

Expresión Morfológica de la Arteria Basilar. Un Estudio con Material de Autopsia de Individuos Colombianos

Morphological Expression of the Basilar Artery. A Study with Colombian Population's Autopsy Material

Forero Pedro Luis*; Ballesteros Luis Ernesto** & Ramírez Luis Miguel***

FORERO, P. L.; BALLESTEROS, L. E & RAMÍREZ, L. M. Expresión morfológica de la arteria basilar. Un estudio con material de autopsia de individuos colombianos. *Int. J. Morphol.*, 31(3):1090-1096, 2013.

RESUMEN: La arteria basilar (AB) presenta una expresión variable, la cual es determinante en la etiología de eventos clínicos que comprometen el tallo cerebral. El propósito de este trabajo fue determinar la expresión morfológica de la AB en una muestra de población colombiana. Fueron estudiados 100 tallos cerebrales de individuos a quienes se les practicó autopsia en el Instituto de Medicina Legal de Bucaramanga. El sistema vertebro-basilar fue perfundido con resina sintética y evaluado los calibres, trayectorias, niveles de origen y finalización de la AB. La AB presentó trayectoria rectilínea en 68%, desviación a la derecha en 12%, sinuosa en 10% y desviación a la izquierda en 10%. La longitud total de la AB fue 30,2 mm DE 4,07 y la longitud con relación al origen de la arteria Cerebelar superior fue 28,1 mm DE 3,84. Los calibres proximal y distal de la AB fueron 3,96 mm DE 0,48 mm y 3,7 mm DE 0,58 respectivamente. Con relación a las arterias de origen de la AB, se observó hipoplasia (≥ 2 mm) de la arteria vertebral derecha en el 8% y de la arteria vertebral izquierda en el 11% ($P = 0,30$). Se observó el origen de la AB a tres niveles del surco pontomedular: a nivel en el 43%, por arriba de este en el 30% y por debajo de este surco en 27% de los casos. Las trayectorias sinuosas y desviadas de la AB observadas y la presencia de hipoplasias de la arteria vertebral son ligeramente superiores a los señalados en estudios previos, mientras que su longitud se ubica en un rango medio y su calibre es ligeramente inferior a lo señalado en la literatura

PALABRAS CLAVE: Variación anatómica; Arteria basilar; arteria vertebral; tallo cerebral.

INTRODUCCIÓN

La arteria basilar (AB) se forma usualmente al nivel del surco bulbomedular de la unión de los segmentos intracraneales de las arterias vertebrales izquierda y derecha. Cursa sobre la superficie anterior del puente y se bifurca dando lugar a las arterias cerebrales posteriores al nivel de la fosa interpeduncular (Afifi & Bergman 2008; Moore *et al.*, 2010; Drake *et al.*, 2010). Ocasionalmente, la AB continúa al nivel del puente como dos troncos (expresión fenestrada) que la recorren longitudinalmente, los cuales luego de un trayecto variable se anastomosan para formar una estructura única (Yoshimoto *et al.*, 1992; Goldstein *et al.*, 1999; Dimmick & Faulder, 2009; Dodevski *et al.*, 2011; Uchino *et al.*, 2012).

La AB presenta evidentes variaciones en su expresión morfológica relacionadas con su origen, longitud, trayectoria y calibre (Torche *et al.*, 1992; Akar *et al.*, 1994; Schulte-Altendorneburg *et al.*, 2000; Mandiola *et al.*, 2004; Pai *et al.*,

2007; Songur *et al.*, 2008). Además del surco pontomedular, esta puede originarse por debajo o por arriba de este surco referente (Stopford, 1916; Wojtowicz *et al.*, 1989; Santos-Franco *et al.*, 2006; Stopford; Songur *et al.*).

La trayectoria de la AB sobre el surco del puente, puede ser rectilínea (45-80%), desviada hacia la derecha o izquierda y en escaso porcentaje presenta una forma zigzagueante (Akimoto, H, 1979; Schulte-Altendorneburg *et al.*; Pai *et al.*; Torche *et al.*; Wojtowicz *et al.*). En la mayoría de los casos (60%) finaliza a nivel del surco superior del puente y en menor frecuencia por arriba o por debajo del mencionado surco (Smoker *et al.*, 1986; Pai *et al.*). Ligeras diferencias en relación al diámetro (3,8-5 mm) y longitud (28-33mm) de la AB han sido reportados por diversos trabajos (Bush, W. 1966; Wollschlaeger *et al.*, 1967; Songur *et al.*; Smoker *et al.*; Akimoto; Pai *et al.*, Santos-Franco *et al.*; Er *et al.*, 2008; Hong *et al.*, 2009).

