único en el 28.57% de los casos. En cuanto a su emergencia el 85.2% sale del segmento P2, el 14.1% de P3 y el 0.58% de la unión P1 - P2. En relación a la salida de la arteria

pericallosa posterior esta se origina en 4.9 % del segmento P2, en un 4.9 % del segmento P2-P3 y en 90.2% en el segmento P3.

4.3. CASOS DE VARIACIONES SIGNIFICATIVAS

En los especímenes recolectados se encontraron algunas presentaciones de arterias que por su expresión y trayectoria especial, dentro del parénquima cerebral merecen una descripción aparte.

CASO 1

Del segmento A3 ubicado en la cisura calloso marginal (no se pone en contacto con la rodilla del cuerpo calloso) emite una arteria calloso marginal accesoria la cual supe las ramas de las arterias frontales. La arteria calloso marginal principal continua irrigando el territorio tradicional, suministra arterias frontales y termina como arteria del lobulillo paracentral.

El segmento A4 en su porción proximal avanza en medio de la circunvolución del cíngulo, luego se entorcha y desciende para adoptar su dirección tradicional; finaliza con las ramas apriétales y precuneales. La arteria pericallosa filiforme, se limita a irrigar el área de la circunvolución del cíngulo. Ver figura N. 16.

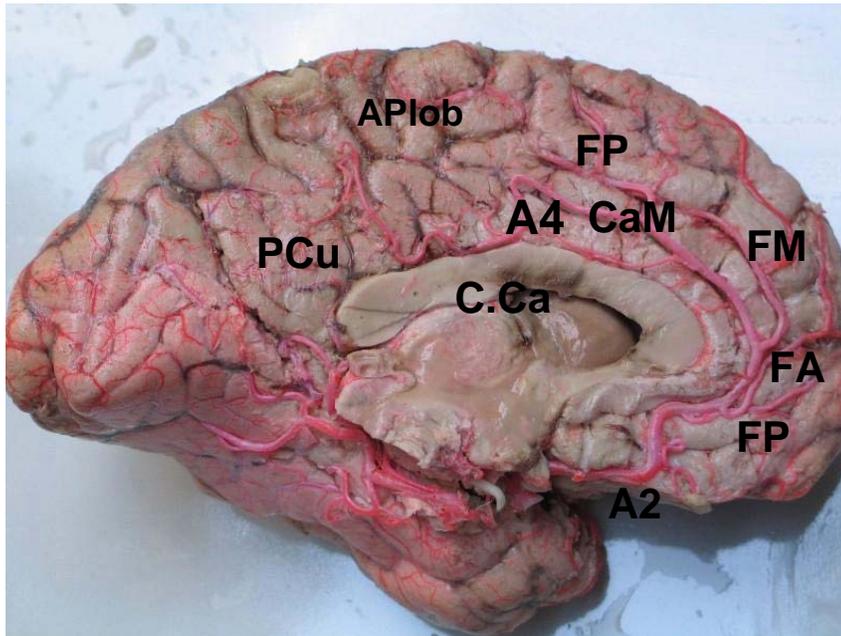


Figura N. 16. VARIACIÓN DE LAS RAMAS COLATERALES DE LA ACA.

A2 segmento de arteria cerebral anterior; **FP** arteria frontopolar; **FA** arteria frontal anterior; **FM** arteria frontal media; **CaM** arteria calloso marginal; **FP** arteria frontal posterior; **APlob** arteria para el lobulillo para central; **A4** segmento de la arteria cerebral anterior; **Pcu** arterias precuneales; **Cca** cuerpo calloso.

CASO 2

La arteria calloso marginal originada en la unión A1-A2-A3; adopta una trayectoria tradicional, emitiendo las ramas frontales anterior, media y termina como rama frontal posterior. En la unión de los segmentos A3-A4 surge una arteria calloso marginal accesoria que suple la circunvolución del cíngulo y el lobulillo paracentral. Ver figura N 17.

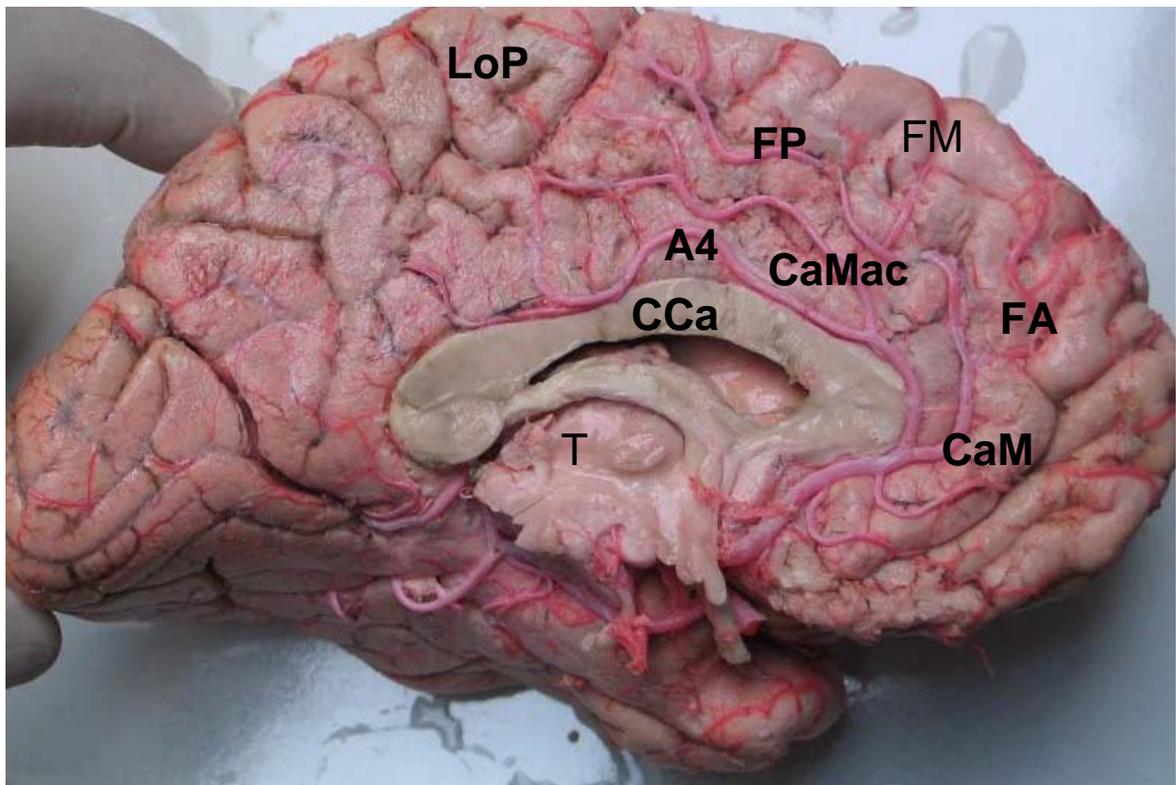


Figura. N 17. VARIACIÓN EN EL ORIGEN Y TRAYECTORIA DEL A1 CALLOSO

CaM arteria calloso marginal; **FA** arteria frontal anterior; **FM** arteria frontal media; **FP** arteria frontal posterior; **LoP** arteria del lobulillo paracentral; **CaMac** arteria calloso marginal accesoria; **CCa** cuerpo calloso; **T** tálamo; **A4** segmento de la arteria cerebral anterior.

CASO 3

La arteria pericallosa se presenta como tronco único, originada del segmento A2 izquierdo. Luego de rodear la rodilla del cuerpo calloso, se bifurca originando una rama para cada hemisferio. Ver figura N 18.

