



# Tratamiento endovascular de las fistulas arteriovenosas intradurales dorsales espinales

Jorge Arturo Santos-Franco,<sup>a</sup> María Griselda Lizbeth Collado-Arce,<sup>a</sup> Julio César Dávila-Romero,<sup>a</sup> Rafael Saavedra-Andrade,<sup>a</sup> Miguel Antonio Sandoval-Balanzario<sup>a</sup>

## Endovascular treatment of spinal dorsal intradural arteriovenous fistulas

**Background:** The dorsal spinal intradural arteriovenous fistulas (DSIAF) are infrequent and complex injuries are underdiagnosed condition and disability. The aim is to present our experience in the endovascular management.

**Methods:** A retrospective and prospective study of patients with DSIAF treated by endovascular therapy (EVT) with n-butyl-cyanoacrylate during the period 2007-2013.

**Results:** 15 patients, 12 men and 3 women, mean age 37 years, were included. In 12 cases, the presentation was progressive and insidious over a period between 6 months and one year, while 3 had bleeding. The lesion in the thoracic location had 73 % of cases, lumbar 20 % and cervical 7 %. Prior to treatment observed disability grades 5 and 4 in 73 %, and 67 % had micturition disturbances. Complications grade 3, only one patient had transient deterioration of alert 6 hours after the procedure. Improvement to grades 1 and 2 disability at 48 hours, 3 and 6 months, 53 %, 73 % and 87 % respectively was found.

**Conclusions:** EVT has a short operating time, bleeding volume is very low and the hospital stay is short compared with other surgical techniques. EVT is a safe and significant effectiveness in treating DSIAF procedure. This is the first series of cases treated with EVT in Mexico.

Keywords	Palabras clave
Arteriovenous fistula	Fistula arteriovenosa
Arteriovenous malformations	Malformaciones arteriovenosas
Spinal cord vascular diseases	Enfermedades vasculares de la médula espinal

Recibido: 22/10/2014

Aceptado: 06/03/2015

Las malformaciones vasculares espinales son lesiones complejas e infrecuentes que representan un grupo heterogéneo de lesiones que afectan directa o indirectamente a la médula espinal. Está comprendido por malformaciones arteriovenosas y fistulas arteriovenosas durales que a su vez se dividen en epidurales e intradurales.<sup>1-5</sup>

Las fistulas arteriovenosas intradurales dorsales espinales (FAVIDE) llevan al paciente a la discapacidad, ya sea por: hipoxia (fenómeno de robo vascular), por congestión y compresión (por ectasia e hipertensión venosa) o por hemorragia (infrecuente). Debido a su historia natural, ominosa para la función medular, las FAVIDE deben ser tratadas. Su tratamiento endovascular ha evolucionado sustancialmente.<sup>5</sup>

## Métodos

Desde noviembre de 2007 hasta octubre de 2010 se revisaron de forma retrospectiva los expedientes y estudios de imagen de pacientes portadores de FAVIDE que fueron tratados mediante terapia endovascular neurológica (TEN) en el servicio de Neurocirugía del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza. A partir de noviembre de 2010 a noviembre de 2013 se enrolaron de forma prospectiva a pacientes con características iguales, y se registraron datos como sexo, edad y ocupación.

Para establecer una evaluación clínica, todos los pacientes fueron clasificados en grados mediante las escalas de afectación motriz, de la marcha y de la micción de Aminoff y Logue (cuadros I a III).<sup>6</sup> Se registró el tiempo desde el inicio de la evaluación clínica hasta el momento del diagnóstico.

Los pacientes fueron tratados mediante TEN bajo sedación y analgesia. Por vía arterial femoral se cateterizó la arteria radicular participante en la fistula. El pedículo arterial fue cateterizado selectivamente mediante microcatéter de 1.5 F montado sobre una microguía de 0.008" o 0.007". Se realizó la embolización superselectiva con una mezcla de lipiodol con n-butil-cianoacrilato, desde el pedículo hasta el pie de la vena. Se registraron las eventualidades o complicaciones derivadas del tratamiento (figura 1). Los pacientes fueron evaluados 48 horas después del pro-

<sup>a</sup>Servicio de Neurocirugía, Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional La Raza, Instituto Mexicano del Seguro Social, Distrito Federal, México

Comunicación con: Jorge Arturo Santos-Franco

Teléfono: (55) 2096 9023

Correos electrónicos: jasantosfranco@hotmail.com, jorge\_santos@unam.mx

**Introducción:** las fistulas arteriovenosas intradurales dorsales espinales (FAVIDE) son lesiones poco frecuentes y complejas que son subdiagnósticas y condicionan discapacidad. El objetivo es presentar nuestra experiencia en el manejo endovascular.

**Métodos:** estudio ambispectivo de pacientes con FAVIDE, tratados mediante terapia endovascular (TEV) con n-butil-cianoacrilato en el periodo de 2007 a 2013.