* MD, Esp Patol. Profesor asistente Universidad Industrial de Santander, Colombia. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses

** MD, MSc. Profesor titular Universidad Industrial de Santander, Colombia

*** DDS, MSc. Profesor asociado Universidad de Antioquía, Colombia.

La identificación de variaciones en la AB puede ser útil en la prevención de complicaciones durante el tratamiento endovascular y en el diagnóstico de aneurismas asociados. Las variaciones de la AB no determinan *per se*, diferencias en el suministro de sangre en los territorios irrigados, pero las variaciones sumadas a otros factores como estenosis, ateromatosis, embolia o trombosis son causa de cuadros clínicos originados en el tallo cerebral (Wollschlaeger *et al.*, 1967; Schulte-Altendorneburg *et al.*; Pico *et al.*, 2006; Deng *et al.*, 2012). Las expresiones morfológicas de la AB han sido descritas mediante técnicas de disección clásica, inyección de sus lechos vasculares o estudios imagenológicos en otros grupos poblacionales (Stopford; Smoker *et al.*; Mandiola *et al.*, 1995; Pai *et al.*; Santos-Franco *et al.*; Wojtowicz *et al.*). Con el propósito de obtener información propia de referencia, este estudio contó con muestras cadavéricas frescas de sujetos colombianos.

MATERIAL Y MÉTODO

Se evaluó las AB obtenidas de 100 especímenes cadavéricos frescos a quienes se les practicó necropsia en el Instituto de Medicina Legal de Bucaramanga (Colombia). La muestra cumplió con los siguientes criterios de inclusión: sujetos masculinos, con edades entre 18-75 años, de ancestría mestiza, sin evidencia de haber fallecido por traumatismo directo o patologías que comprometieran al sistema nervioso central.

Cada espécimen fue sometido a canalización bilateral de los segmentos proximales de las arterias vertebrales. A través de éstas, se practicó lavado y prefijado del encéfalo con formaldehído al 3% y posterior inyección de 100 cc de resina semisintética (mezcla de palatal E210® Basf 80 cc; estireno 20 cc) impregnada de color rojo mineral. Una vez obtenida la polimerización de la resina (30 minutos), se practicó la exéresis del encéfalo. Posteriormente, la muestra se sometió a fijación con formaldehído al 10% durante 10 días.

Una vez lograda una adecuada fijación de la masa encefálica, se practicó resección de los bloques de tallos cerebrales y cerebelos y con equipo de micro disección se liberó las leptomeninges, maniobra que permitió identificar plenamente cada una de las estructuras constituyentes del sistema vertebro basilar. Posteriormente, se registraron las diversas expresiones morfológicas de la AB relacionadas con su nivel de origen, tomando como referente el surco pontomedular; longitud, calibre y trayectoria (rectilínea, desviada a derecha o izquierda y sinuosa). Igualmente, se determinó el nivel de finalización de la AB

con referencia al surco superior del puente. Se midió el diámetro externo de la AB al nivel de su origen y en su finalización. Para cada una de las evaluaciones morfo métricas se utilizó calibrador digital (Mitotuyo ®).

De cada espécimen estudiado se tomaron fotografías digitales (Cámara Canón T2i) que sustentan las observaciones registradas. Los datos obtenidos se digitalizaron en Excel y los análisis estadísticos se realizaron en STATA 8.0. Las variables continuas se describieron con sus promedios y dispersiones, las variables nominales con sus proporciones. Se realizaron las pruebas estadísticas de chi cuadrado (X^2) y test de Student (*t*) aceptando un error alfa hasta de un 5%.

RESULTADOS

Se evaluaron 100 segmentos de AB obtenidos de especímenes cadavéricos masculinos con edad promedio de 33,8 años DE 16,3. Se observó el origen de la AB al nivel del surco pontomedular en 43 especímenes (43%); por arriba de este surco y a una distancia de 4 mm DE 1,30 en el 30% de las piezas evaluadas (Figs. 1, 2). Igualmente, en el 27% de los casos el origen de la AB fue distal al surco pontomedular, a una distancia promedio de esta estructura de referencia de 3,26 mm DE 1,44 (Fig. 3). La diferencia de la distancia de origen proximal de la AB al surco pontomedular con relación al origen distal no es estadísticamente significativa ($P=0,35$). El origen de la AB a nivel del surco pontomedular es significativamente menor ($P=0,001$) con relación al número de casos originados proximal y distalmente al surco de referencia.

La AB presentó trayectoria rectilínea en el 68% de las muestras, cursando de manera longitudinal sobre el surco basilar del puente, cifra que aumentó al 80% cuando se evaluaron solamente los especímenes de menores de 40 años (Fig. 1); se observó desviada a la derecha en el 12% (Fig. 2), sinuosa en 10 (Fig.4) y desviada a la izquierda en el 10% de los especímenes (Fig.5).