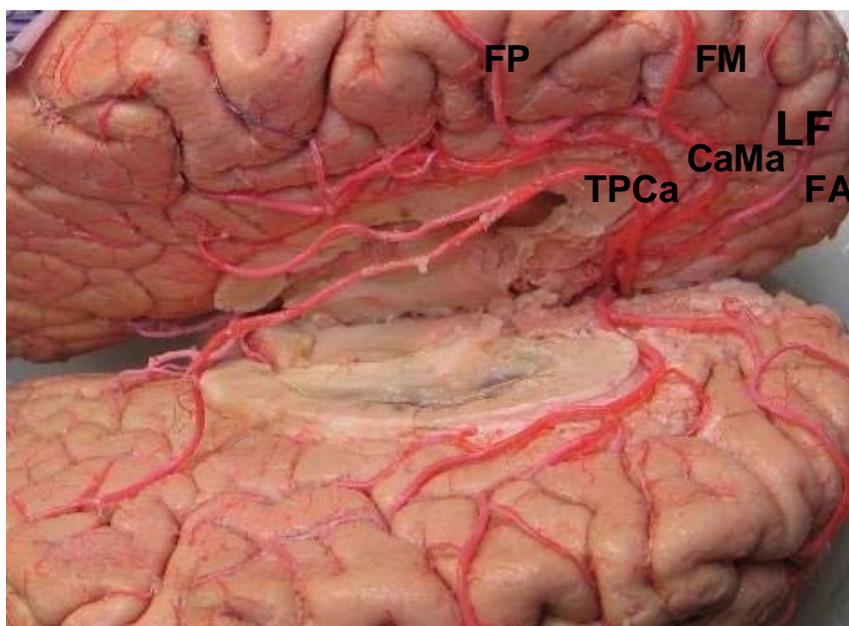


Figura N.18 VARIACIÓN DE LA ARTERIA PERICALLOSA

FA arteria frontal anterior; **LF** lóbulo frontal; **CaMa** arteria calloso marginal; **TPCa** tronco arterial principal de las arterias pericallosas; **FM** arteria frontal media; **FP** arteria frontal posterior.

CASO 4

Bifurcación de la arteria cerebral media a nivel de su segmento M2(insular). En la unión M1-M2 surge la rama frontal ascendente, de la cual se desprende a su vez la arteria orbito frontal lateral. Ver figura N 19.

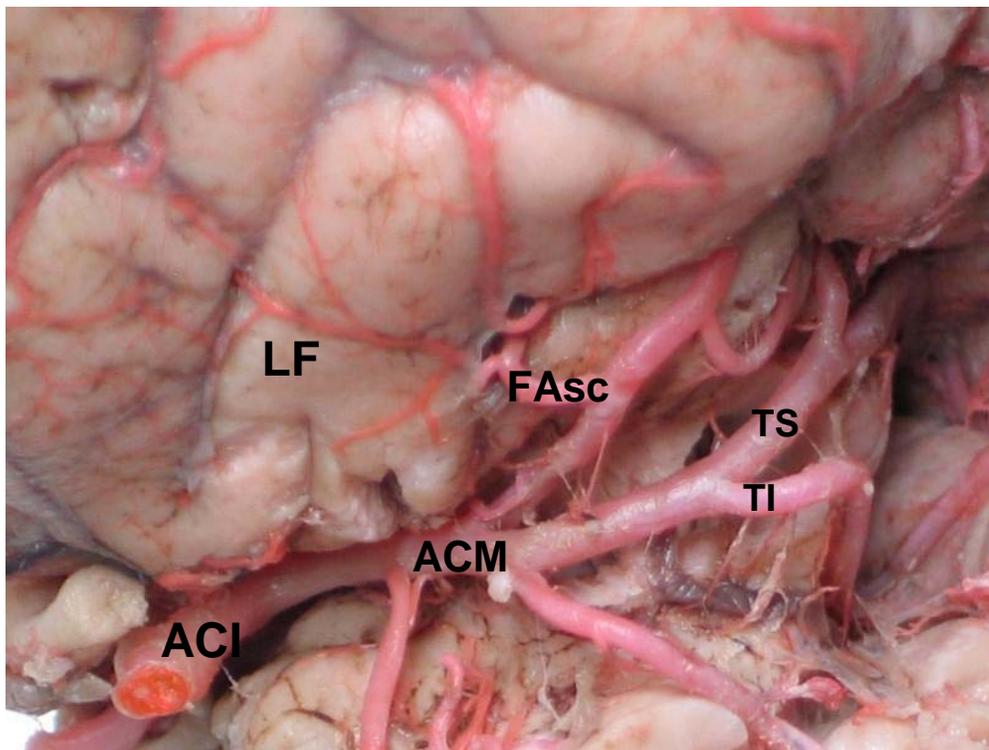


Figura N. 19 BIFURCACIÓN DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA

LF lóbulo frontal; **FAsc** arteria frontal ascendente; **ACI** arteria carótida interna; **ACM** arteria cerebral media; **TS** tronco superior; **TI** tronco inferior.

CASO 5

Las ramas frontales anterior y media, surgen directamente del segmento A3. La callosa marginal es corta y suministra las arterias frontales posteriores y una rama para el lobulillo paracentral. Del segmento A4 se originan ramas separadas para el lobulillo paracentral y las ramas parietales. Ver figura N 20.

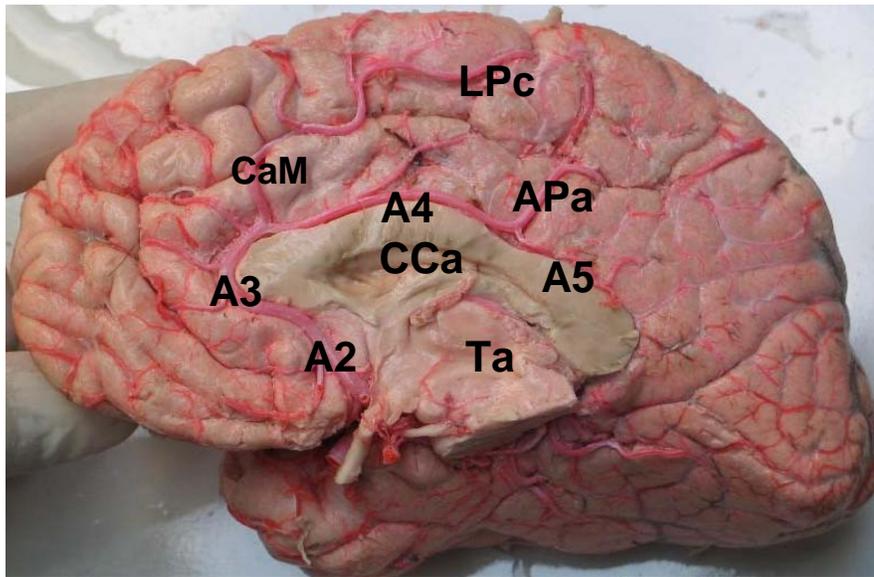


Figura N. 20 VARIACIÓN EN EL ORIGEN DE LA ARTERIA CENTRAL Y MEDIA Y DEL LOBULILLO PARACENTRAL

A2, A3, A4 y A5 segmentos de la arteria cerebral anterior; **Ta** tálamo; **CaM** arteria callosomarginal; **APa** arterias prietales; **LPc** arteria para el lobulillo paracentral.

5. DISCUSIÓN

El poder conocer en detalle la distribución anatómica de las arterias que irrigan el encéfalo, es de gran importancia para el personal de salud que participa en el diagnóstico clínico, en el análisis imagenológico y el tratamiento de patologías como la enfermedad cerebrovascular y las distintas disfunciones de los nervios craneales, producidas por la compresión de sus troncos nerviosos por los vasos sanguíneos.^{48,49,50} Esto cobra aún mayor importancia cuando existen muy pocos estudios poblacionales, que identifiquen las características y las diferencias estructurales de las arterias que irrigan el encéfalo, entre los diferentes grupos étnicos.

