

## TRABAJO ORIGINAL

### Experiencia de embolización de malformaciones arterio-venosas cerebrales en Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín, 2016-2017

Experience of embolization of cerebral arteriovenous malformations in Carlos Andrade Marín Specialties Hospital, 2016-2017

**Xavier Sebastián Herdoíza Salinas<sup>1</sup>, Pablo Andrés Cuaspud Guerrero<sup>2</sup>, Pedro Mauricio Cornejo Castro<sup>3</sup>.**

<sup>1,2</sup> Médico Posgradista de Radiología e Imagen, Universidad San Francisco de Quito, Servicio de Imagen, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador.

<sup>3</sup> Médico Radiólogo Intervencionista, Unidad de Intervencionismo Radiológico, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador.



## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** La morbimortalidad de las malformaciones arterio-venosas cerebrales se encuentra dada principalmente por hemorragias. **OBJETIVO.** Conocer la situación de la embolización de malformaciones arterio-venosas en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. **MATERIALES Y MÉTODOS.** Estudio observacional, retrospectivo en pacientes con diagnóstico de malformaciones arterio-venosas cerebral que fueron sometidos a intervención radiológica, durante el período de enero 2016 a diciembre 2017, en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. **RESULTADOS.** 17 pacientes con criterios de inclusión, la mayoría con malformaciones arterio-venosas única y clasificación Spetzler Martin tipo I y II. El 52,9% fue sometido al procedimiento con antecedente de hemorragia intracerebral. Luego del procedimiento se alcanzó el 61,5% de obliteración en promedio, con 5,8% de pacientes que tuvo hemorragia intracerebral postprocedimiento. **DISCUSIÓN.** El uso de la embolización permite la oclusión del nido vascular displásico y del flujo de arterias nutricias profundas, disminuyendo la hemorragia intracerebral como complicación, siendo un tratamiento precursor de complementos quirúrgicos o como tratamiento único. El promedio de obliteración se encuentra dentro del rango reportado en la literatura, con un solo caso que tuvo complicación post procedimiento. Son necesarios estudios complementarios donde se especifiquen las variables de los tratamientos post procedimiento y un seguimiento para valorar supervivencia. **CONCLUSIÓN.** Resultados similares a los reportados en la literatura, se consideró la embolización como una alternativa del tratamiento, principalmente como precursor a la cirugía en malformaciones arterio-venosas con clasificación Spetzler Martin mayor a III.

**Palabras clave:** Malformaciones Vasculares del Sistema Nervioso Central; Angiografía cerebral; Embolización Terapéutica; Radiología Intervencional; Hemorragias intracraneales; Procedimientos Endovasculares.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The morbidity and mortality of cerebral arteriovenous malformations is mainly due to hemorrhages. **OBJECTIVE.** To know the situation of the embolization of arterio-venous malformations in the Carlos Andrade Marín Specialties Hospital. **MATERIALS AND METHODS.** Observational, retrospective study in patients with a diagnosis of cerebral arteriovenous malformations who underwent radiological intervention, during the period from January 2016 to December 2017, at the Carlos Andrade Marín Specialties Hospital. **RESULTS** 17 patients with inclusion criteria, most with single arteriovenous malformations and Spetzler Martin type I and II classification. 52,9% underwent the procedure with a history of intracerebral hemorrhage. After the procedure, 61,5% of obliteration was achieved on average, with 5,8% of patients having post-procedural intracerebral hemorrhage. **DISCUSSION.** The use of embolization allows the occlusion of the dysplastic vascular nest and the flow of deep nutritional arteries, decreasing intracerebral hemorrhage as a complication, being a precursor treatment of surgical complements or as a single treatment. The average of obliteration is within the range reported in the literature, with only one case that had post procedure complication. Complementary studies are needed where the variables of the post-procedure treatments and a follow-up to assess survival are specified. **CONCLUSION.** Results similar to those reported in the literature, embolization was considered as an alternative treatment, mainly as a precursor to surgery in arteriovenous malformations with Spetzler Martin classification greater than III.

**Keywords:** Central Nervous System Vascular Malformations; Cerebral Angiography; Embolization, Therapeutic; Radiology, Interventional; Intracranial Hemorrhages; Endovascular Procedures.