Con relación a las arterias que dan origen a la AB, se observó hipoplasia (≥ 2 mm) de la arteria vertebral derecha en el 8% y de la arteria vertebral izquierda en el 11%, sin que esta diferencia de lado fuera significativa ($P=0,30$), (Fig.6). La hipoplasia de las arterias vertebrales izquierdas fue más acentuada (1,75 mm DE 0,24 AVI; 1,91 mm DE 0,10 AVD).

La longitud total de la AB fue 30,2 mm DE 4,07, mientras que la distancia desde su origen a la emergencia de la arteria cerebelar superior fue de 28,1 mm DE 3,84. Los

calibres proximal y distal de la AB fueron 3,96 mm DE 0,48 mm y 3,7 mm DE 0,58 respectivamente, presentando una reducción de su calibre al final de su curso de 6,6%.

La AB finalizó dando origen a las arterias cerebrales posteriores al nivel del surco superior del puente en el 55% (Fig.7); distal al surco en 29%, a una distancia de 2,94 mm DE 1,26 y proximal en 16%, a una distancia del surco referente de 2,19 mm DE 0,57. En todos los casos el nervio oculomotor emergió desde la fosa interpeduncular delimitado por el segmento precomunicante de la arteria cerebral posterior y la arteria cerebelar superior. En la muestra evaluada la AB no presentó expresiones fenestradas.

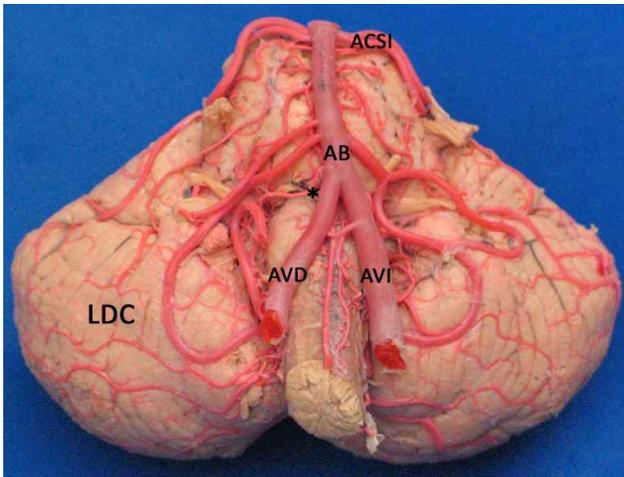


Fig. 1. Sistema arterial vertebrobasilar. Origen de arteria basilar al nivel del surco bulbomedular y de trayectoria rectilínea AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior izquierda; Asterisco. Surco pontomedular.

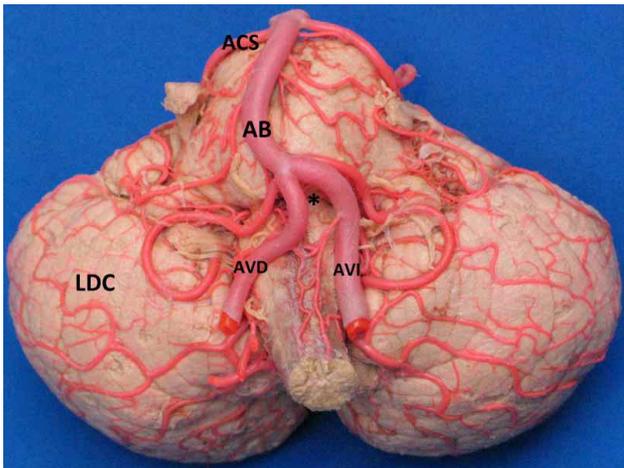


Fig. 2. Sistema arterial vertebrobasilar. Origen de arteria basilar por arriba del surco bulbopontino y desviada a la derecha. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; Asterisco. Surco pontomedular.

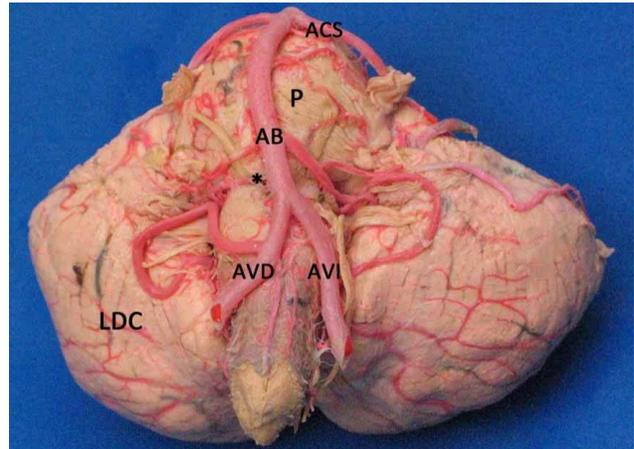


Fig. 3. Sistema arterial vertebrobasilar. Origen de arteria basilar por debajo del surco bulbopontino. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; P. Puente; Asterisco. Surco pontomedular.