**Resultados:** se incluyeron 15 pacientes con edad media de 37 años. En 12 casos la presentación fue progresiva e insidiosa en un lapso de entre 6 meses y un año, mientras que 3 presentaron hemorragia. La lesión tuvo localización torácica en 73 % de los casos, lumbar en 20 % y cervical en 7 %. Previo al tratamiento

observamos discapacidad de grados 5 y 4 en 73 %, y 67 % tenían alteraciones de la micción de grado 3. Como complicaciones, solo una paciente tuvo deterioro del estado de alerta transitorio 6 horas después del procedimiento. Se encontró una mejoría hacia los grados 1 y 2 de discapacidad, a las 48 horas, 3 y 6 meses, de 53 %, 73 % y 87 %, respectivamente.

**Conclusiones:** con la TEV se tiene un tiempo quirúrgico corto, el volumen de hemorragia es bajo y la estancia hospitalaria es corta, respecto de otras técnicas quirúrgicas. La TEV es un procedimiento seguro y con efectividad significativa en el tratamiento de FAVIDE. Esta es la primera serie de casos tratados con TEV en México.

## Resumen

cedimiento y se registró el tiempo de estancia hospitalaria. Los pacientes siguieron un plan de fisioterapia en hospitales que cuentan con servicio de Rehabilitación (Hospital de Rehabilitación Colonia, Hospital "Dr. Victorio de la Fuente Narváez" y Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes).

Se evaluó a los pacientes 3 y 6 meses después mediante la escala de discapacidad para la marcha de Aminoff y Logue, y el índice de discapacidad de Barthel.

## Resultados

Durante el período del estudio se incluyeron 20 pacientes con FAVIDE, 12 en la parte retrospectiva y 8 en la fase prospectiva. De ellos, se excluyeron dos pacientes por rehusar algún tratamiento invasivo y solo se trataron 18 pacientes. Quince pacientes fueron manejados mediante TEV, y tres fueron tratados mediante laminectomía torácica. De 15 pacientes, 12 fueron masculinos (80 %) y 3 femeninos (20 %), la edad media fue de 37 años (R: 17-62).

El curso de la FAVIDE fue insidioso y progresivo en 12 casos (80 %) con un promedio de entre 6 meses a 1 año antes de su diagnóstico definitivo. Tres pacientes (20 %) debutaron de forma súbita con hemorragia espinal, condicionando cuadriplejía en uno y paraplejía en dos. Uno de estos pacientes desarrolló hemorragia subaracnoidea intracraneal complicada con hidrocefalia aguda, lo que confundió y demoró el diagnóstico etiológico (figura 2).

Los síntomas más frecuentes fueron las alteraciones motoras y sensitivas. Hubo disminución de la fuerza en el 100 % de los pacientes con diferentes grados de afección, desde paresia leve hasta paraplejía en 3 pacientes y cuadriplejía en uno. En 5 pacientes (33 %) se presentó claudicación de la marcha.

Al analizar a los pacientes con la escala de grado de afección motora de Aminoff y Logue observamos

**Cuadro I** Escala de grado de afectación motora<sup>6</sup>

Grado	Descripción	n (%)
1	Esbozo de movimiento	7 (47 %)
2	Movimiento posible sin gravedad	3 (20 %)
3	Movimiento posible contra gravedad	3 (20 %)
4	Leve déficit de fuerza	2 (13 %)
5	Fuerza normal	0

que 7 pacientes (47 %) se encontraron en grado 1, y 3 pacientes (20 %) en grado 2, lo que muestra la gravedad del daño motor (cuadro I).

Entre las alteraciones sensitivas se encontró hipoestesia difusa o mal definida. La hipoestesia por debajo del nivel de afección de la lesión vascular estuvo presente en 14 pacientes (93 %), 1 paciente (7 %) no tuvo afección de la sensibilidad. Se presentó dolor radicular en 8 casos (53 %).

Los trastornos sexuales caracterizados por disfunción erétil se presentaron en el 67 % de los varones (8/12), y los trastornos en la micción se manifestaron todos los casos con incontinencia o retención urinaria. En la escala de trastornos de la micción de Aminoff y Logue observamos que el 67 % se encontraban en grado 3.

En la evaluación del grado de afección funcional según la escala modificada de discapacidad para la marcha de Aminoff y Logue, se observó que al momento del diagnóstico, el 60 % y el 13 % de los

**Cuadro II** Escala de trastorno de la micción<sup>6</sup>

Grado	Descripción	n (%)
1	Urgencia o frecuencia	1 (7 %)
2	Incontinencia o retención ocasional	4 (27 %)
3	Incontinencia o retención frecuente	10 (67 %)

**Cuadro III** Escala modificada de discapacidad para la marcha<sup>6</sup>

Grado	Descripción	n	(%)
1	Alteración de la marcha con paresia en extremidad sin restricción de actividad	1	(7 %)
2	Actividad restringida	1	(7 %)
3	Requiere bastón para caminar	2	(13 %)
4	Requiere muletas o dos bastones	2	(13 %)
5	No puede mantenerse en pie. Confinado a cama / silla de ruedas	9	(60 %)

pacientes se encontraron en grados 5 y 4, respectivamente (cuadro II).