El estudio del árbol arterial cerebral ha permitido desarrollar técnicas como la inyección de resina poliéster, que permite conservar la forma y diámetro de los vasos, facilitando la identificación con precisión de las zonas irrigadas por cada sistema arterial.

El análisis de los resultados, del presente trabajo, se hará inicialmente para las arterias que conforman el círculo arterial cerebral y luego para las demás arterias cerebrales.

CIRCULO ARTERIOSO CEREBRAL (POLÍGONO DE WILLIS)

Es importante porque permite la comunicación entre los sistemas carotídeo y vertebrobasilar, regulando hemodinámicamente los flujos sanguíneos cerebrales. Estudios anteriores han demostrado que existen numerosas variaciones en el calibre y trayecto de las arterias componentes del círculo.

162 163 164 165 166 167 168 169 170
, , , , , , , , ,

En los 35 polígonos estudiados, la expresión de la ACoA fue predominantemente única en concordancia con estudios previos^{171, 172, 173, 174}. Pero, el 91.4% de los casos encontrados, es una cifra elevada al compararla con estudios en población

¹⁶² VAN OVERBEEKE J.J., HILLEN B., TULLEKEN C.A. A comparative study of the circle of Willis in fetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. *J Anat* 1991 Jun;176:45-54.

¹⁶³ GONZÁLEZ, A. A. Circulo arterial de Willis. Sus medidas externas y variaciones anatómicas. *Acta Neurol Latinoamer.*, 5: 1-6, 1959.

¹⁶⁴ BARBOSA L, PURRIEL J, MEERHOFF W, MEDOC J. El polígono de Willis y sus variaciones. Estudio autópsico sobre 215 casos. *Acta Neurol Latinoamer.* 15:224–236,1969.

¹⁶⁵ SENGUPTA, R. P. Anatomical variations in the origin of the posterior cerebral artery demonstrated by carotid angiography and their significance in the direct surgical treatment of posterior communicating aneurysms. *Neurochirurgia*, 7S(2):33-42, 1975.

¹⁶⁶ LAZORTHES, G.: GOUAZE, A.; SANTINI, J. J. and SALAMON, G. Le cercle arteriel du cerveau (circulus arteriosus cerebri). *Anat. Clínica*, 7:241-257, 1979.

¹⁶⁷ KAMATH, S. Observations en the length and diameter of vessels forming the circle of Willis. *J. Anat.*, 133(3): 419-23, 1981.

¹⁶⁸ ORLANDINI, G.; RUGGIERO, C.; ORLANDINI, S. Z. and GULISANO, M. Blood vessel size of circulus arteriosus cerebri: A Statistical Research on 100 Human Subjects. 725:72-6, 1985.

¹⁶⁹ MILISAVLJEVIC, M.; MARINKOVIC, S.; LOLIC-DRAGANIC, V. AND DJORDJEVIC, L. Anastomoses in the Territory of the Posterior Cerebral Arteries. *Acta Anat.*, 727:122-5, 1986.

¹⁷⁰ MANDIOLA E., ALARCÓN E., DEL SOL M., OLAVE E., MONTERO C., SANHUEZA P. Análisis Biométrico de las arterias comunicante anterior y cerebral anterior en el segmento precomunicante del circulo arterial cerebral. *International Journal of Morphology*, 23 (2):171 – 176,2005.

¹⁷¹ MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Anatomía con orientación clínica. Cuarta edición. Editorial médica Panamericana Madrid. 2002.

¹⁷² SNELL, R.S. Anatomía clínica. Sexta edición. Mc Graw -Hill Interamericana. México. 2002. p 740 –741.

¹⁷³ STEBBENS, W.E. Aneurysms and anatomical variation of cerebral vessels. *Arch. Pathol.* 1963.75:45-64.

¹⁷⁴ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. URL: <http://www.vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/Cardiovascular/Directory/Region/ArteriesHeadNeckThorax.html>. 2003.

mestiza chilena donde fue del 71%¹⁷⁵ y anglosajona donde solo se alcanza el 60%.¹⁷⁶

En el presente trabajo no se encontró agenesia ni triplicación de esta arteria, variaciones descritas en otros estudios, que han reportado la agenesia hasta en un 3% y la triplicación hasta en un 7%.^{177,178,179}

En esta investigación se tuvo en cuenta la trayectoria de la ACoA, encontrándose predominio de la dirección en sentido horizontal en el 60% de los encéfalos evaluados, valor que contrasta con estudios en otros grupos poblacionales donde se ha encontrado la dirección oblicua en aproximadamente el 80% de los encéfalos observados.¹⁷

Los rangos de los valores encontrados en la longitud de la ACoA, en este trabajo, estuvieron entre los 0.3 a 4.3 m.m, los cuales son menores al compararlos con otros estudios donde la longitud varia entre los 5 a 10 mm.¹⁸⁰

¹⁷⁵ BAZOWSKI P, LADZINSKI P, GAMROT J, RUDNIK A, BARON J. Aneurysms of the anterior communicating artery and anomalies of the anterior part of the circle of Willis. *Neurol Neurochir Pol*, 25(4):485-90,1991.

¹⁷⁶ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

¹⁷⁷ MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, CORCOS L, BRIZZI E. Magnetic resonance angiographic evaluation of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a morphologic study in 100 human healthy subjects. *Ital J Anat Embryol*. 1996.101(2):115-23.

¹⁷⁸ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTROYA J. Angio - Rm de las variantes anatómicas del polígono de willis. Poster en Neurroradiología. XXV congreso nacional de la sociedad española de radiología médica. Madrid.2000.

¹⁷⁹ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

¹⁸⁰ CROWELL R.M., MORAWETZ R.B. The anterior communicating artery has significant branches. *Stroke* 1977 Mar-Apr;8(2):272-3.

En relación al diámetro de la AcoA, este varió entre los 0.3 y 4.3 m.m, cifras muy similares a las reportadas en la literatura.^{181, 182} En este trabajo se encontraron 7 arterias hipoplásicas, que representan un 18.4% de las arterias examinadas. Estos datos contrastan con los hallados en población caucásica, donde se reportan valores entre el 5% a 6% de los casos.^{183,184} Y en individuos de raza mestiza donde se han reportado este tipo de arterias en un 41%.¹⁸⁵

Sobre el segmento precomunicante de la arteria cerebral anterior (A1), aparece como la forma habitual descrita por Willis en el 100% de los especímenes, sin que se hubiese observado su ausencia o hipoplasia. Estos datos llaman la atención ya que, en estudios en población caucásica y mestiza, se han encontrado arterias hipoplásicas en un 7% a un 9.9%.^{186, 187, 188, 189, 190}

Estos hallazgos son importantes porque se ha descrito en la literatura que pacientes con aneurismas de la arteria Comunicante Anterior, presentan en un 37.7% a 52% de los casos, hipoplasia contralateral del segmento A1 y duplicación

¹⁸¹ BUSTAMANTE, J. Neuroanatomía funcional. Segunda Edición. Editorial Celsus. Medellín. 1994.

¹⁸² CROWELL R.M., MORAWETZ R.B., Op. Cit. 272-3.

¹⁸³ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op.Cit.

¹⁸⁴ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

¹⁸⁵ BAZOWSKI P, LADZINSKI P, GAMROT J, RUDNIK A, BARON J. Aneurysms of the anterior communicating artery and anomalies of the anterior part of the circle of Willis. 25(4):485-90,1991.