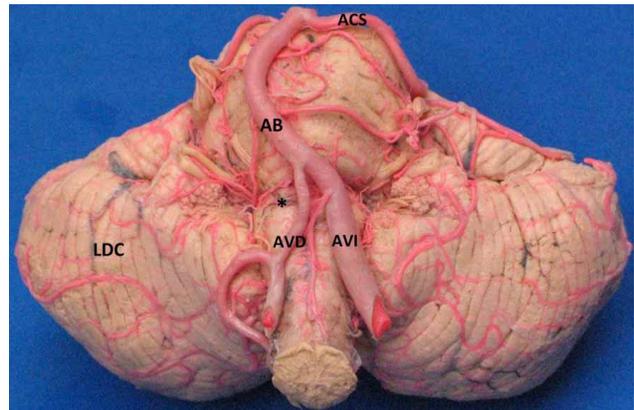


Fig. 4. Sistema arterial vertebrobasilar. Trayectoria sinuosa de la arteria vertebral. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha, hipoplásica; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; Asterisco. Surco pontomedular.

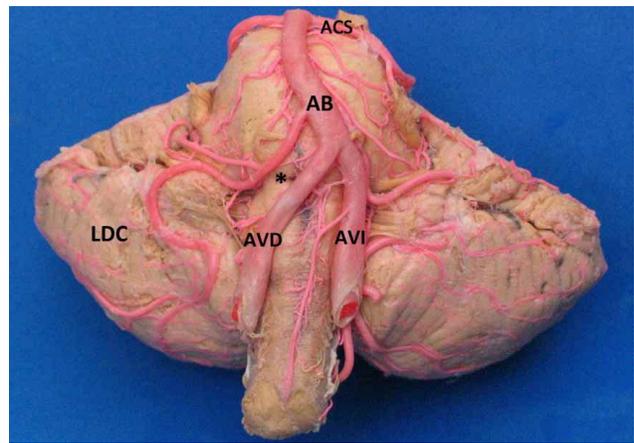


Fig. 5. Sistema arterial vertebrobasilar. Trayectoria desviada a la izquierda de la arteria basilar. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; Asterisco. Surco pontomedular.

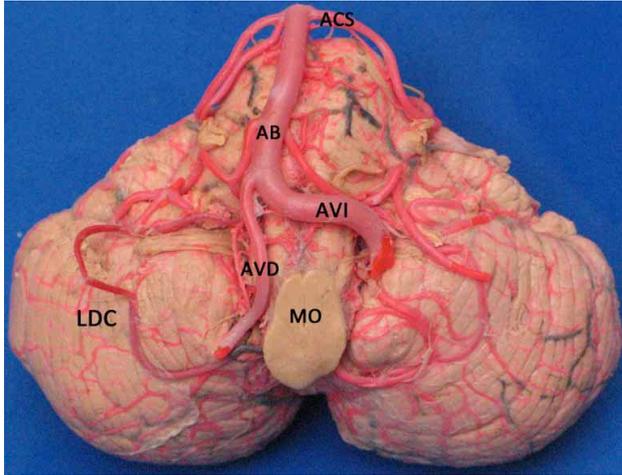


Fig. 6. Sistema arterial vertebrobasilar. Hipoplasia de la arteria vertebral derecha. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha que presenta marcada hipoplasia; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; MD. Médula oblongada.

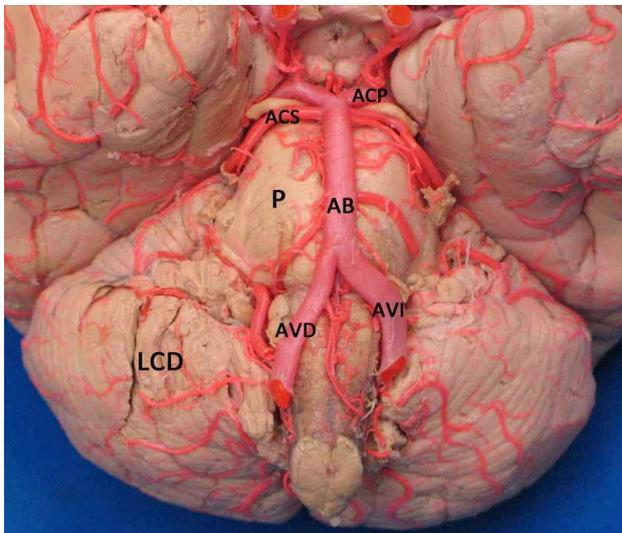


Fig. 6. Sistema arterial vertebrobasilar. Hipoplasia de la arteria vertebral derecha. AB. Arteria basilar; LCD. Lóbulo derecho del cerebelo; AVD. Arteria vertebral derecha que presenta marcada hipoplasia; AVI. Arteria vertebral izquierda; ACS. Arteria cerebelar superior; MD. Médula oblongada.