A todos los pacientes se les practicó resonancia magnética (RM). En los 3 casos de inicio agudo se demostró hemorragia. Los hallazgos de mayor importancia fueron engrosamiento medular en 8 casos (53 %), e hipointensidad en secuencia T2 en 9 (60 %). Estos cambios indican de forma indirecta el sufrimiento medular. Se observó imagen de tortuosidad vascular en todos los casos. Una paciente con lesión vascular torácica presentó, además, siringomielia cervical (figura 2).

Se realizó angiografía espinal selectiva en todos los pacientes. El cortocircuito fue torácico en 11 pacientes (73 %), lumbar en 3 (20 %) y cervical solamente en un caso (7 %). En 10 casos (67 %) el cortocircuito estaba integrado por una sola aferente (tipo A) y en 5 (33 %) por dos aferentes (tipo B). En la evaluación del drenaje venoso se observó que en 11 casos (73 %) este era en sentido caudal, mientras que en 3 casos (20 %) fue en sentidos cefálico y caudal, y exclusivamente cefálico en un caso (7 %).

Los pacientes fueron tratados mediante TEV con la inyección selectiva de n-butil-cianoacrilato. Los procedimientos se llevaron sin complicaciones ni eventualidades inmediatas, excepto en una paciente quien presentó deterioro motor y sensitivo grave 6 horas

después del procedimiento (caso 8), por probable trombosis venosa perimedular secundaria a migración inadvertida del material embolizante hacia el drenaje venoso. Catorce pacientes (93 %) egresaron a las 48 horas del procedimiento, mientras que la paciente que presentó la complicación permaneció hospitalizada una semana. Evaluamos a los pacientes según la escala de discapacidad para la marcha y de micción de Aminoff y Logue a su egreso, a 3 meses y 6 meses. La evolución funcional hacia la mejoría fue evidente, alcanzando grados 1 y 2 en 40 %, 60 % y 70 % a las 48 horas, 3 meses y 6 meses, respectivamente. Los detalles de la evolución se exponen en las figura 3 y 4. Los pacientes que se mantuvieron en grado 5 hasta los 6 meses fueron aquel que presentó la lesión hemorrágica de localización cervical y la paciente de la complicación antes mencionada.

Según el índice de Barthel, que evalúa el grado de dependencia de los pacientes, encontramos que a los 6 meses el 73 % de los pacientes son independientes, mientras que uno (6 %) tuvo una dependencia leve y 20 % una dependencia grave.

El tiempo promedio del procedimiento endovascular fue de 40 minutos, el volumen promedio de sangrado fue de 30 ml y la estancia hospitalaria de 3 días, debido a cuestiones administrativas intrahospitalarias.



Figura 1 Imágenes del paciente No 4. Cateterismo selectivo de la arteria radicular T9 derecha (flecha en A). El cateterismo superselectivo con microcatéter señala el sitio del cortocircuito arteriovenoso (flecha punteada en B). Se realizó la embolización con n-butil cianoacrilato (flecha gruesa en C). El control selectivo muestra la ausencia de la fistula

## Discusión

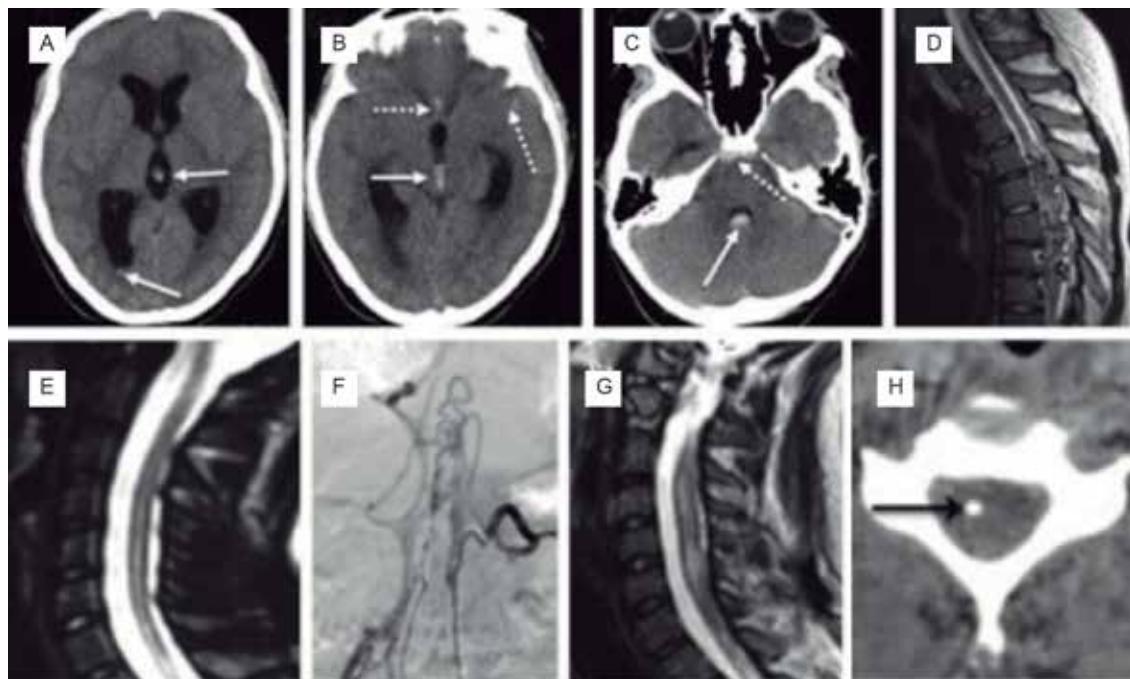
Las fistulas arteriovenosas intradurales espinales se clasifican en dorsales y ventrales, y son entidades con localización anatómica y comportamiento clínico diferentes.<sup>4,7</sup>