¹⁸⁶ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. URL: <http://www.vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/Cardiovascular/Directory/Region/ArteriesHead>. 2003.

¹⁸⁷ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

¹⁸⁸ KANE A.G., DILLON W.P., BARKOVICH A.J, NORMAN D., DOWD C.F., KANE T.T. Reduced caliber of the internal carotid artery: a normal finding with ipsilateral absence or hypoplasia of the A1 segment. AJNR Am J Neuroradiol 1996 Aug;17(7):1295-301.

¹⁸⁹ CHARBEL F.T., SEYFRIED D., MEHTA B., DUJOVNY M., AUSMAN JI. Dominant A1: angiographic and clinical correlations with anterior communicating artery aneurysms. Neurol Res. 1991 Dec;13(4):253-6.

¹⁹⁰ BAZOWSKI P, LADZINSKI P, GAMROT J, RUDNIK A, BARON J. Op Cit., p. 485-90.

de la AcoA (9.7% -10%)^{191,192}. Esto podría explicarse porque su presencia provoca un desequilibrio circulatorio sobre este segmento del polígono.

La ACoP fue la arteria del polígono, más variable en este estudio, de manera similar a los reportes de estudios previos.^{193,194} En nuestra serie estuvo presente en todos los casos, resultado que contrasta con otros autores que describen su ausencia uni o bilateral hasta en un 4,7% de los casos.^{195,196,197,198,199} Su longitud varió entre 8.3 y 21.2 m.m y su calibre entre 0.57 y 2.62 m.m, medidas que concuerda con las halladas en otros estudios.^{200,201,202,203}

En 16 casos (37.9%) se encontró que la ACoP tenía un calibre inferior a 1 mm. La hipoplasia bilateral hallada en nuestro estudio (27.3%) es significativamente superior a lo señalado en reportes previos, los cuales solo alcanzan un 6%.²⁰⁴

¹⁹¹ SUZUKI M, OGAWA A, KAYAMA T, SAKURAI Y, SUZUKI J. Vascular anomalies associated with anterior communicating aneurysms. No Shinkei Geka,16(5 Suppl):498-502,1988.

¹⁹² SAEKI RHOTON Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of Willis. 1977.

¹⁹³ JANETTA, P. J. Arterial compression of the trigeminal nerve at the pons in patients with trigeminal neuralgia. J. Neurosurg., 26:159-62, 1967.

¹⁹⁴ SENGUPTA, R. P. Anatomical variations in the origin of the posterior cerebral artery demonstrated by carotid angiography and their significance in the direct surgical treatment of posterior communicating aneurysms. Neurochirurgia, 33-42, 1975.

¹⁹⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

¹⁹⁶ JANETTA, P. J. Op. Cit., p. 26:159-62, 1967.

¹⁹⁷ SENGUPTA, R. Op. Cit., p. 33-42, 1975.

¹⁹⁸ RHOTON AL, SAEKI N, PERLMUTTER D. Microsurgical anatomy of the circle of Willis. In: Rand R W (Ed.): Microneurosurgery, 3rd edition. St. Louis: C V Mosby Company. pp 513-543, 1985.

¹⁹⁹ GONZÁLEZ A. Op. Cit., p.1-6.

²⁰⁰ SENGUPTA, R. P. Op. Cit., p. 33-42, 1975.

²⁰¹ RHOTON AL, SAEKI N, PERLMUTTER D. Microsurgical anatomy of the circle of Willis. In: Rand R W (Ed.): Microneurosurgery, 3rd edition. St. Louis: C V Mosby Company. pp 513-543, 1985.

²⁰² GONZÁLEZ A. Op. Cit. p., 1-6.

²⁰³ FIELDS WS, BRUETMAN ME, Colateral circulation of the brain. Baltimore: Williams and Wilkins. 1965.

²⁰⁴ SAEKI N.; RHOTON A.L. Op. Cit. p. 46: 563.

Mientras que la hipoplasia unilateral (10.6%) observada en nuestro trabajo, es inferior a la de otros.^{205, 206, 207, 208, 209, 210}

Según los diferentes autores el calibre del segmento P1 se encuentra entre 0,7 y 4 m.m, con un promedio de 2,1 a 2,6.^{211, 212} medidas concordantes con las halladas en este trabajo. En un caso se encontró hipoplasia de este vaso, cuyo calibre fue menor al de la comunicante posterior (ACoP). Este tipo de configuración del polígono recibe el nombre de embrional o fetal,^{213, 214, 215, 216, 217} de la cual su frecuencia oscila entre el 15 y 49% siendo para este trabajo de tan solo un 2.9%.

Se ha descrito una longitud promedio de P1, de 10.3 m.m para los polígonos fetales y en los considerados normales de 5.7 m.m.²¹⁸ Este último resultado es concordando con lo hallado en este estudio.

²⁰⁵ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op. Cit.

²⁰⁶ MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, Op. Cit., p. 101(2):115-23.

²⁰⁷ VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Op. Cit.

²⁰⁸ SAEKI N.; RHOTON A.L. Op. Cit. p. 46: 563.

²⁰⁹ VAN OVERBEEKE J.J., HILLEN B., TULLEKEN C.A. A comparative study of the circle of Willis in fetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. 1991 176:45-54.

²¹⁰ FUJIMOTO K., TANAKA O. Morphological examination of the circulus arteriosus cerebri humani (circle of Willis). Anterior and posterior communicating arteries. Kaibogaku Zasshi 1989 Oct;64(5):481-9.

²¹¹ RHOTON AL, SAEKI N, PERLMUTTER D. Op. Cit., p. 513–543, 1985.

²¹² FIELDS WS, BRUETMAN ME, WEIBEL J. Op. Cit.

²¹³ JANETTA, P. J. Op. Cot., p. 26:159-62.

²¹⁴ SENGUPTA, R. P. Op. Cit., p. 33-42.

²¹⁵ RHOTON AL, SAEKI N, PERLMUTTER D. Op. Cit., p. 513–543.

²¹⁶ GONZÁLEZ A. Op.Cit., p. 1–6.

²¹⁷ FIELDS WS, BRUETMAN ME, WEIBEL J. Op.Cit.

²¹⁸ PEDROZA C.A. Escobar M.I. y Pimienta H.J. Editorial Universidad del Valle.1998:143-150.

ARTERIAS CEREBRALES

Al comparar los valores de la arteria coroidea anterior, en términos de su origen y diámetro arterial, los porcentajes obtenidos son similares a los reportados previamente en la literatura.^{219, 220, 221, 222}

Con respecto a la ACA en su segmento A2 los diámetros (2.5 m.m) son parecidos a los reportados por Stefani.²²³ Se hizo una búsqueda exhaustiva en la literatura de los diámetros de sus segmentos medio y distales sin hallar investigaciones que se ocuparan de estos registros. Estas medidas podrán constituirse en referencia para futuras investigaciones.

La expresión del origen morfológico de la arteria recurrente de Heubner, del segmento A1 es concordante a lo reportado por Gomes²⁷ y Rhoton²⁶; la frecuencia de su origen a partir del segmento A2, es similar a la obtenida por Gomes²⁷ y distante al reporte de Rhoton²⁶. En cuanto al origen a partir de la superficie A1 y A2, hay diferencias con los autores mencionados.

²¹⁹ BUSTAMANTE, J. Op. Cit.

²²⁰ FERREIRA A., BRAGA F. M. Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery. Arq Neuropsiquiatr 1990 Dec;48(4):448-53.

²²¹ STEBBENS, W.E. Aneurysms and anatomical variation of cerebral vessels. Arch. Pathol. 1963.75:45-64.

²²² BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. Op.Cit.