DISCUSIÓN

El surco pontomedular ha sido señalado por los textos clásicos de anatomía como el sitio en donde se unen los segmentos intracraneanos de las arterias vertebrales izquierda y derecha para dar origen a la AB (Afifi & Bergman; Moore *et al.*; Drake *et al.*). Esta descripción puede considerarse como general en razón a que los diversos estudios sobre estas estructuras señalan que en

menos de la mitad de las muestras evaluadas la unión vertebrobasilar se da al nivel del surco bulbomedular (Akar *et al.*; Santos-Franco *et al.*; Songur *et al.*; Stopford; Wojtowicz *et al.*). Nuestros hallazgos son concordantes con los reportes de Wojtowicz *et al.* y stopford (44-48%). El origen de la AB proximal al surco pontomedular es descrito en la literatura con un rango del 12-53%, tendencia que se mantiene con relación al origen distal al mencionado surco, el cual es reportado en un rango de 10,6 – 67% (Tabla I). La divergencia en las cifras reportadas por los diversos autores probablemente esté dada por múltiples factores como el tamaño de las muestras, metodología empleada y las características biológicas ancestrales que determinan la expresión variable de estas estructuras en los grupos poblacionales evaluados.

Las distancias promedio del origen de la AB proximal o distal al surco ponto medular, observadas en nuestra serie (4 mm; 3,26 mm) son similares a las reportadas por Pai *et al.* y Songur *et al.* Esta información es importante considerarla como referente en el manejo quirúrgico de procesos aneurismáticos, tumorales y ateromatosos ubicados en la fosa craneal posterior (Pai *et al.*; Santos-Franco *et al.* y Songur *et al.*; Pico *et al.*; Hong *et al.*).

La trayectoria rectilínea de la AB sobre la superficie del puente observada en nuestro estudio en el 80% de los sujetos jóvenes es concordante con los reportes de Schulte-Altendorneburg *et al.*; Wojtowicz *et al.*; Smoker *et al.* Cifras bajas de esta expresión, en un rango de 45-58,3% han sido reportadas en otros trabajos (Pai *et al.*; Santos-Franco *et al.* Torche *et al.* La desviación a derecha o izquierda de la AB ha sido señalada con una frecuencia del 35-52 % (Santos-Franco *et al.*; Torche *et al.*); mientras que los hallazgos observados en nuestra serie son similares a las incidencias reportadas en los trabajos de Schulte-Altendorneburg *et al.* y Wojtowicz *et al.* Igualmente, existe acuerdo en que la presentación sinuosa es la menos frecuente, en un rango de 1-10%. Se destaca que Torche *et al.*, reportan un 20% de AB sinuosas.

La asimetría de las arterias vertebrales, incluidas las hipoplasias y la presencia de las placas ateromatosas son factores que modifican las características del flujo sanguíneo de la AB, lo cual determina que de manera paulatina el curso rectilíneo de esta arteria adopte una desviación a derecha e izquierda y en los casos severos llegue incluso a presentar una expresión sinuosa. Las diferencias etáreas de los especímenes evaluados en los diversos estudios explicarían en parte las divergencias observadas en los reportes de la trayectoria de la arteria basilar.

La asimetría de las arterias vertebrales y especialmente su condición más severa, determina formas hipoplásicas que ocasionan además de alteraciones en la trayectoria de la AB, trastornos en el flujo sanguíneo del tallo cerebral que pueden conducir a este nivel. La incidencia de hipoplasia de las arterias vertebrales en un rango de 2,4 -12% han sido reportados por Lovrencic-Huzjan *et al.*, 1998; Perren *et al.*, 2007); frecuencias moderadas entre las que se encuentra nuestro estudio en un rango de 15- 26,5% son reportadas por Park *et al.*, 2007; Min *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2010; mientras que en estudios de sujetos con signos de infarto cerebral o neuropatía vestibular la hipoplasia de alguna de las arterias vertebrales es reportada en un rango de 42-54,8% (Park *et al.*;; Chuang *et al.*, 2011). La alta incidencia de hipoplasia de la AV en pacientes con infarto del tallo cerebral, especialmente al nivel del puente demuestra la correlación y significativo nivel de predicción para un evento isquémico probable en pacientes con esta condición anatómica (Chuang *et al.*, 2009; Park *et al.*).

El menor calibre de la AB ha sido reportado en un rango de 3,1-3,3 mm (Hong *et al.*; Smoker *et al.*; Wollschlaeger *et al.*), en un rango medio (3,7-4 mm), en el que se ubica nuestro estudio, corresponden los reportes de Songur *et al.*; Santos-Franco y Wojtowicz *et al.* mientras que Pai *et al.* y Er *et al.* reportan los mayores calibres de la AB (4,3-4,8 mm). Mandiola *et al.*, 2004, reportan que el calibre de la AB se encontró en un rango de 4-5.9 mm, en el 63.2% de sujetos Braquicéfalos y en el 62.5% del grupo dólico-mesocéfalo. Estas dimensiones no han sido mencionadas en otros estudios. Las diferencias en las técnicas empleadas, sitios de medición y tamaños de las muestras evaluadas puede explicar la considerable amplitud del rango que muestran los reportes de los calibres de esta estructura vascular.