Asimismo, las FAVIDE se componen de una arteria radicular aferente que se comunica anormalmente con el sistema venoso de la médula espinal en la manga dural de la raíz nerviosa causando hipertensión venosa.<sup>8-12</sup> Se clasifican a su vez en tipo A y B, si hay una o más de una arteria radicular aferente, respectivamente.<sup>13</sup> Representan alrededor del 70 % de las lesiones vasculares espinales y su incidencia es mayor en el sexo masculino.<sup>5</sup> Se localizan frecuentemente en la columna torácica y se desconoce su etiología, pero se han asociado con afecciones de la columna vertebral como infección, trauma y cirugía. La evolución clínica suele ser progresiva e insidiosa y rara vez sanan.<sup>5,12,14,15</sup>

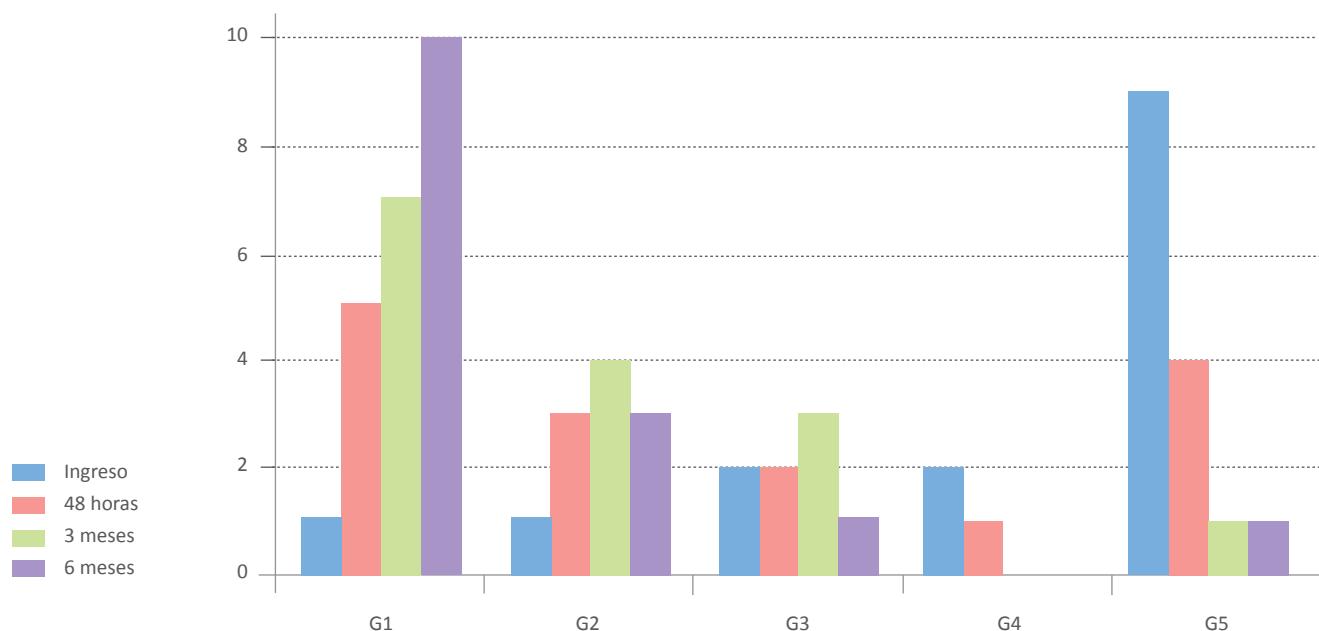
En nuestra serie 20 % debutaron con hemorragia. Los síntomas motores se presentan en casi todos los

casos. La paresia fláctica es casi tan común como la espástica. Los síntomas sensitivos están presentes en un 69 a 90 % de casos y el dolor afecta a más de la mitad de ellos. La RM suele ser el método de diagnóstico inicial y los hallazgos más comunes son hipointensidad espinal en T2 y realce a la administración con gadolinio en T1.<sup>5</sup> El plexo venoso coronal tiene una característica nodular, con mechones y de aspecto tortuoso con múltiples vacíos de señal, condicionados por los vasos aferentes y de drenaje. Pueden verse cambios en la intensidad de señal en T2 que representan edema medular debido a la congestión venosa. La hemorragia subaguda se observa como un aumento de señal en las imágenes en T1. La asociación de siringomielia y una malformación vascular es rara,<sup>16</sup> pero la observamos en una paciente (figura 2).