²²³ STEFANI M.A., SCHNEIDER F.L., MARRONE A.C., SEVERINO A.G., JACKOWSKI A.P., WALLACE M.C. Anatomic variations of anterior cerebral artery cortical branches. Clin Anat 2000;13(4):231-6.

SEGMENTO	Gomes	Rothon	Presente Estudio
A1	8%	14%	9%
A1- A2	35%	8%	27%
A2	57%	78%	55%

Tabla 15. Frecuencia de origen de la arteria recurrente de Heubner

La rama orbitofrontal medial, en este trabajo se encontró originada como una rama independiente de la ACA o formando un tronco común con la frontopolar. Esta última expresión ha sido descrita previamente en un 18% de los casos,²⁵ cifra similar al 20.6% observado en el lado derecho, en este trabajo, pero baja con respecto al 31.4% hallado en el hemisferio izquierdo.

La emergencia de la arteria frontopolar directamente del segmento A2 o de un tronco con la orbitofrontal, es concordante con lo descrito por otros autores.^{25,28}

Los vasos Frontales y Parietales anteriores, medios e posteriores se originan directamente de la ACA distal y del tronco de la arteria callosomarginal, en forma similar a lo descrito en la literatura.^{224, 225, 226, 227, 228, 229,230,231}

Una de las regiones más importantes de la superficie medial, es el lobulillo paracentral, que corresponde a la extensión de los giros pre y poscentral. En él tienen asiento tanto funciones sensitivas como motoras, de ahí la importancia de

²²⁴ SNELL, R.S. Anatomía clínica. Sexta edición. Mc Graw -Hill Interamericana. México. 2002. p 740 –741.

²²⁵ BUSTAMANTE, J. Op.Cit.

²²⁶ CARPENTER M.B. Op. Cit.

²²⁷ BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Op. Cit.

²²⁸ DUNKER R.O.; HARRIS A.B. Surgical anatomy of the proximal anterior cerebral artery. Journal of Neurosurgery. 1976. 44(3): 359 – 67.

²²⁹ PERLMUTTER D; RHOTON A.L Jr. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral anterior communicating-recurrent artery complex. Journal of Neurosurgery. 1976. 45(3): 259-72.

²³⁰ RHOTON AL Jr, PERLMUTTER D. Op. Cit., p. 217-51.

²³¹ GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN JI, MIRCHANDANI HG, Ray WJ. Microanatomy of the anterior cerebral artery.Surg Neurol. 1986 Aug;26(2):129-41.

su irrigación. Reportes previos han evidenciado que la arteria del lobulillo paracentral puede originarse directamente del segmento A4 o de la arteria callosomarginal.²³² Nuestros resultados discrepan con los hallazgos de Stefani, quien encontró un origen mas frecuente a partir de A4.²³³

En nuestro trabajo, el segmento A5 termina como arteria pericallosa, la cual se une con la rama pericallosa posterior de la ACP. En la literatura esta descrito que la arteria precuneal, usualmente es su rama terminal.²³⁴ En contraste observamos en los especimenes evaluados que la mayoría de las arterias que suplen la circunvolución precuneal Procedían principalmente, y no de manera esporádica, de la parietooccipital. Esto explicaría como los fenómenos oclusivos de la ACP pueden expresarse con alteraciones de la asociación visual.

La disección de la ACM, dió como resultado que la longitud de su tronco principal fue de aproximadamente 20 m.m, cifra ligeramente mayor que la encontrada en otros estudios ²³⁵, ²³⁶, ²³⁷, ²³⁸ pero similar a lo reportado por Pai S Balaji en población hindú.⁷⁰ El diámetro medido en el segmento M1 fue de 3.0 m.m, cifra similar a la reportada por Umansky y Yasargil, pero ligeramente menor a los reportes de Idowu en adultos nigerianos (3.49 m.m) y de Pai S Balaji (3.35 m.m).²³⁹, ²⁴⁰, ²⁴¹, ²⁴², ²⁴³

²³² GONZÁLEZ A. Op. Cit., p. 1–6.

²³³ STEFANI M.A., SCHNEIDER F.L., MARRONE A.C., SEVERINO A.G., JACKOWSKI A.P., WALLACE M.C. Anatomic variations of anterior cerebral artery cortical branches. Clin Anat 2000;13(4):231-6.

²³⁴ YASARGIL MG: Intracranial arteries. In Yasargil MG, Microneurosurgery Vol I. New York: Thieme Medical Publishers Inc; 1987. p. 54-164.

²³⁵ UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1984 Sep;61(3):458-67.

²³⁶ PAI S. B., VARMA R.G., KULKARNI R.N. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. Neurol India;53:186-190, 2005.

²³⁷ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. East Afr Med J 2002 Apr;79(4):217-20.

²³⁸ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Anomalies and variations of the middle cerebral artery: a microanatomical study. Neurosurgery, 1988. 1023-7.

²³⁹ UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1984 Sep;61(3):458-67.

En nuestro estudio predominó la expresión bifurcada de la ACM (63%), similar a lo señalado por Umansky.^{244,245} Otros estudios²⁴⁶ reportan cifras que oscilan entre 78% y 81% de los casos. La frecuencia de la forma trifurcada (8.8%) es ligeramente menor a lo reportado en grupos poblacionales negroide y caucásico^{247, 248}. Se destaca la alta frecuencia de trifurcación encontrada por Umansky (29%).^{249, 250, 251}

En cuanto a la emergencia de las arterias talamogenuculadas no se encontró discrepancia en lo descrito en los estudios previos.²⁵²

De los ramos que da la ACM, para los ventrículos lateral y tercer ventrículo, están las ACorPM y AcorPL. La primera se origina, de acuerdo a reportes previos de los segmentos P2 y P3.⁷¹ En nuestra casuística el origen de la arteria posteromedial fue el segmento P1, siendo relevante el significativo número de piezas anatómicas (33.8%) que se originaron de la transición entre las regiones P1 y P2; no se encontraron arterias originándose de los segmentos P2 y P3. En relación con La

²⁴⁰ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. *East Afr Med J* 2002 Apr;79(4):217-20

²⁴¹ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Anomalies and variations of the middle cerebral artery: a microanatomical study. *Neurosurgery* 1988:1023-7.

²⁴² PAI S. B., VARMA R.G., KULKARNI R.N. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *Neurol India*;53:186-190, 2005.

²⁴³ RHOTON A.L Jr. The supratentorial arteries. *Neurosurgery* 51 (suppl 1): 53 - 120, 2002.

²⁴⁴ UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. *Op. Cit.* p. 458-67.

²⁴⁵ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI. *Op. Cit.* p. 1023-7.

²⁴⁶ HIROHIKO. G. CARVER C.C. THOTON. A.L. LENKCY C. and MITCHEL R J. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J. Neurosurgery.* 54: 151 . 169. 1981.

²⁴⁷ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. *East Afr Med J* 2002 Apr;79(4):217-20.

²⁴⁸ HIROHIKO. G. CARVER C. THOTON. A.L. LENKCY C. MITCHEL R J. *Op. Cit.*, p. 54: 151-169.

²⁴⁹ UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 1984 Sep;61(3):458-67.

²⁵⁰ IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. *East Afr Med J* 2002 Apr;79(4):217-20.

²⁵¹ UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Anomalies and variations of the middle cerebral artery: a microanatomical study. *Neurosurgery* 1988:1023-7

²⁵² HIROHIKO. G. CARVER C.C. THOTON. A.L. LENKCY C. MITCHEL. *Op. Cit.* p. 54: 151-169.

Arteria Coroidea posterolateral, su origen se encontró principalmente en el segmento P2, situación similar a la descrita en la literatura.²⁵³

Se hizo una amplia búsqueda bibliográfica del origen por segmentos de las arterias temporales inferiores y pericallosa posterior, sin que se encontrasen cuantificación de sus diferentes expresiones. Los resultados obtenidos podrían ser punto de referencia para futuros procesos de investigación.