En el presente estudio no se observó segmentos fenestrados en la AB, aspecto que puede considerarse concordante con los trabajos previos que señalan la presencia de esta característica entre el 0,6-1,5% (Takahashi *et al.*,

1973; Sanders *et al.*, 1993; Dodevski *et al.*; Goldstein *et al.*; Wollschlaeger *et al.*). Pueden considerarse a las fenestraciones como malformaciones en razón a que las modificaciones que generan en la dirección y fuerza del flujo sanguíneo puede alterar la resistencia de sus paredes y dar lugar a lesiones aneurismáticas (San-Galli *et al.* 1992, Sanders *et al.*).

La longitud de la AB encontrada en nuestra serie es ligeramente menor a la mayoría de reportes que señalan esta dimensión en un estrecho margen de 32,2 -33,3 mm (Akimoto *et al.*; Bush; Schulte-Altendorneburg *et al.*; Wojtowicz *et al.*; Wollschlaeger *et al.*). Mandiola *et al.*, 1995, en su estudio con sujetos dolico-mesocéfalo y braquio-céfalo reporta la longitud de la AB en un rango de 31-37 mm. Se destaca la menor longitud (24,9 mm) reportada por Pai *et al.* Existe concordancia de la medición realizada en el presente trabajo, desde el origen de la AB hasta la emergencia de la arteria cerebelar superior (28,1 mm) con el reporte de Torche *et al.*

La bifurcación de la AB de manera aproximada se relaciona en los textos de anatomía con el surco superior del puente. Sin embargo, son pocos los estudios que matizan este aspecto de la AB y no existe acuerdo en torno a la estructura que permita referenciar la bifurcación de esta arteria. Pai *et al.*, describen la división de la AB a 5,6 mm del cuerpo mamilar; Torche *et al.* reportan que el 92% de las arterias se dividen en la fosa interpeduncular; Mandiola *et al.*, 1998 reportan dos tipos de división, alto o baja, con relación al surco superior del puente. En nuestra serie se discriminó el sitio de bifurcación al nivel del surco (55%), por arriba o debajo de este surco de referencia.

El estudio de la expresión morfológica de la AB en sujetos colombianos provee información propia de referencia que puede ser contrastada con la obtenida en otros grupos poblacionales. Además, permite enriquecer el ejercicio de aplicaciones imagenológicas, el manejo de eventos clínicos y los abordajes quirúrgicos que comprometen al sistema vertebrobasilar.

Tabla I. Nivel de origen con relación al surco pontomedular de la arteria basilar en un muestra de 100 sujetos colombianos y en estudios previos. (Expresado en porcentajes)

	Stopford (1916)	Wojtowicz <i>et al.</i> (1989)	Santos-Franco <i>et al.</i> (2006)	Akar <i>et al.</i> (1994)	Songur <i>et al.</i> (2008)	Presente estudio
Tamaño de muestra	150	66	50	11	109	100
Por encima del surco	20	15,1	37	53	12,2	30
Al nivel del surco	48	44,4	27,5	36,4	20,8	43
Por debajo del surco	32	40,4	35,5	10,6	67	37

FORERO, P. L.; BALLESTEROS, L. E. & RAMÍREZ, L. M. Morphological expression of the basilar artery. A study with Colombian population's autopsy material. *Int. J. Morphol.*, 31(3):1090-1096, 2013.

SUMMARY: The basilar artery (BA) has a variable expression which is determinant in the etiology of clinical events that compromise the brain stem. The purpose of this study was to determine the morphological expression of BA in a Colombian population sample. We studied 100 brainstems of individuals which underwent an autopsy at the Instituto de Medicina Legal of Bucaramanga. The vertebra basilar system was perfused with synthetic resin and its calibers, paths, levels of origin and end of the BA were evaluated. The BA presented a rectilinear trajectory in 68%, deviation to the right in 12%, sinuous in 10% and deviation to the left in 10%. The total length of the BA was 30.2 mm SD 4.07, its length in relation to the origin of the superior cerebellar artery was 28.1 mm SD 3.84. The proximal and distal caliber of the BA were 3.96 mm SD 0.48 mm and 3.7 mm SD 0.58 respectively. In relation to the origin arteries of the AB, hypoplasia was observed (≥ 2 mm) of the right vertebral artery in 8% and the left vertebral artery in 11% ($P = 0.30$). The origin of BA was observed at different spontomedullary groove levels: at level in 43%, above it in 30% and below it in 27% of the cases. The sinuous and diverted paths from the BA observed and the presence of vertebral artery hypoplasia are slightly higher than those reported in previous studies, while its length is at medium range and its caliber is slightly lower than reported in the literature