La angiografía es el estándar de oro<sup>5</sup> y muestra un patrón característico de bajo flujo, producido por la arteria radiculomedular aferente que penetra la duramadre a nivel de cubierta dural de la raíz, y a ese nivel se forma la fistula que arterializa el plexo venoso coronal.<sup>17-19</sup>



**Figura 2** La paciente No 8 debutó con pérdida súbita del estado de alerta, despertó con cefalea y paraparesia. La tomografía de cráneo (A-C) demostró hemorragia subaracnoidea (flechas punteadas) con irrigación ventricular (flechas) e hidrocefalia. La angiografía cerebral no mostró ninguna lesión vascular. La resonancia magnética de columna dorsal (D) mostró una lesión de aspecto vascular entre T4 y T7 además de engrosamiento medular con hipointensidad en T2. La RM de la región cervical (E) se evidenció siringomielia. El cateterismo superselективo de la arteria radicular T6 (F) izquierda mostró un cortocircuito arteriovenoso el que fue embolizado. El control angiográfico mostró la ausencia del cortocircuito. Aproximadamente a 6 horas del procedimiento la paciente experimentó progresión hacia la cuadriplejia. La RM mostró edema de la médula espinal cervical y la TC axial a nivel de C5 (H) mostró n-butyl-cianoacrilato en el canal medular, lo que nos hizo sospechar de migración céfala inadvertida del agente embolizante por vía del plexo venoso coronario. La paciente fue tratada mediante laminectomía urgente y anticoagulación con fármacos cumarínicos, presentó mejoría sin embargo persistió con la paraplejia.

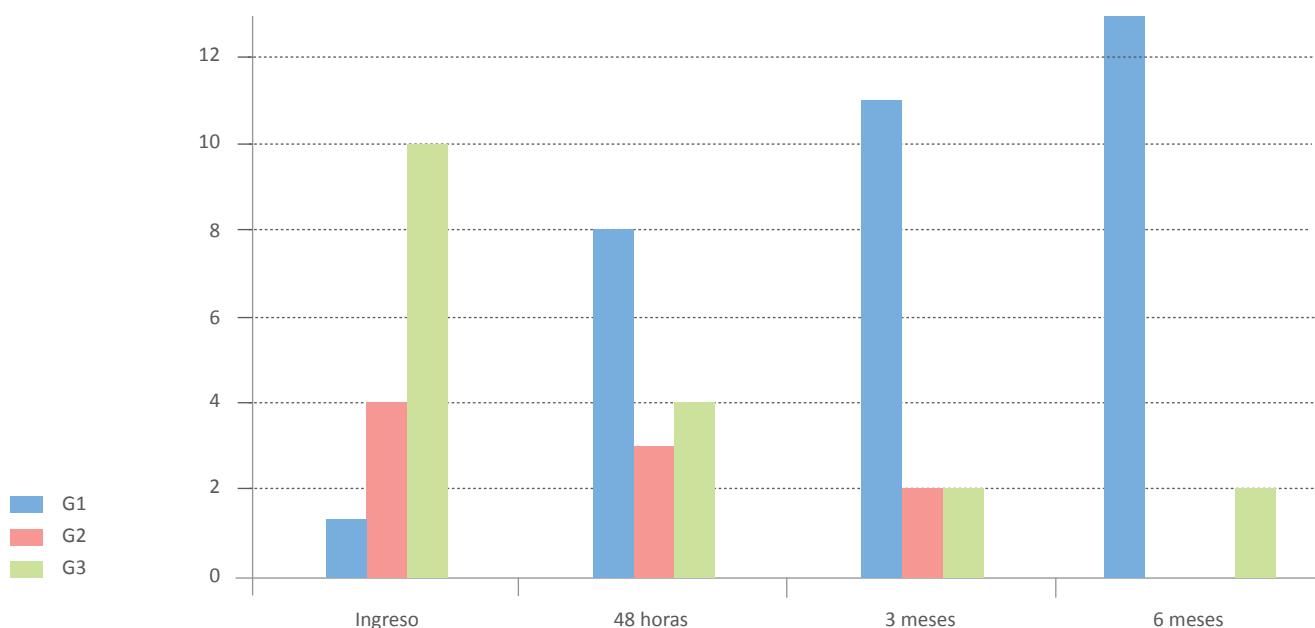


**Figura 3** Evolución de los pacientes según la escala funcional de discapacidad para la marcha Aminoff y Logue desde el ingreso y hasta 6 meses después del tratamiento

El pronóstico funcional de las FAVIDE es malo, la mayoría de pacientes pueden desarrollar marcha anómala al cabo de un año desde el inicio de los síntomas y solo 9 % puede deambular sin restricciones a tres años, y 50 % presentan un cuadro invalidante.<sup>20,21</sup>

Antes de decidir el tratamiento, se debe tener certeza del tipo de lesión, basados en una angiografía espinal y el adecuado análisis de las imágenes de

RM.<sup>14,22-24</sup> No existe uniformidad en las clasificaciones, y eso hace más complicado el análisis de la FAVIDE. La clasificación propuesta por Spetzler *et al.* es la más adecuada.<sup>4,5,15,24</sup> Las FAVIDE pueden ser tratadas mediante cirugía o TEV. Algunos autores prefieren tratarlas en primera instancia mediante cirugía, que fue el manejo tradicionalmente aceptado.<sup>4,14</sup> Spitteler *et al.* reportan muy baja morbilidad con 80 %



**Figura 4** Evolución de los pacientes según la escala de micción de Aminoff y Logue desde el ingreso y hasta 6 meses después del tratamiento

de mejoría, sin embargo en 10 % empeoró su condición clínica y en 10 % se mantuvo sin cambios.<sup>4</sup>

La cirugía es una buena estrategia, sin ser completamente efectiva, que conlleva la necesidad de anestesia general, de laminectomía o laminoplastia de mínimo dos o tres niveles, tiempo prolongado de procedimiento, dolor postoperatorio y riesgo de infeción, además de hospitalización que generalmente supera las 72 horas.