### Cómo citar este artículo:

Herdoíza XS, Cuaspud PA, Cornejo PM. Experiencia de embolización de malformaciones arterio-venosas cerebrales en Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín, 2016-2017. *Cambios rev. méd.* 2018; 17(2):23-27

**DOI:** <https://doi.org/10.36015/cambios.v17.n2.2018.297>

### Correspondencia:

Dr. Xavier Sebastián Herdoíza Salinas  
Quito, Pedro Freile N62-105 y Sabanilla. EC170103.

**Correo:** [dxherdoiza@gmail.com](mailto:dxherdoiza@gmail.com)

**Teléfono:** (593) 998305058

**Recibido:** 2018-11-18

**Aprobado:** 2018-12-20

**Publicado:** 2018-12-28

**Copyright:** HECAM



## INTRODUCCIÓN

Las malformaciones arterio-venosas (MAV) son lesiones tipo shunt entre arterias de nutrición con alto flujo sanguíneo y venas de drenaje con un nido de vasos anómalos, cuya patogenia no está muy entendida<sup>1</sup>.

Su morbi-mortalidad está estrechamente relacionada con hemorragias secundarias a la rotura de un vaso anómalo o un aneurisma de alto flujo próximo o dentro de la malformación.

Los riesgos conocidos para sangrado incluyen hemorragias previas, asociación a aneurismas, drenaje venoso profundo exclusivo y localización profunda de la MAV. Por tal motivo el tratamiento está enfocado a reducir la hemorragia, para ello existen cuatro abordajes: el conservador, la cirugía abierta, radiocirugía y la embolización, las tres últimas con objetivo claro de eliminar el nido vascular anómalo y conservar un drenaje venoso normal<sup>1</sup>.

Un cierre prematuro venoso pudo haber llevado a consecuencias fatales por aumento de la dilatación del nido vascular y hemorragias.

Las metas de la embolización a más de disminuir el riesgo de sangrado de una MAV, es reducir su volumen a menos 10 cc para posible tratamiento radioquirúrgico<sup>2</sup>.

El objetivo del presente estudio es analizar el resultado del manejo de las MAV cerebrales en la serie de casos tratados con embolización endovascular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trató de un estudio observacional, retrospectivo donde se recolectó la información de casos clínicos con diagnóstico de MAV cerebral que fueron sometidos a intervención radiológica, durante el período enero 2016 a diciembre 2017, en el servicio de Intervencionismo Radiológico del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín.

Encontrando un universo de 21 casos que acudieron al servicio de intervencionismo radiológico con diagnóstico o sospecha de malformación arterio venosa cerebral, de los cuales 4 fueron excluidos, que-

dando como muestra un total de 17 casos.

Se incluyó a todos los pacientes que fueron embolizados, mayores de 18 años, y excluyó a los pacientes menores de 18 años, que se realizaron angiografía diagnóstica y a aquellos que fueron sometidos a gammaknife.

Utilizando el programa IBM SPSS Statistics v23 institucional y Microsoft Excel 2016 para el análisis estadístico de medidas de tendencia central, relación de variables, frecuencias, entre otras.

## RESULTADOS

Durante el estudio se encontró 21 casos que acudieron al servicio de intervencio-

nismo radiológico con diagnóstico o sospecha de malformación arterio venosa cerebral, de los cuales 4 fueron excluidos, quedando como muestra un total de 17 casos.

El 53% fue de sexo masculino, la media de edad de hombres fue de 42,8 años (SD 11,79 años), para mujeres de 34 años (SD 20,25 años) y en general una media de 38,71 años (SD 16,43 años).

La media de tamaño de las malformaciones fue de 39,6mm (SD 24,5mm). Gráfico 1 y 2 para la clasificación de Spetzler Martin de las MAV embolizadas y su ubicación, respectivamente.