KEY WORDS: Anatomical variation; Basilar artery; Vertebral artery; Brainstem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Affifi, A. & Bergman, R. *Functional neuro anatomy*. 2nd ed. New York, MacGrawHill, 2008.
- Akar, Z. C.; Dujovny, M.; Slavin, K. V.; Gomez-Tortosa, E. & Aisman, J. I. Microsurgical anatomy of the intracranial part of the vertebral artery. *Neurol. Res.*, 16(3):171-80,1994.
- Akimoto, H. Roentgenological aspect of the basilar artery and its significance in clinical diagnosis—angiographical study a of the basilar artery. *No Shinkei Geka*, 7(12):1155-62,1979.
- Bush, W. Beitrag zur Morphologie und Pathologie den Arteria Basilaris. *Arch. Psychiatr. Neurkr.*, 208:326-44, 1966.
- Chen, Y. Y.; Chao, A. C.; Hsu, H. Y.; Chung, C. P. & Hu, H. H. Vertebral artery hypoplasia is associated with a decrease in net vertebral flow volume. *Ultrasound Med. Biol.*, 36(1):38-43, 2010.
- Chuang, Y. M.; Chen, C. C. & Lin, C. P. Vertebral artery hypoplasia may contribute to abnormal vestibular evoked myogenic potentials. *Acta Neurol. Taiwan*, 18(2):113-7, 2009.
- Chuang, Y. M.; Chern, C. M.; Liao, W. H.; Hsu, L. C.; Lien C. F.; Lirng, J. F.; Shiao, A. S. & Ko, J. S. Contribution of intracranial vertebral artery asymmetry to vestibular neuropathy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 82(7):823-5, 2011.
- Deng, D.; Cheng, F. B.; Zhang, Y.; Zhou, H. W.; Feng, Y. & Feng, J. C. Morphological analysis of the vertebral and basilar arteries in the Chinese population provides greater diagnostic accuracy of vertebrobasilar dolichoectasia and reveals gender differences. *Surg. Radiol. Anat.*, 34(7):645-50, 2012.
- Dimmick, S. J. & Faulder, K. C. Normal variants of the cerebral circulation at multidetector CT angiography. *Radiographics*, 29(4):1027-43,2009.
- Dodevski, A.; Lazareska, M.; Tosovska-Lazarova, D.; Zhivadnikov, J. & Stojkoski, A. Basilar artery fenestration. *Folia Morphol. (Warsz)*, 70(2):80-3, 2011.
- Drake, R. L.; Vogl, A. W. & Mitchell, A. W. *Gray Anatomy for students*. 2nd ed. Philadelphia, Churchill Livingstone, 2010.
- Er, U.; Fraser, K. & Lanzino, G. The anterior spinal artery origin: a microanatomical study. *Spinal Cord.*, 46(1):45-9, 2008.
- Goldstein, J. H.; Woodcock, R. M.; Do, H. M.; Phillips, C. D. & Dion, J. E. Complete duplication or extreme fenestration of the basilar artery. *AJNR Am. J. Neuroradiol.*, 20(1):149-50, 1999.
- Hong, J. M.; Chung, C. S.; Bang, O. Y.; Yong, S. W.; Joo, I. S & Huh, K. Vertebral artery dominance contributes to basilar artery curvature and peri-vertebro basilar junctional infarcts. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 80(10):1087-92, 2009.
- Lovrencic-Huzjan, A.; Demarin, V.; Rundek, T. & Vukovic, V. Role of vertebral artery hypoplasia in migraine. *Cephalalgia*, 18(10):684-6,1998.
- Mandiola, E.; del Sol, M.; Olave, E.; Gabrielli, C. & Prates, J. C. Consideraciones Anatómicas de la arteria basilar. *Rev. Chil. Anat.*, 13(2):189-94, 1995.
- Mandiola, E.; del Sol, M.; Gabrielli, C.; Mizusaki, C. & Prates, J. C. Bifurcation of the basilar artery and its relationship with the superior cerebellar artery at the proximal portion of the anterior pontine segment. *Braz. J. Morphol. Sci.*, 15(1):29-33, 1998.
- Mandiola, E.; del Sol M.; Olave, E.; Alarcón, E.; Montero, C.; Sanhueza, P. & Oñate, J. C. Análisis biométrico entre mediciones bioantropológicas cefálicas y la arteria basilar. *Int. J. Morphol.*, 22(2):165-8, 2004.