La embolización fue considerada como un complemento o alternativa útil a la cirugía,<sup>25</sup> sin embargo, en la actualidad muchos autores la recomiendan como el tratamiento de primera elección.<sup>1,5,26,27</sup>

Aún se afirma que el tratamiento endovascular no es bueno porque el índice de recanalización es alto. Esto se basa en un estudio de 3 pacientes reclutados en un periodo de 4 años<sup>28</sup> tratados mediante embolización, donde todos mostraron recanalización del cortocircuito vascular. Afirnar que la embolización es inadecuada para las FAVIDE de acuerdo a dicho artículo es un error porque: 1) incluye solo tres pacientes con fistula arteriovenosa, sin definir si son ventrales o dorsales, y 2) las partículas de polivinil alcohol utilizadas para la embolización, tienen un elevado índice de recanalización, además del riesgo del paso muy distal al lado venoso del cortocircuito.<sup>5,27,29,30</sup>

En conclusión, es un estudio sin vigencia por su definición inadecuada de FAVIDE, con pocos pacientes y una técnica endovascular fuera del contexto actual. Además, el mismo artículo refiere 13 estudios disponibles entonces, 157 lesiones vasculares espinales, no definidas con recanalización en 8 %, con material de embolización diverso, como gel de colágeno, polivinil alcohol, microbalones, músculo, fragmentos de duramadre, iso-butil-cianoacrilato y n-butil-cianoacrilato.<sup>31-42</sup>

Los metaanálisis y las revisiones de la efectividad del manejo endovascular en las fistulas espinales la reportan como una técnica segura y efectiva, y destacan que la tendencia actual es a considerarla como la primera línea de tratamiento.<sup>5,26</sup> Con la aparición de microcatéteres con nueva tecnología y los materiales embolizantes líquidos, sobre todo el n-butil-cianoacrilato, la curación perdurable se ha reportado entre 70 y 100 %.<sup>5,23,25,26,43-47</sup> Otra causa de recanalización es la mala técnica endovascular. La penetración del material embolizante debe incluir la porción proximal de la vena de drenaje (pie de la vena).<sup>1,5,27</sup> El etilene-vinil-alcohol (EVOH) es un material embolizante líquido de uso muy extendido en el mundo por ser de inyección más controlable que el n-butil-cianoacrilato, así como por su seguridad y efectividad en el manejo de diversas patologías vasculares intracraneales, sobretodo en malformaciones arteriovenosas (MAV) y fistulas.<sup>48,49</sup> El EVOH parece ser ideal en el tratamiento de las FAVIDE, y se ha descrito su efectividad

en otros tipos de lesiones vasculares espinales,<sup>50</sup> sin embargo se requieren más estudios para documentar su utilidad clínica. La presencia de pedículos arteriales muy pequeños que impidan la cateterización superselectiva, atherosclerosis severa de los pedículos o anastomosis con la arteria espinal anterior y/o la arteria de Adamkiewicz que no puedan ser evitadas, son la limitantes técnicas más importantes para el manejo endovascular. Estos casos deben ser tratados de primera intención mediante manejo quirúrgico.<sup>5</sup>

Son pocos los artículos que reportan complicaciones tanto quirúrgicas como endovasculares, sin embargo se puede observar isquemia espinal por oclusión de arterias normales, sobre todo de la arteria espinal anterior o la arteria de Adamkiewicz.<sup>26,51</sup> En nuestra serie, una paciente presentó deterioro de la función medular debido a trombosis venosa resultante del paso del material embolizante líquido muy distal hacia el plexo venoso coronal, complicación que no ha sido reportada anteriormente y que probablemente se hubiera evitado al utilizar un agente embolizante más controlable como el EVOH.

## Conclusiones

Las malformaciones vasculares espinales son lesiones infrecuentes aún no bien comprendidas y sin un criterio unificado para clasificarlas. Las FAVIDE deben ser diagnosticadas lo más pronto posible por su mal pronóstico funcional. El manejo endovascular así como la cirugía son una buena estrategia para su tratamiento, sin embargo, la embolización posee ventajas sobre la cirugía, tales como la mínima invasión, uso de sedación, tiempo corto del procedimiento y la ausencia de una laminectomía o laminoplastia extensa que pudiera condicionar inestabilidad de la columna vertebral a largo plazo y rara posibilidad de infección y permite una rehabilitación temprana. Por eso la terapia endovascular podría ser considerada como la primera elección, dejando a la cirugía como una alternativa terapéutica en estas lesiones. A nuestro conocimiento, esta es la serie latinoamericana más grande descrita y la primera en México que reporta sobre el manejo endovascular de este tipo de lesión.