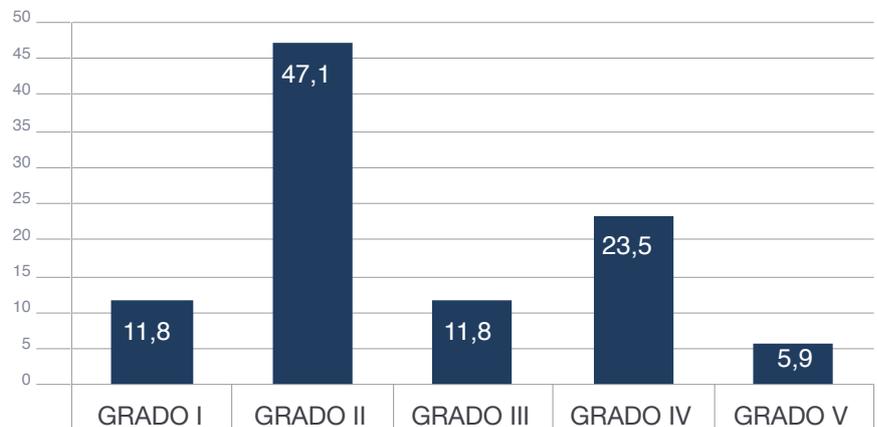


Gráfico 1. Clasificación Spetzler Martin. Fuente. Datos de la investigación. Realizado por. Autores.

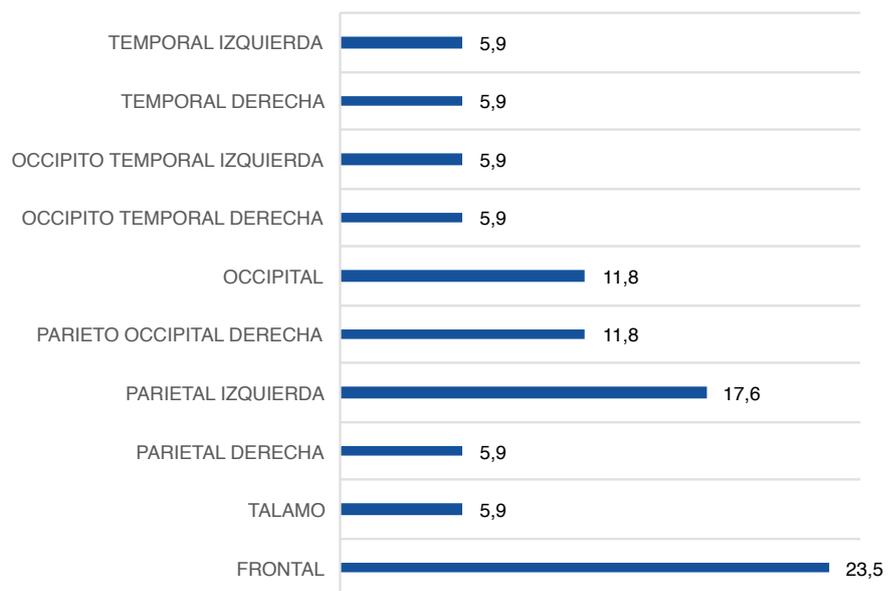
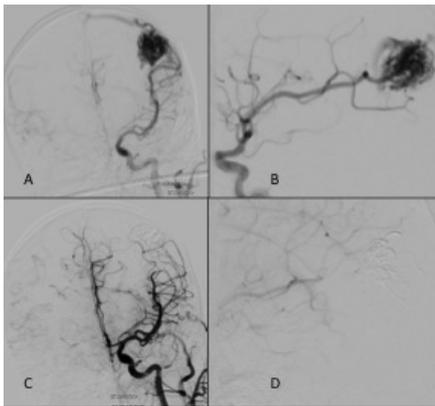


Gráfico 2. Ubicación de las malformaciones arterio venosas cerebrales. Fuente. Datos de la investigación. Realizado por. Autores.

El promedio global del tamaño de las malformaciones sometidas a embolización endovascular fue de 39,5 mm (SD 24,5mm). El 52,9% de los casos sometidos a embolización tenían antecedente de hemorragia intracraneal previa.