²⁵³ HIROHIKO. G. CARVER C.C. THOTON. A.L. LENKCY C. MITCHEL. Op. Cit. p. 54: 151-169.

6. CONCLUSIONES

La alta frecuencia de hipoplasias unilaterales y bilaterales de las arterias comunicantes posteriores podría explicar cuadros de isquemia, en pacientes neuroquirurgicos con manipulación hemostática generando alteración del equilibrio del circulo arterial cerebral.

La variabilidad de la expresión de la configuración clásica del circulo arterial cerebral se aproxima al 45.5% de las muestras evaluadas

La diversa y frecuente variabilidad de las colaterales que se originan de la arteria cerebral anterior especialmente la arteria calloso marginal explicaría los diferentes signos semiológicos no clásicos; igualmente la comprensión de los diferentes medios imageneologicos.

La baja frecuencia de división del tronco de la arteria cerebral media; es factor que incide en el mayor compromiso de áreas corticales durante los episodios isquemicos y hemorrágicos; igualmente la dificultad en el diagnostico y en su manejo. La marcada variabilidad del componente arterial cerebral observada en este trabajo, motiva la realización de estudios similares en otras regiones de Colombia; con ello se enriquece el conocimiento sobre expresión de la vascularización cerebral en nuestra población

BIBLIOGRAFIA

ANDERHUBER F., WEIGLEIN A., PUCHER R.K. Trifurcations of the middle cerebral arteries. *Acta Anat (Basel)* 1990;137(4):342-9.

AYDIN IH, TAKCI E, KADIOGLU HH, TUZUN Y, KAYAOGLU CR, BARLAS E. Vascular variations associated with anterior communicating artery aneurysms-an intraoperative study. *Minim Invasive Neurosurg* 1997 Mar;40(1):17-21.

BARBOSA L, PURRIEL J, MEERHOFF W, MEDOC J. El polígono de Willis y sus variaciones. Estudio autópsico sobre 215 casos. *Acta Neurol Latinoamer.* 15:224–236,1969.

BAUTISTA L. Tendencias de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Santander, 1982 – 1996. CIE – UIS. Observatorio de enfermedades cardiovasculares. Material impreso. Septiembre 2000. pp 47.

BAZOWSKI P, LADZINSKI P, GAMROT J, RUDNIK A, BARON J. Aneurysms of the anterior communicating artery and anomalies of the anterior part of the circle of Willis. *Neurol Neurochir Pol*, 25(4):485-90,1991.

BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K., MIYAUCHI, R. URL: <http://www.vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/Cardiovascular/Directory/Region/ArteriesHeadNeckThoraxhtml>. 2003.

BERGMAN Ronald. A., AFIFI Adel K. Neuroanatomía funcional. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana. Mexico. 1999.

BUSTAMANTE, J. Neuroanatomía funcional. Segunda Edición. Editorial Celsus. Medellín. 1994.

CARPENTER M.B. Neuroanatomía fundamentos. Cuarta edición. Editorial médica Panamericana. Buenos Aires. 1994.

CAVDAR, S.; DALCIK, H.; YALIN, A. A rare case of the posterior inferior cerebellar artery. Acta Anal (Basel)., 152(3):234-6, 1995.

CHARBEL F.T., SEYFRIED D., MEHTA B., DUJOVNY M., AUSMAN JI. Dominant A1: angiographic and clinical correlations with anterior communicating artery aneurysms. Neurol Res. 1991 Dec;13(4):253-6.

COLLINS, R.C. Neurology. First Edition. W.B.Saunders Company, Pennsylvania,USA. 1997.

CORCOS L, BRIZZI E. Magnetic resonance angiographic evaluation of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a morphologic study in 100 human healthy subjects. Ital J Anat Embryol. 1996.101(2):115-23.

CROWELL R.M., MORAWETZ R.B. The anterior communicating artery has significant branches. Stroke 1977 Mar-Apr;8(2):272-3.

DEMYER W. Neuroanatomy. 2 ed. Williams & Wilkins. Baltimore 1998.

WAXMAN, S.G. Correlative Neuroanatomy. 23 ed. Appleton & Lange. Stanford, Connecticut. 1996.

DIAMON M.C.; SCHEIBEL, A.B.; ELSON, L.M. The human brain. First edition. Harper Collins Publishers Inc. U.S.A. 1996.

DONZELLI R., MARINKOVIC S., BRIGANTE L., DE DIVITIIS O., NIKODIJEVIC I., SCHONAUER C., MAIURI F. Territories of the perforating (lenticulostriate) branches of the middle cerebral artery. *Surg Radiol Anat* 1998;20(6):393-8.

DUNKER R.O.; HARRIS A.B. Surgical anatomy of the proximal anterior cerebral artery. *Journal of Neurosurgery*. 1976. 44(3): 359 – 67.

DUROUX, M. M. P. E.; DUJOL, H.; AVET, J.; GABRIELLE, C. L. A propos du polygone de Willis. *C. R. Ass, Anat.*, 79:328-38, 1953.

FERREIRA A., BRAGA F. M. Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery. *Arq Neuropsiquiatr* 1990 Dec;48(4):448-53.

FIELDS WS, BRUETMAN ME, WEIBEL J. Colateral circulation of the brain. Baltimore: Williams and Wilkins. 1965.

FUJIMOTO K., TANAKA O. Morphological examination of the circulus arteriosus cerebri humani (circle of Willis). Anterior and posterior communicating arteries. *Kaibogaku Zasshi* 1989 Oct;64(5):481-9.

GIBO H., CARVER C.C., RHOTON AL JR, LENKEY C., MITCHELL R.J. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 1981 Feb;54(2):151-69.

GOMES FB, DUJOVNY M, UMANSKY F, BERMAN SK, DIAZ FG, AUSMAN JI, MIRCHANDANI HG, Ray WJ. Microanatomy of the anterior cerebral artery. *Surg*

Neurol. 1986 Aug;26(2):129-41.

GONZÁLEZ A. Círculo arterial de Willis. Sus medidas externas y variaciones anatómicas. Acta Neurol Latinoamer 5:1-6,1959.

GONZÁLEZ, A. A. Circulo arterial de Willis. Sus medidas externas y variaciones anatómicas. Acta Neurol. Latinoamer., 5: 1-6, 1959.

HASHIMOTO M.; URASAKI E.; TSUJIGAMI S.; YOKOTA A. Ruptured aneurysms associated with partially duplicated posterior communicating artery- case report. Neurol Med Chir (Tokyo) 2002. Jan; 42(1): 23 – 6.

HIROHIKO. G. CARVER C.C. THOTON. A.L. LENKCY C. and MITCHEL R J. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. J. Neurosurgery. 54: 151 . 169. 1981.

JACKOWSKI A.P., MENESES M.S., RAMINA R., MARRONE A.C., STEFANI M.A., AQUINI M.G., WINKELMANN E.C., SCHNEIDER F.L. Perforating and leptomeningeal branches of the anterior communicating artery: an anatomical review. Critical Reviews in Neurosurgery 1999 sep 24;9(5):287-294.

JANETTA, P. J. Arterial compression of the trigeminal nerve at the pons in patients with trigeminal neuralgia. J. Neurosurg., 26:159-62, 1967.

JIMENEZ-CASTELLANOS, JR; ARMONA; TALINA, J.; JIMENEZ-CASTELLANOS, J. Sr. Gross (mesoscopic) and applied anatomy of the anterior inferior cerebellar artery in man with special reference to its course through the cerebellopontine angle región. Acta Anat., 143(3): 182-7,1992.