Además, en esta serie presentamos un caso de siringomielia y hemorragia subaracnoidea intracranial asociadas a la fistula arteriovenosa espinal, situaciones que son infrecuentes.

---

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno en relación con este artículo.

## Referencias

1. Krings T, Thron AK, Geibprasert S, Agid R, Hans FJ, Lasjaunias PL, Reinges MH. Endovascular management of spinal vascular malformations. *Neurosurg Rev* 2010;33:1-9.
2. Rosenblum B, Oldfield EH, Doppman JL, Di Chiro G. Spinal arteriovenous malformations: a comparison of dural arteriovenous fistulas and intradural AVM's in 81 patients. *J Neurosurg* 1987;67:795-802.
3. Rosenblum DS, Myers SJ. Dural spinal cord arteriovenous malformation. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72:233-236.
4. Spetzler RF, Detwiler PW, Riina HA, Porter R. Modified classification of spinal cord vascular lesions. *J Neurosurg (Spine 2)* 2002;96:145-156.
5. Sivakumar W, Zada G, Yashar P, Giannotta SL, Teitelbaum G, Larsen DW. Endovascular management of spinal dural arteriovenous fistulas. *Neurosurg Focus* 2009;26 (5):E15.
6. Aminoff MJ, Logue V. The prognosis of patients with spinal vascular malformations. *Brain* 1974;97:211-218.
7. Krayenbühl H, Yasargil MG, McClintock HG. Treatment of spinal cord vascular malformations by surgical excision. *J Neurosurg* 1969;30:427-435.
8. Malis LI. Microsurgery for spinal cord arteriovenous malformations. *Clin Neurosurg* 1979;26:543-555.
9. Morgan MK, Marsh WR. Management of spinal dural arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 1989; 70:832-836.
10. Di Chiro G, Doppman JL, Ommaya AK. Selective arteriography of arteriovenous aneurysms of spinal cord. *Radiology* 1967;88:1065-1077.
11. Wyburn-Mason R. The Vascular Abnormalities and Tumours of the Spinal Cord and Its Membranes. London: H Klimptom, 1943, pp 196.
12. Bederson JB, Spetzler RF. Pathophysiology of type I spinal dural arteriovenous malformations. *BNI Quarterly* 1996;12:23-32.
13. Anson JA, Spetzler RF. Classification of spinal arteriovenous malformations and implications for treatment. *BNI Quarterly* 1992;8:2-8.
14. Gil-Salu JL, López-López JA, Fernández-Roche JA, Rodríguez-Piñero A, Espinosa-Quirós JR, Reche FJ. Tratamiento de fistulas arteriovenosas intradurales dorsales medulares: presentación de dos casos. *Rev Neurol* 2004;39:427-430.
15. González-Hernández A, Fabre-Pi O, López-Fernández JC, Díaz-Nicolás S, Suárez-Muñoz JA, Alemany-Rodríguez MJ. Fístula arteriovenosa dural espinal: una causa de mielopatía progresiva infadiagnosticada y tratable. *Arch Neurocienc (Mex)* 2010;15:112-117.
16. Srivatanakul K, Songsaeng D, Ozanne A, Toulgoet F, Lasjaunias P. Spinal arteriovenous malformation associated with syringomyelia. Report of four cases. *J Neurosurg Spine* 2009;10:436-442.
17. Hassler W, Thron A, Grote EH. Hemodynamics of spinal dural arteriovenous fistulas. An intraoperative study. *J Neurosurg* 1989;70:360-370.
18. McCutcheon IE, Doppman JL, Oldfield EH. Microvascular anatomy of dural arteriovenous abnormalities of the spine: a microangiographic study. *J Neurosurg* 1996;84:215-220.
19. Merland JJ, Riche MC, Chiras J. Intraspinal extra-medullary arteriovenous fistulae draining into the medullary veins. *J Neuroradiol* 1980;7:271-320.
20. Aminoff MJ, Barnard RO, Logue V. The pathophysiology of spinal vascular malformations. *J Neurol Sci* 1974;23:255-263.
21. Aminoff MJ, Logue V. Clinical features of spinal vascular malformations. *Brain* 1974;97:197-210.
22. Andersson T, Van Dijk JM, Willinsky RA. Venous manifestations of spinal arteriovenous fistulas. *Neuroimaging Clin N Am* 2003;13:73-93.
23. Rodesch G, Lasjaunias P. Spinal cord arteriovenous shunts: from imaging to management. *Eur J Radiol* 2003;46: 221-232.
24. Hida K, Iwasaki Y, Goto K, Miyasaka K, Abe H. Results of the surgical treatment of perimedullary arteriovenous fistulas with special reference to embolization. *Neurosurg Focus* 1998;5:Article 9.
25. Song JK, Gobin YP, Duckwiler GR, et al. N-butyl 2-cyanoacrylate embolization of spinal dural arteriovenous fistulae. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22: 40-47.
26. Medel R, Crowley W, Dumont AS. Endovascular management of spinal vascular malformations: history and literature review. *Neurosurgical Focus* 2009;26:E7.
27. Jellema K, Sluzewski M, van Rooij WJ, Tijssen CC, Beute GN. Embolization of spinal dural arteriovenous fistulas: importance of occlusion of the draining vein. *J Neurosurg Spine* 2005;2(5):580-583.
28. Hall WA, Oldfield EH, Doppman JL. Recanalization of spinal arteriovenous malformations following embolization. *J Neurosurg* 1989;70:714-720.
29. Van Dijk JMC, TerBrugge KG, Willinsky RA, Farb RI, Wallace MC. Multidisciplinary management of spinal dural arteriovenous fistulas: clinical presentation and long-term follow-up in 49 patients. *Stroke* 2002; 33:1578-1583.
30. Steinmetz MP, Chow MM, Krishnaney AA, et al. Outcome after the treatment of spinal dural arteriovenous fistulae: a contemporary singleinstitution series and meta-analysis. *Neurosurgery* 2004;55:77-78.
31. Doppman JL, Di Chiro G, Ommaya A. Obliteration of spinal-cord arteriovenous malformation by percutaneous embolisation. *Lancet* 1968 1:477.
32. Doppman JL, Di Chiro G, Ommaya AK. Percutaneous embolization of spinal cord arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 1971;34:48-55.
33. Djindjian R. Embolization of angiomas of the spinal cord. *Surg Neurol* 1975;4:411-420.
34. Djindjian R, Merland JJ, Djindjian M, Houdart R. [Embolization in the treatment of medullary arteriovenous malformations in 38 cases.] *Neuroradiology* 1978;16:428-429 (Fr).
35. Latchaw RE, Gold LHA. Polyvinyl foam embolization of vascular and neoplastic lesions of the head, neck, and spine. *Radiology* 1979;131:669-679.
36. Merland JJ, Riché MC, Chiras J. Intraspinal extra-medullary arteriovenous fistulae draining into the medullary veins. *J Neuroradiol* 1980;7:271-320.