En todos los casos se utilizó alcohol copolímero de etileno – vinilo (ONIX-18). Con una estancia hospitalaria entre 5 a 7 días, en donde se incluye la estancia de cuidados intensivos. Las MAV con escala Spetzler Martin mayor a 3, necesitaron más de una sesión de embolización. El 35,3% de todos los casos alcanzó una reducción del volumen de la MAV del 70% o superior posterior a las sesiones de embolización. De manera global el porcentaje de obliteración alcanzado en promedio de todas las MAV fue de 61,5% y el 11,7% alcanzó una embolización total del 100% del volumen de la MAV.



**Figura 1.** MAV parietal izquierda, Spetzler Martin IV. A. Nido vascular displásico de 24mm x 18mm x 24mm. B. Aferencia de ramos angular y parieto occipital de la arteria cerebral media silviana izquierda. C. Estudio post embolización donde se observa oclusión del 100%. D. Vista sagital con focalización en sitio de la MAV, donde se observa oclusión total.

**Fuente.** Dr. Pedro Cornejo, HECAM. Realizado por. Autores.

## DISCUSIÓN

Las MAV ocurrieron de manera general en 0,1% de la población y equivaliendo a la décima parte de la incidencia de aneurismas intracraneales. Con un promedio anual de mortalidad de pacientes no tratados próximo al 1,0%<sup>2,3</sup>.

La mayoría de MAV son supratentoriales, con una descripción en la literatura cercana al 90,0%, en ésta población estudiada el 100,0% fue supratentorial y únicas, considerando que hasta el 9,0% de pacientes pueden tener MAV múltiples<sup>2</sup>.

**Tabla 1. Comparación de medias con el grado de Spetzler Martin mayor o igual a III.**

Variable (unidad de medida)	Mayor o igual a III	Menor a III	Prueba F (valor p)	Diferencia de medias	Prueba t	Valor p
Edad (años)	34	42	2,03 (0,175)	8	0,99	0,34
Tamaño (mm)	61,6	24,2	6,83 (0,02)	37,3	4,09	0,004
Reducción (%)	60,8	66	0,004 (0,95)	5,17	0,36	0,73

**Fuente.** Datos de la investigación. Realizado por. Autores.

**Tabla 2. Comparación de antecedente de hemorragia intracerebral.**

Variable (unidad de medida)	Si sangrado	No sangrado	Prueba F (valor p)	Diferencia de medias	Prueba t	Valor p
Edad (años)	47,4	28,9	2,3 (0,15)	18,57	2,77	0,01
Tamaño (mm)	33,5	46,3	0,18 (0,89)	12,82	1,08	0,29
Reducción (%)	67,8	59,3	1,13 (0,31)	8,49	0,61	0,55

**Fuente.** Datos de la investigación. Realizado por. Autores.

La clasificación más utilizada para MAV es la de Spetzler Martin, que considera el diámetro, la presencia de drenaje venoso y la localización elocuente como área motora, área sensitiva, área del lenguaje, corteza visual y/o ganglios basales.

El 59,0% de las MAV fueron catalogados como Spetzler Martin grado I-II, el porcentaje restante tuvo una clasificación superior, datos similares se encontraron en la literatura<sup>4</sup>. En ésta revisión, el porcentaje de pacientes con MAV que presentó hemorragia intracraneal como antecedente a la embolización endovascular, se encontró dentro de rangos descritos en diferentes estudios de MAV que debutaron con sangrado intracraneal<sup>3,5</sup>.

El riesgo de sangrado anual de una MAV es de 1 a 3,0%, pero depende del tamaño y su localización<sup>2</sup>. Si la MAV ya tiene antecedente de hemorragia, su riesgo de sangrado sube a 5,0% al año<sup>3</sup>. En ésta investigación, se encontró diferencia estadística respecto a la edad de los pacientes con antecedentes de hemorragia intracraneal, encontrando que a más edad, mayor porcentaje de pacientes con dicho antecedente.

El beneficio del uso de la embolización se encontró dado en la oclusión del flujo de arterias nutricias profundas que fueron clave en determinar la morbilidad y resecabilidad de la malformación, facilitando la hemostasis, reduciendo sangrado intraoperatorio y

proporcionando la disección quirúrgica<sup>6,7</sup>, puede ser usado como tratamiento único o como precursor quirúrgico. Sin embargo, existe un resultado contradictorio en el estudio ARUBA<sup>8</sup>, (a randomised trial of unruptured brain arteriovenous malformations), donde se compara el manejo conservador respecto a otro tipo de tratamiento en MAV no accidentada, presentando menor incidencia de stroke o muerte en pacientes con el tratamiento conservador<sup>8,9,10,11</sup>.

Muchos autores reportaron las limitaciones del estudio ARUBA<sup>8</sup>, de manera principal por su ausencia de especificación de la estrategia terapéutica entre la combinación de embolización, cirugía o radioterapia. En adición, existen estudios que respaldan el beneficio de una embolización prequirúrgica como opción terapéutica<sup>6,7,12-14</sup>, así como estudios que no encuentran un beneficio notorio del uso de la embolización prequirúrgica o encontraron resultados mixtos no concluyentes<sup>15,16</sup>.

La literatura indica que un tratamiento parcial o incompleto de una MAV, aumenta el riesgo de sangrado/rotura hasta 4 veces<sup>6,17</sup>. La morbilidad y mortalidad relacionada a embolización varía de 2 a 12%<sup>18,19</sup>.

El promedio de obliteración alcanzado, posterior a las sesiones de embolización fue similar al de otras series de casos, o bien se encontró dentro del rango de 30 a 90,0%, reportado en dichos estudios<sup>6,7</sup>.

Sin embargo, el porcentaje de pacientes con una obliteración total de la MAV se encontró por debajo de valores como 19,7%<sup>17,18</sup>. No se encontró asociación estadística con la presencia de complicaciones respecto a la clasificación de Spetzler Martin y la morbilidad en relación con la presencia de hemorragia intracraneal fue de 5,88%.

Los resultados obtenidos en ésta experiencia, fueron similares a los reportados en la literatura, y se debe considerar a la embolización como una alternativa del tratamiento, de manera principal como precursor a la cirugía en MAV con clasificación Spetzler Martin mayor a III.

Ante la controversia del uso del procedimiento, se recomendó estudios donde se especifique y controle a quien embolizar, número de sesiones, agente embolizante, tamaño y volumen de la malformación arteriovenosa, entre otras variables como factores de riesgo inherentes a cada paciente.

## CONCLUSIONES

Los resultados de las embolizaciones de malformaciones arterio venosas cerebrales en ésta experiencia fueron similares a los reportes de la literatura. Pudo considerarse una alternativa de tratamiento, siendo utilizado como precursor del tratamiento quirúrgico de malformaciones arterio venosas con clasificación Spetzler Martin mayor a III.

## RECOMENDACIONES

Son necesarios estudios complementarios donde se especifiquen las variables de los tratamientos post procedimiento y un seguimiento para valorar la supervivencia de los pacientes y/o hemorragias futuras.

## ABREVIATURAS

MAV: Malformación Arterio-Venosa, HECAM: Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

XH: Concepción y diseño del trabajo. Análisis de interpretación de datos. Redacción de manuscritos. Otras contribuciones. Proceso investigativo, recolección y análisis estadístico de datos, informe final. PC: Asesoría estadística. Recolección y obtención de resultados. PCC: Revisión crítica del manuscrito. Asesoría técnica y administrativa. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del trabajo.

## INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Xavier Sebastián Herdoíza Salinas. Médico Posgradista R4 de Radiología e Imagen, Universidad San Francisco de Quito, Hospital Carlos Andrade Marín, Quito-Ecuador. ORCID ID: 0000-0002-4312-5829

Pablo Andrés Cuaspué Guerrero. Médico Posgradista R4 de Radiología e Imagen, Universidad San Francisco de Quito, Hospital Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador. ORCID ID: 0000-0001-5115-4702.

Pedro Mauricio Cornejo Castro, Médico Radiólogo, Universidad San Francisco de Quito, Unidad de Intervencionismo Radiológico del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín, Unidad de PET CT. Quito-Ecuador. ORCID ID: 0000-0002-2026-1588

## DISPONIBILIDAD DE DATOS Y MATERIALES

Se utilizaron recursos bibliográficos de uso libre y limitado. La información recolectada está disponible bajo requisición al autor principal.

## APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA Y CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPACIÓN

El artículo científico fue aprobado por pares y por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos – CEISH/HECAM.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

La publicación fue aprobada por el Consejo Editorial del HECAM

## AGRADECIMIENTO

Un cordial agradecimiento a la Unidad de Intervencionismo Radiológico del Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín por facilitar el acceso a su base estadística e imágenes.

## FINANCIAMIENTO

La fuente económica fue provista por recursos propios de los autores.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no haber tenido ningún potencial conflicto de intereses con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lawton MT, Rutledge WC, Kim H, Stapf C, Whitehead KJ, Li DY, et al. Brain arteriovenous malformations. *Nat Rev Dis Primers* [Internet]. 2015 May [cited 2018 Nov 01]; 28;1:15008. PMID: 27188382. DOI: 10.1038/nrdp.2015.8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27188382>.
2. Chen CJ, Norat P, Ding D, Mendes GAC, Tvrdik P, Park MS, et al. Transvenous embolization of brain arteriovenous malformations: a review of techniques, indications, and outcomes. *Neurosurg Focus* [Internet]. 2018 Jul [cited 2018 Nov 01]; 45(1):E13. PMID: 29961383. DOI: 10.3171/2018.3.FOCUS18113. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29961383>.
3. Robert J Singer, MDChristopher S Ogilvy, MDGuy Rordorf M. Brain arteriovenous malformations. *Nat Rev Dis Prim* [Internet]. 2015;15047. Available from: [https://www-uptodate-com.ezbiblio.usfq.edu.ec/contents/brain-arteriovenous-malformations?search=malformation arterial venous&source=search\\_result&selectedTitle=1~150&usage\\_type=default&display\\_rank=1](https://www-uptodate-com.ezbiblio.usfq.edu.ec/contents/brain-arteriovenous-malformations?search=malformation%20arterial%20venous&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1).
4. Bruno CA, Meyers PM. Endovascular Management of Arteriovenous Malformations of the Brain. *Interv Neurol* [Internet]. 2012 Sep [cited 2018 Nov 01]; 1(3-4):109-23. PMID: 25187772. PMID: PMC4138962. DOI: 10.1159/000346927. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25187772>.
5. Sousa EC, Teixeira MJ, Piske RL, Albuquerque LS, Côrrea S, Benabou S, et al. The Role of Preradiosurgical Embolization in the Management of Grades III, IV, and V Arteriovenous Malformations. *Front Surg* [Internet]. 2016 Jun [cited 2018 Nov 01]; 28;3:37. PMID: 27446926.

- PMCID: PMC4923073. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00037. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27446926>.
6. Del Maestro M, Luzzi S, Gallieni M, Trovarelli D, Giordano AV, Gallucci M, et al. Surgical Treatment of Arteriovenous Malformations: Role of Preoperative Staged Embolization. In: *Acta neurochir Suppl* [Internet]. 2018 [cited 2018 Nov 01]. 129:109–113. PMID: 30171322. DOI: 10.1007/978-3-319-73739-3\_16. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30171322>.
  7. Luzzi S, Del Maestro M, Bongetta D, Zoia C, Giordano A V, Trovarelli D, et al. Onyx Embolization Before the Surgical Treatment of Grade III Spetzler-Martin Brain Arteriovenous Malformations: Single-Center Experience and Technical Nuances. *World Neurosurg* [Internet]. 2018 Aug [cited 2018 Nov 01]; 116:e340–353. PMID: 29751183. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.04.203. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29751183>.
  8. Joyce C, Gomez CR. Reimagining ARUBA: Theoretical Optimization of the Treatment of Unruptured Brain Arteriovenous Malformations. *J Stroke Cerebrovasc Dis* [Internet]. 2018 Nov [cited 2018 Nov 01]; 27(11):3100–3107. PMID: 30093202. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.07.007. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30093202>.
  9. Maruyama D, Satow T, Kataoka H, Mori H, Hamano E, Orita Y, et al. Multimodal Interventional Treatment and Outcomes for Unruptured Arteriovenous Malformations. In: *Acta neurochir Suppl* [Internet]. 2018 [cited 2018 Nov 01]; 129:115–20. PMID: 30171323. DOI: 10.1007/978-3-319-73739-3\_17. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30171323>.
  10. Mohr JP, Moskowitz AJ, Stapf C, Hartmann A, Lord K, Marshall SM, et al. The ARUBA Trial: Current Status, Future Hopes. *Stroke* [Internet]. 2010 Aug [cited 2018 Nov 01]; 41(8):e537–40. PMID: 20634478. PMCID: PMC2927344. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.580274. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20634478>.
  11. Mohr JP, Yaghi S. Management of unbled brain arteriovenous malformation study. *Neurol Clin* [Internet]. 2015 May [cited 2018 Nov 01]; 33(2):347–59. PMID: 25907910. PMCID: PMC4409652. DOI: 10.1016/j.ncl.2014.12.006. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25907910>.
  12. Marks MP, Marcellus ML, Santarelli J, Dodd RL, Do HM, Chang SD, et al. Embolization Followed by Radiosurgery for the Treatment of Brain Arteriovenous Malformations (AVMs). *World Neurosurg* [Internet]. 2017 Mar [cited 2018 Nov 01]; 99:471–476. PMID: 28017742. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.12.059. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28017742>.
  13. Poncyłjusz W, Sawicki M, Lubkowska K, Rać M. Early outcomes and periprocedural complications of transarterial embolization of brain arteriovenous malformations with Onyx®. *Neurol Neurochir Pol* [Internet]. 2017 Jul [cited 2018 Nov 01]; 51(4):277–285. PMID: 28427848. DOI: 10.1016/j.pjnns.2017.03.006. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28427848>.
  14. Fang Y-B, Byun J-S, Liu J-M, Krings T, Pereira VM, Brinjikji W. Transvenous embolization of brain arteriovenous malformations: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Sci* [Internet]. 2018 Feb [cited 2018 Nov 01]; 13. PMID: 29444556. DOI: 10.23736/S0390-5616.18.04342-4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29444556>.
  15. Luksik AS, Law J, Yang W, Garzon-Muvdi T, Caplan JM, Colby G, et al. Assessing the Role of Preoperative Embolization in the Surgical Management of Cerebral Arteriovenous Malformations. *World Neurosurg* [Internet]. 2017 Aug [cited 2018 Nov 01]; 104:430–441. PMID: 28512050. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.05.026. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28512050>.
  16. Iyer A, D'souza M, Steinberg GK. Embolization before stereotactic radiosurgery for the treatment of brain arteriovenous malformations. *J Neurosurg Sci* [Internet]. 2018 Aug [cited 2018 Nov 01]; 62(4):514–518. PMID: 29582980. DOI: 10.23736/S0390-5616.18.04425-9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29582980>.
  17. Lv X, Wu Z, Li Y, Yang X, Jiang C. Hemorrhage risk after partial endovascular NBCA and ONYX embolization for brain arteriovenous malformation. *Neurol Res* [Internet]. 2012 Jul [Cited 2018 Nov 01]; 34(6):552–6. PMID: 22663933. DOI: 10.1179/1743132812Y.0000000044. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22663933>.
  18. Pierot L, Cognard C, Herbreteau D, Fransen H, van Rooij WJ, Boccardi E, et al. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations using a liquid embolic agent: results of a prospective, multicentre study (BRAVO). *Eur Radiol* [Internet]. 2013 Oct [Cited 2018 Nov 01]; 23(10):2838–45. PMID: 23652849. DOI: 10.1007/s00330-013-2870-6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23652849>.
  19. Sahlein DH, Mora P, Becske T, Nelson PK. Nidal embolization of brain arteriovenous malformations: rates of cure, partial embolization, and clinical outcome. *J Neurosurg* [Internet]. 2012 Jul [Cited 2018 Nov 01]; 117(1):65–77. PMID: 22540403. DOI: 10.3171/2012.3.JNS111405. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22540403>.
  20. Elewa MK. Cerebral arteriovenous malformations in the era of embolization for angiographic cure: a single-center experience in Egypt. *Egypt J Neurol psychiatry Neurosurg* [Internet]. 2018 [Cited 2018 Nov 01]; 54(1):12. PMID: 29780232. PMCID: PMC5954783. DOI: 10.1186/s41983-018-0003-5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29780232>.