KAMATH, S. Observations en the length and diameter of vessels forming the circle of Willis. *J. Anat.*, 133(3): 419-23, 1981.

KANE A.G., DILLON W.P., BARKOVICH A.J, NORMAN D., DOWD C.F., KANE T.T. Reduced caliber of the internal carotid artery: a normal finding with ipsilateral absence or hypoplasia of the A1 segment. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996 Aug;17(7):1295-301.

KIRGIS H D, FISCHER W L, LLEWELLYN R C, McC. PEEBLES E. Aneurysms of the anterior communicating artery and gross anomalies of the circle of Willis. *J Neurosurg* 25:73–78, 1966.

IDOWU O.E., SHOKUNBI M.T., MALOMO A.O., OGUNBIYI J.O. Size, course, distribution and anomalies of the middle cerebral artery in adult Nigerians. *East Afr Med J* 2002 Apr;79(4):217-20.

LAZORTHES, G.: GOUAZE, A.; SANTINI, J. J. and SALAMON, G. Le cercle arteriel du cerveau (circulus arteriosus cerebri). *Anat. Clínica*, 7:241-257, 1979.

MACCHI C., CATINI C, FEDERICO C, GULISANO M, PACINI P, CECCHI F, PERLMUTTER D; RHOTON A.L Jr. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral anterior communicating-recurrent artery complex. *Journal of Neurosurgery*. 1976. 45(3): 259-72.

MANDIOLA E.,ALARCÓN E., DEL SOL M.,OLAVE E.,MONTERO C., SANHUEZA P. Análisis Biométrico de las arterias comunicante anterior y cerebral anterior en el segmento precomunicante del circulo arterial cerebral. *International Journal of*

Morphology, 23 (2):171 – 176,2005.

MARINKOVIC S, MILISAVLJEVIC M, MARINKOVIC Z. Branches of the anterior communicating artery. Microsurgical anatomy. Acta Neurochir (Wien) 1990;106(1-2):78-85.

MARINKOVIC S.V., MILISAVLJEVIC M.M., KOVACEVIC M.S., STEVIC Z.D. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microanatomy and clinical significance of their intracerebral segments. Stroke 1985 Nov - Dec;16 (6): 1022-9.

MARTÍN J.H. Neuroanatomy. Primera Edicion. Appleton & Lange. Stanford, Connecticut. 1996.

MARTÍNEZ F, SGARBI N., ARMAND-UGÓN G. PRINZO H. y Soria V. Estudio anatómico sobre el polígono de Willis. Parte II: sector posterior. Arch Inst Neurol; 6(1): 22 – 30, 2003.

MILISAVLJEVIC, M.; MARINKOVIC, S.; LOLIC-DRAGANIC, V. AND DJORDJEVIC, L. Anastomoses in the Territory of the Posterior Cerebral Arteries. Acta Anat., 727:122-5, 1986.

MOORE. K.L.; DALLEY, A.F. Anatomía con orientación clínica. Cuarta edición. Editorial médica Panamericana Madrid. 2002.

OPS. Boletín epidemiológico. Glosario de indicadores y datos. Volumen 21, N.4. URL: <http://www.col.ops-oms.org.co>

ORLANDINI, G.; RUGGIERO, C.; ORLANDINI, S. Z. and GULISANO, M. Blood vessel size of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): A Statistical Research on 100 Human Subjects. Acta Anat., 725:72-6, 1985.

PAI S. B., VARMA R.G., KULKARNI R.N. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *Neurol India*;53:186-190, 2005.

PEDROZA C.A. Circulación. En Escobar M.I. y Pimienta H.J. eds. *Sistema Nervioso*. Cali. Editorial Universidad del Valle. 1998:143-150.

RALPH, L.B. Introducción a la Antropología. Tercera Edición. 1974. Bogotá. Editorial Aguilar.

Alpers B.J, Berry R.G, Paddison R.M. Anatomical studies of the circle of Willis in normal brain. *Arch Neurol Psychiat* 81:409–418, 1959.

RHOTON A.L Jr. The supratentorial arteries. *Neurosurgery* 51 (suppl 1): 53 - 120, 2002.

RHOTON AL Jr, PERLMUTTER D. Microsurgical anatomy of anterior communicating artery aneurysms. *Neurol Res*. 1980;2(3-4):217-51.

RHOTON AL, SAEKI N, PERLMUTTER D. Microsurgical anatomy of the circle of Willis. In: Rand R W (Ed.): *Microneurosurgery*, 3rd edition. St. Louis: C V Mosby Company. pp 513–543, 1985.

SAEKI N, RHOTON AL Jr. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of Willis. *J Neurosurg* 46:563–578, 1977.

SAEKI N.; RHOTON A.L. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of willis. *J. Neurosurgery*. 1977. 46: 563.

SENGUPTA, R. P. Anatomical variations in the origin of the posterior cerebral artery demonstrated by carotid angiography and their significance in the direct surgical treatment of posterior communicating aneurysms. *Neurochirurgia*, 7S(2j):33-42, 1975.

SERIZAWA T.; SAEKI N.; YAMAURA A. Microsurgical anatomy and clinical significance of the anterior communicating artery and its perforating branches. *Neurosurgery*. 1997. Jun;40(6):1211-6.

SNELL, R.S. *Neuroanatomía clínica*. Quinta edición. Panamericana. Buenos Aires. 2003.

SNELL, R.S. *Anatomía clínica*. Sexta edición. Mc Graw -Hill Interamericana. México. 2002. p 740 –741.

STEBBENS, W.E. Aneurysms and anatomical variation of cerebral vessels. *Arch. Pathol*. 1963.75:45-64.

STEFANI M.A., SCHNEIDER F.L., MARRONE A.C., SEVERINO A.G., JACKOWSKI A.P., WALLACE M.C. Anatomic variations of anterior cerebral artery cortical branches. *Clin Anat* 2000;13(4):231-6.

SUZUKI M, OGAWA A, KAYAMA T, SAKURAI Y, SUZUKI J. Vascular anomalies associated with anterior communicating aneurysms. *No Shinkei Geka*,16(5 Suppl):498-502,1988.

UMANSKY F., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., MIRCHANDANI H.G. Anomalies and variations of the middle cerebral artery: a microanatomical study. *Neurosurgery* 1988 Jun;22(6 Pt 1):1023-7.

UCHINO A., KATO A., TAKASE Y., KUDO S. Middle cerebral artery variations detected by magnetic resonance angiography. *Eur Radiol* 2000;10(4):560-3.

UMANSKY F., JUAREZ S.M., DUJOVNY M., AUSMAN J.I., DIAZ F.G., GOMES

F., MIRCHANDANI H.G., RAY W.J. Microsurgical anatomy of the proximal segments of the middle cerebral artery. J Neurosurg 1984 Sep;61(3):458-67.

VAN OVERBEEKE J.J., HILLEN B., TULLEKEN C.A. A comparative study of the circle of Willis in fetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. J Anat 1991 Jun;176:45-54.

VASQUEZ-LOAYZA M., DUJOVNY M., AGNER C., MISRA M. Microsurgical anatomy of the short central artery. Neurol Res 1998 Apr;20(3):209-17.

VIAÑO J.; MARTÍNEZ V.; HERNÁNDEZ L. C.; LÓPEZ-PINO M. A.; MONTOYA J. Angio - Rm de las variantes anatómicas del polígono de willis. Poster en Neurroradiología. XXV congreso nacional de la sociedad española de radiología médica. Madrid.2000.