- Min, J. H. & Lee, Y. S. Transcranial Doppler ultra sonographic evaluation of vertebral artery hypoplasia and aplasia. *J. Neurol. Sci.*, 260(1-2):183-7, 2007.
- Moore, K. L.; Dalley, A. & Agur, A. M. *Anatomía con orientación clínica*. 6ª ed. Buenos Aires, Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- Pai, B. S.; Varma, R. G.; Kulkarni, R. N.; Nirmala, S.; Manjunath, L. C. & Rakshith, S. Microsurgical anatomy of the posterior circulation. *Neurol. India*, 55(1):31-41, 2007.
- Park, J. H.; Kim, J. M. & Roh, J. K. Hypoplastic vertebral artery: frequency and associations with ischaemic stroke territory. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 78(9):954-8, 2007.
- Perren, F.; Poglia, D.; Landis, T. & Sztajzel, R. Vertebral artery hypoplasia: a predisposing factor for posterior circulation stroke? *Neurology*, 68(1):65-7, 2007.
- Pico, F.; Labreuche, J.; Gourfinkel-An, I.; Amarenco, P. & GENIC Investigators. Basilar Artery Diameter and 5-Year Mortality in Patients With Stroke. *Stroke*, 37(9):2342-7, 2006.
- San-Galli, F.; Leman, C.; Kien, P.; Khazaal, J.; Phillips, S. D. & Guérin, J. Cerebral arterial fenestrations associated with intracranial saccular aneurysms. *Neurosurgery*, 30(2):279-83, 1992.
- Sanders, W. P.; Sorek, P. A. & Mehta, B. A. Fenestration of intracranial arteries with special attention to associated aneurysms and other anomalies. *Am. J. Neuroradiol.*, 14(3):675-80, 1993.
- Santos-Franco, J. A.; de Oliveira, E.; Mercado, R.; Ortiz-Velazquez, R. I.; Revuelta-Gutierrez, R. & Gomez-Llata, S. Microsurgical considerations of the anterior spinal and the anterior-ventral spinal arteries. *Acta Neurochir. (Wien)*, 148(3):329-38, 2006.
- Schulte-Altendorneburg, G.; Droste, D. W.; Popa, V.; Wohlgemuth, W. A.; Kellermann, M.; Nabavi, D. G.; Csiba, L. & Ringelstein, E. B. Visualization of the Basilar Artery By Transcranial Color-Coded Duplex Sonography: Comparison With Postmortem Results. *Stroke*, 31(5):1123-7, 2000.
- Smoker, W. R.; Price, M. J.; Keyes, W. D.; Corbett, J. J. & Gentry, L. R. High-resolution computed tomography of the basilar artery: 1. Normal size and position. *Am. J. Neuroradiol.*, 7(1):55-60, 1986.
- Songur, A.; Gonul, Y.; Ozen, O. A.; Kucuker, H.; Uzun, I.; Bas, O. & Toktas, M. Variations in the intracranial vertebrobasilar system. *Surg. Radiol. Anat.*, 30(3):257-64, 2008.
- Stopford, J. S. The arteries of the pons and medulla oblongata. Part II. *J. Anat. Physiol.*, 50(Pt. 3):255-80, 1916.
- Takahashi, M.; Tamakawa, Y.; Kishikawa, T. & Kowada, M. Fenestration of the basilar artery. Report of three cases and review of the literature. *Radiology*, 109(1):79-82, 1973.
- Torche, M.; Mahmood, A.; Araujo, R.; Dujovny, M.; Dragovic, L. & Ausman J. I. Microsurgical anatomy of the lower basilar artery. *Neurol. Res.*, 14(3):259-62, 1992.
- Uchino, A.; Saito, N.; Okada, Y.; Kozawa, E.; Nishi, N.; Mizukoshi, W.; Inoue, K.; Nakajima, R. & Takahashi, M. Fenestrations of the intracranial vertebrobasilar system diagnosed by MR angiography. *Neuroradiology*, 54(5):445-50, 2012.
- Wojtowicz, Z.; Zaluska, S.; Kis, G. & Sawa, J. The basilar artery of humans. *Ann. Univ. Mariae Curie Sklodowska. Med.*, 44:101-8, 1989.
- Wollschlaeger, G.; Wollschlaeger, P. B.; Lucas, F. V. & Lopez, V. F. Experience and result with postmortem cerebral angiography performed as routine procedure of the autopsy. *Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med.*, 101(1):68-87, 1967.
- Yoshimoto, H.; Maeda, H.; Aoyama, H.; Kanazawa, J.; Kitaoka, T. & Uozumi, T. Enlargement of cerebellar arteriovenous malformation associated with fenestration of the vertebral artery: case report. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)*, 32(8):585-8, 1992.

Dirección para Correspondencia:
Dr. Pedro Luis Forero Porras
Cra. 32 #29-31 Facultad de Salud
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga
COLOMBIA

Email: pedroluisforerop@hotmail.com

Recibido : 17-10-2012
Aceptado: 27-04-2013