37. Riché MC, Melki JP, Merland JJ. Embolization of spinal cord vascular malformations via the anterior spinal artery. *AJNR* 1983;4:378-381.
38. Riché MC, Modenesi-Freitas J, Djindjian M, Merland JJ. Arteriovenous malformations (AVM) of the spinal cord in children. A review of 38 cases. *Neuroradiology* 1982;22:171-180.
39. Riché MC, Scialfa G, Gueguen B, Merland JJ. Giant extramedullary arteriovenous fistula supplied by the anterior spinal artery: treatment by detachable balloons. *AJNR* 1983;4:391-394.
40. Berenstein A, Young W, Ransohoff J, Benjamin V, Merkin H. Somatosensory evoked potentials during spinal angiography and therapeutic transvascular embolization. *Neurosurg* 1984;60:777-785.
41. Scialfa G, Scotti G, Biondi A, De Grandi C. Embolization of vascular malformations of the spinal cord. *J Neurosurg Sci* 1985;29:1-9.
42. Horton JA, Latchaw RE, Gold LH, Pang D. Embolization of intramedullary arteriovenous malformations of the spinal cord. *AJNR* 1986;7:113-118.
43. American Society for Interventional and Therapeutic Neuroradiology: Embolization of spinal arteriovenous fistulae: spinal arteriovenous malformations, and tumors of the spinal axis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22:28-30.
44. Caragine JLP, Halbach VV, Ng PP, Dowd CF, Higashida RT. Endovascular treatment of spinal cord vascular malformations. *Semin Cerebrovasc Dis Stroke* 2002;2:236-244.
45. Eskandar EN, Borges LF, Budzik RF, Gutman CM, Ogilvy CS. Spinal dural arteriovenous fistulas: experience with endovascular and surgical therapy. *J Neurosurg (Spine 2)* 2002;96:162-167.
46. Niimi Y, Berenstein A. Endovascular treatment of spinal vascular malformations. *Neurosurg Clin N Am* 1999;10:47-71.
47. Niimi Y, Berenstein A, Setton A, Neophytides A. Embolization of spinal dural arteriovenous fistulae: results and follow-up. *Neurosurgery* 1997; 40:675-683.
48. Saatci I, Geyik S, Yavuz K, Cekirge HS. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations with prolonged intranidal Onyx injection technique: long-term results in 350 consecutive patients with completed endovascular treatment course. *J Neurosurg*. 2011;115:78-88.
49. Zenteno M, Santos-Franco J, Rodríguez-Parra V, et al. Management of direct carotid-cavernous sinus fistulas with the use of ethylene-vinyl alcohol (Onyx) only: preliminary results. *J Neurosurg*. 2010;112: 595-602.
50. Wrakaule DR, Aviv RI, Niemann D, Moulymex AJ, Byrne JV, Teddy P. Embolisation of spinal dural arteriovenous fistulae with Onyx. *Neuroradiology* 2003; 110-112.
51. Dehdashti AR, Da Costa LB, Terbrugge KG, Willinsky RA, Tymianski M, Wallace MC. Overview of the current role of endovascular and surgical treatment in spinal dural arteriovenous fistulas. *Neurosurg Focus* 2009;26(1):E8.