VINCENTELLI F., CARUSO G., ANDRIAMAMONJI C., RABEHANTA P., GRAZIANI N., GRISOLI F. Modalities of origin of the middle cerebral artery. Incidence on the arrangement of the perforating branches. J Neurosurg Sci 1990 Jan-Mar;34(1):7-11.

WILLIAMS, P.L.; Warwick, R. Gray. Anatomía. Trigésima sexta edición. Churchilln livingstone. Madrid. 1992.

YASARGIL MG: Intracranial arteries. In Yasargil MG, Microneurosurgery Vol I. New York: Thieme Medical Publishers Inc; 1987. p. 54-164.

ANEXOS

Anexo 1

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
VARIACIONES DEL CIRCULO DE WILLIS Y DE LAS ARTERIAS
CEREBRALES. UN ESTUDIO ANATÓMICO DIRECTO.
FORMATO DE REGISTROS INDIVIDUALES**

CÓDIGO _____

FECHA: _____

ARTERIA COROIDEA ANTERIOR DERECHA

Existencia: Si _____ Unica _____ Múltiple(#) _____
No _____
Origen: A.C.I. _____ A.C.M. _____ ACoP _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud: _____ mm.

ARTERIA COROIDEA ANTERIOR IZQUIERDA

Existencia: Si _____ Unica _____ Múltiple(#) _____
No _____
Origen: A.C.I. _____ A.C.M. _____ ACoP _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud: _____ mm.

ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR DERECHA

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____
No _____
Origen: A.C.I. _____ A.C.M.: _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud: _____
Conexión con A.C.P.: Si: _____ No: _____

ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR IZQUIERDA

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____
No _____
Origen: A.C.I. _____ A.C.M. _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud: _____
Conexión con A.C.P.: Si _____ No _____

ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR: SEGMENTO A₁ DERECHO

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____ Triple _____
No _____
Origen: Única: Der. _____ Izq. _____
Tronco: Der. _____ Izq. _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud: _____ mm

• SEGMENTO A₁. DER.

Único _____ Múltiple _____
Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
Longitud _____ mm
Ramas : Olfatoria: Si: _____ No: _____
Recurrente de Heubner: Si: _____ No: _____

• SEGMENTO A₂. DER.

Ramas:
Arteria orbitofrontal : Si _____ No _____
Arteria Frontopolar : Si _____ No _____
Tronco único para As. Orbitofrontal y Frontopolar _____
Recurrente de Heubner: Si: _____ No: _____

• SEGMENTO A₃. DER.

Ramas:
Arteria Callosomarginal : Si _____ No _____
Arteria Frontal Anterior : Si _____ No _____
Arteria Frontal Media : Si _____ No _____
Arteria Frontal Posterior : Si _____ No _____

- **SEGMENTO A₄. DER.**

Ramas:

Arteria Frontal Anterior : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Media : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Posterior : Si _____ No _____

- **SEGMENTO A₅. DER.**

Ramas:

Arteria Pericallosa : Si _____ No _____

ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR: SEGMENTO A₁ IZQUIERDO

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____ Triple _____
 No _____
 Origen: Única: Der. _____ Izq. _____
 Tronco: Der. _____ Izq. _____
 Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
 Longitud: _____ mm

- **SEGMENTO A₁. IZQ.**

Único _____ Múltiple _____
 Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
 Longitud _____ mm
 Ramas : Olfatoria: Si: _____ No: _____
 Recurrente de Heubner: Si: _____ No: _____

- **SEGMENTO A₂. IZQ.**

Ramas:

Arteria orbitofrontal : Si _____ No _____
 Arteria Frontopolar : Si _____ No _____
 Tronco único para As. Orbitofrontal y Frontopolar _____
 Recurrente de Heubner: Si: _____ No: _____

- **SEGMENTO A₃. IZQ.**

Ramas:

Arteria Callosomarginal : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Anterior : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Media : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Posterior : Si _____ No _____

• **SEGMENTO A₄. IZQ.**

Ramas:

Arteria Frontal Anterior : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Media : Si _____ No _____
 Arteria Frontal Posterior : Si _____ No _____

• **SEGMENTO A₅. IZQ.**

Ramas:

Arteria Pericallosa : Si _____ No _____

ARTERIA COMUNICANTE ANTERIOR

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____ Triple _____
 No _____
 Dirección: Horizontal:
 Oblicua: Asc. Der. _____ Asc. Izq. _____
 Diámetro: Externo _____ mm. Pared vascular _____ Interno _____
 Longitud: _____
 Ramas : Subcallosa: Si: _____ No: _____
 Media del Cuerpo calloso: Si: _____ No: _____

ARTERIA RECURRENTE DE Heubner

Existencia: Si _____ Única _____ Doble _____
 No _____
 Origen : A₁ _____ A₂ _____ Bifurcación A.C.A. - A.Co.A. _____

ARTERIA CEREBRAL MEDIA DERECHA

Existencia: Única _____ Doble _____ Triple _____
 Arteria accesoria Si _____ Origen : A.C.A. _____ A.C.I. _____
 No _____
 Tronco Principal: Diámetro: _____ mm. Long. _____
 División: No _____ Bifurca _____ Trifurca _____
 Cuadruf. _____ Múltiples Ramas _____
 Orbito frontal lateral
 Única _____ Tronco común con arterial frontal ascendente _____
 Emergencia M1 _____ M1M2 _____ M2 _____

Arterias temporales:	M1	M1M2	M2
Anterior	_____	_____	_____
Media	_____	_____	_____
Posterior	_____	_____	_____

ARTERIA CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA

Existencia: Única _____ Doble _____ Triple _____
 Arteria accesoria Si _____ Origen : A.C.A. _____ A.C.I. _____
 No _____

Tronco Principal: Diámetro: _____ mm. Long. _____
 División: No _____ Bifurca _____ Trifurca _____
 Cuadruf. _____ Múltiples Ramas _____

Orbito frontal lateral
 Única _____ Tronco común con arterial frontal ascendente _____
 Emergencia M1 _____ M1M2 _____ M2 _____

Arterias temporales:	M1	M1M2	M2
Anterior	_____	_____	_____
Media	_____	_____	_____
Posterior	_____	_____	_____

ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR DER.

Existencia: Si _____
 No _____

Origen: Basilar _____ A.C.I. _____ A.Co.P. _____
 Basilar y A.C.I. _____

• **SEGMENTO P₁. DER.**

Diámetro: _____ mm. Long. _____
 Ramas: Tálamoperforantes _____ Coroidea posteromedial _____

• **SEGMENTO P₂. DER.**

Ramas: Coroidea posteromedial _____ Coroidea posterolateral _____
 Talamogeniculadas _____

• **SEGMENTO P₃. DER.**

Ramas: Temporal inferior anterior _____
 Origen: Tronco común temporales _____
 Unica _____

Temporal inferior media _____
Origen: Tronco común temporales _____
Unica _____
Temporal inferior posterior _____
Origen: Tronco común temporales _____
Unica _____

ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR IZQ.

Existencia: Si _____
No _____
Origen: Basilar _____ A.C.I. _____ A.Co.P. _____
Basilar y A.C.I. _____

• **SEGMENTO P₁. IZQ.**

Diámetro: _____ mm. Long. _____
Ramas: Tálamoperforantes _____ Coroidea posteromedial _____

• **SEGMENTO P₂. IZQ.**

Ramas: Coroidea posteromedial _____ Coroidea posterolateral _____
Talamogeniculadas _____

• **SEGMENTO P₃. IZQ.**

Ramas: Temporal inferior anterior _____
Origen: Tronco común temporales _____
Unica _____
Temporal inferior media _____
Origen: Tronco común temporales _____
Unica _____
Temporal inferior posterior _____
Origen: Tronco común temporales _____
Unica _____

OBSERVACIONES:
