

Opciones de tratamiento vía terapia endovascular neurológica con alta eficacia y evidencia para su implementación en America Latina

Interventional neuroradiology treatment options with high efficacy and evidence to support their use in Latin America

Charles Huamani^{1,2,a,b} , Alonso Gutiérrez-Romero^{1,a,b} , Diego López-Mena^{1,a,b} , Arturo Miguel Rosales-Amaya^{1,b,c} , Yolanda Aburto-Murrieta^{1,a,b} 

RESUMEN

La terapia endovascular neurológica, o neurointervencionismo, ofrece opciones eficaces y seguras para el tratamiento de las enfermedades cerebrovasculares. Existe evidencia creciente que sustenta su utilidad en diversas condiciones; a esto se suma la aparición de dispositivos y técnicas modernas que incrementan la seguridad y efectividad de los procedimientos, siempre que se cuente con un entrenamiento especializado requerido. El objetivo de este artículo es describir las enfermedades más frecuentes que pueden ser tratadas con seguridad por neurointervencionistas, mediante la presentación de casos representativos del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez de México.

Palabras clave: procedimientos endovasculares; reparación endovascular de aneurismas; trombectomía; embolización terapéutica.

ABSTRACT

Interventional neuroradiology, or neuroendovascular surgery, is an important tool in the treatment of cerebrovascular disease as a valid option with adequate safety for the patient, and the evidence supporting its usefulness in different conditions is growing. In addition, modern devices and techniques have allowed procedures

Citar como:

Huamani C, Gutiérrez-Romero A, López-Mena D, Rosales-Amaya AM, Aburto-Murrieta Y. Opciones de tratamiento vía terapia endovascular neurológica con alta eficacia y evidencia para su implementación en America Latina. *Rev Neuropsiquiatr.* 2026; 89(2): 199-208. DOI: 10.20453/rnp.v89i2.6268

Recibido: 25-01-2025

Aceptado: 16-10-2025

En línea: 22-06-2026

Correspondencia:

Charles Huamani
✉ huamani.ca@gmail.com



Artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

© Los autores

¹ Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez. Ciudad de México, México.

² Universidad Andina del Cusco. Cusco, Perú.

^a Neurólogo

^b Subespecialista en Terapia Endovascular Neurológica

^c Neurocirujano

to be performed with more excellent safety and efficacy, following specialized training to acquire the necessary skills. This article aims to describe a common conditions that can be safely treated by trained neuro interventionalists, presenting examples achieved at the Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez of Mexico.

Keywords: endovascular procedures; endovascular aneurysm repair; thrombectomy; therapeutic embolization.

INTRODUCCIÓN

La terapia endovascular neurológica (TEN) es una terapia médica mínimamente invasiva con varios años de implementación; no obstante, los recientes avances tecnológicos y el progreso de los dispositivos en la última década han incrementado su eficacia y seguridad. De tal manera que, a pesar de los altos costos de estos procedimientos, los resultados se traducen en terapias costo-efectivas al compararlas con otras intervenciones médicas o quirúrgicas (1-4).

La TEN permite el manejo de diversas enfermedades con gran impacto en la salud pública (5, 6), entre las que destacan los infartos cerebrales, aneurismas intracraneales (rotos y no rotos), malformaciones y fístulas arteriovenosas cerebrales y medulares, enfermedad carotídea aterosclerótica y tumores intra y extracerebrales, entre otras. Sin embargo, aún no se ha logrado establecer como una técnica plenamente implementada en países en vías de desarrollo,

debido a los costos y a la limitada disponibilidad de neurointervencionistas en la región. El objetivo de este estudio es presentar las enfermedades cerebrovasculares con mayor prevalencia que pueden ser tratadas con seguridad por especialistas entrenados.

Infartos cerebrales agudos

Desde 2015, con la publicación del estudio MR CLEAN (7), se sustentó la alta eficacia del tratamiento endovascular para los infartos cerebrales agudos dentro de las primeras seis horas tras el inicio de los síntomas en pacientes con oclusión de gran vaso (arteria carótida interna o arteria cerebral media) (figura 1). En la actualidad, diversos países cuentan con redes integradas y centros de atención básica donde se realiza la trombólisis endovenosa y se identifica a pacientes que cumplen criterios de oclusión de gran vaso (OGV) para su derivación a centros avanzados de ictus con el fin de realizar una trombectomía mecánica (8, 9).

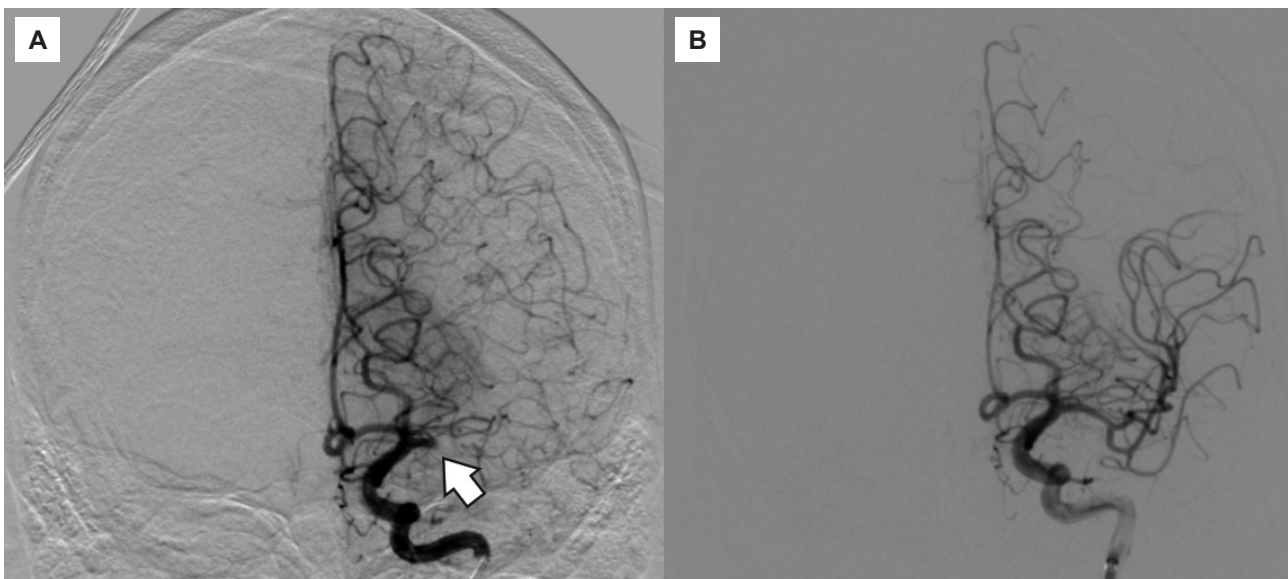


Figura 1. Resultados de la trombectomía mecánica en un infarto cerebral agudo con oclusión de gran vaso. A) Oclusión a nivel de la arteria cerebral media izquierda (flecha blanca), segmento M1. B) Tras el primer pase con *stent retriever* y aspiración, se observa flujo distal a la oclusión.

La evidencia disponible respalda la trombectomía mecánica en distintos escenarios: 1) inicio de los síntomas en las primeras 24 horas (10, 11); 2) infartos con oclusión de la arteria basilar (12, 13); 3) infartos cerebrales extensos (núcleo del infarto ≥ 50 ml o ASPECT ≤ 5) (14); 4) infartos menores (NIHSS ≤ 4) con OGV; 5) oclusiones en tándem (simultáneamente en la arteria carótida interna y la arteria cerebral media); y 6) estenosis intracraneal (15).

El mayor número de evidencia latinoamericana actual ha demostrado que la eficacia de estas intervenciones no se limita a países europeos o norteamericanos; por ejemplo, el estudio RESILIENT, realizado en Brasil, evidenció que este procedimiento es tan seguro y eficaz como en los estudios iniciales llevados a cabo en regiones con infraestructura amplia (5). Otros países, como Colombia, Chile y Argentina, ya disponen de sistemas avanzados para la detección y el tratamiento del infarto cerebral agudo. La intervención puede realizarse bajo sedación consciente o anestesia general y, en algunos casos, es posible observar la mejoría clínica incluso durante el procedimiento.

Aneurismas cerebrales

En la guía de la AHA de 2023 para el manejo de la hemorragia subaracnoidea (HSA) secundaria a ruptura aneurismática, se consideró al tratamiento endovascular como la primera opción terapéutica (evidencia I-A) frente al manejo quirúrgico, excepto en condiciones específicas donde ambos pueden presentar una eficacia similar (16). Por esto, la TEN es la opción más recomendada actualmente (17). Esta cuenta con un amplio arsenal de técnicas y dispositivos endovasculares para el abordaje de aneurismas tanto rotos como no rotos; estos últimos no siempre requieren intervención, sino seguimiento u observación si presentan una baja probabilidad de ruptura.

Para el grupo de pacientes con aneurismas rotos, se puede emplear el *coiling* simple, que consiste en la colocación de esta especie de «bobinas» que se enrollan sobre su propio eje para compactar el interior del aneurisma; esto logra que, en un corto periodo, el defecto vascular quede excluido de la circulación. En aneurismas no rotos seleccionados para tratamiento, esta técnica es útil en casos de cuello corto (la medición del aneurisma consta de tres ejes principales: cuello, relación cuello-domo o altura y ecuador o ancho). Para aneurismas de cuello ancho, multilobulobulados o en localizaciones de difícil acceso, las opciones terapéuticas incluyen el *coiling* asistido con balón o con *stent*, la colocación de un solo *stent* o doble *stent* en «Y», y el uso de diversores de flujo o dispositivos

WEB. No obstante, el alto costo de estos dispositivos representa una de las limitaciones más relevantes. En casos de aneurismas no rotos, los procedimientos pueden realizarse bajo sedación consciente o anestesia general. Otra ventaja de esta técnica es que los pacientes pueden ser egresados a su domicilio dentro de las primeras 24 horas tras el tratamiento.

Asimismo, cerca del 70 % de los pacientes con HSA Fisher III o IV presentarán vasoespasmio; sin embargo, solo el 30 % desarrollará isquemia cerebral tardía; por tanto, es fundamental su identificación y tratamiento oportuno mediante angioplastia química o mecánica vía TEN. La angioplastia química consiste en la administración intraarterial de medicación en el eje carotídeo afectado; por su parte, la angioplastia mecánica se realiza con un microcatéter balón que se infla en el sitio de la disminución del diámetro arterial, siendo esta última una técnica definitiva (figura 2).

Enfermedad carotídea

La enfermedad carotídea estenótica, causada principalmente por aterosclerosis, se asocia con un 14 % de recurrencia de infarto cerebral y constituye uno de sus principales factores de riesgo (18). Estas estenosis carotídeas se dividen en dos grupos: 1) enfermedad carotídea sintomática y 2) enfermedad carotídea asintomática. El diagnóstico se puede realizar mediante diversos estudios de gabinete; habitualmente, el ultrasonido Doppler carotídeo es el estudio de tamizaje en los pacientes con sospecha de estenosis; sin embargo, esta enfermedad también se puede diagnosticar mediante angiografía (ATC) de vasos cervicales o resonancia magnética.

En términos generales, ante una estenosis carotídea ≥ 50 % en pacientes sintomáticos (con un evento isquémico en los últimos seis meses) o ≥ 60 % en los asintomáticos, se recomienda someter el caso a un comité de expertos en enfermedad vascular cerebral (neurología vascular clínica, neurocirugía y neurointervencionismo). El objetivo es determinar la mejor opción terapéutica: endarterectomía (por cirugía vascular), colocación de *stent* carotídeo (vía TEN) o tratamiento médico óptimo (antiagregantes, estatinas y control de factores de riesgo cardiovascular) (19, 20). El uso de filtros distales disminuye el riesgo de embolismo distal y, en la mayoría de los casos, el paciente egresa al día siguiente del procedimiento. Variaciones más complejas de estas intervenciones incluyen el manejo de disecciones arteriales, la reparación completa de oclusiones crónicas y el tratamiento de lesiones pseudoaneurismáticas (figura 3).

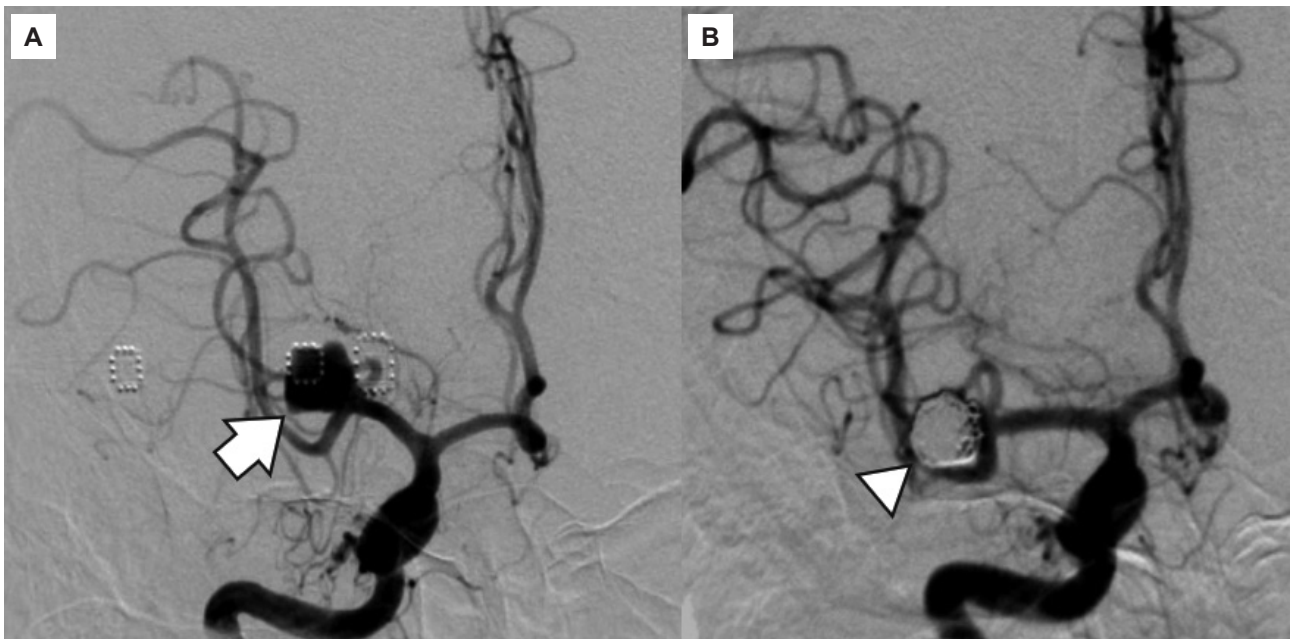


Figura 2. Resultados posembolización con *coiling* simple en un aneurisma de la arteria cerebral media derecha. A) Se identifica aneurisma en la bifurcación de la arteria cerebral media derecha (flecha blanca) con signos de ruptura en el contexto de una hemorragia subaracnoidea. B) Oclusión del aneurisma (punta de flecha) tras la embolización con *coiling* simple.

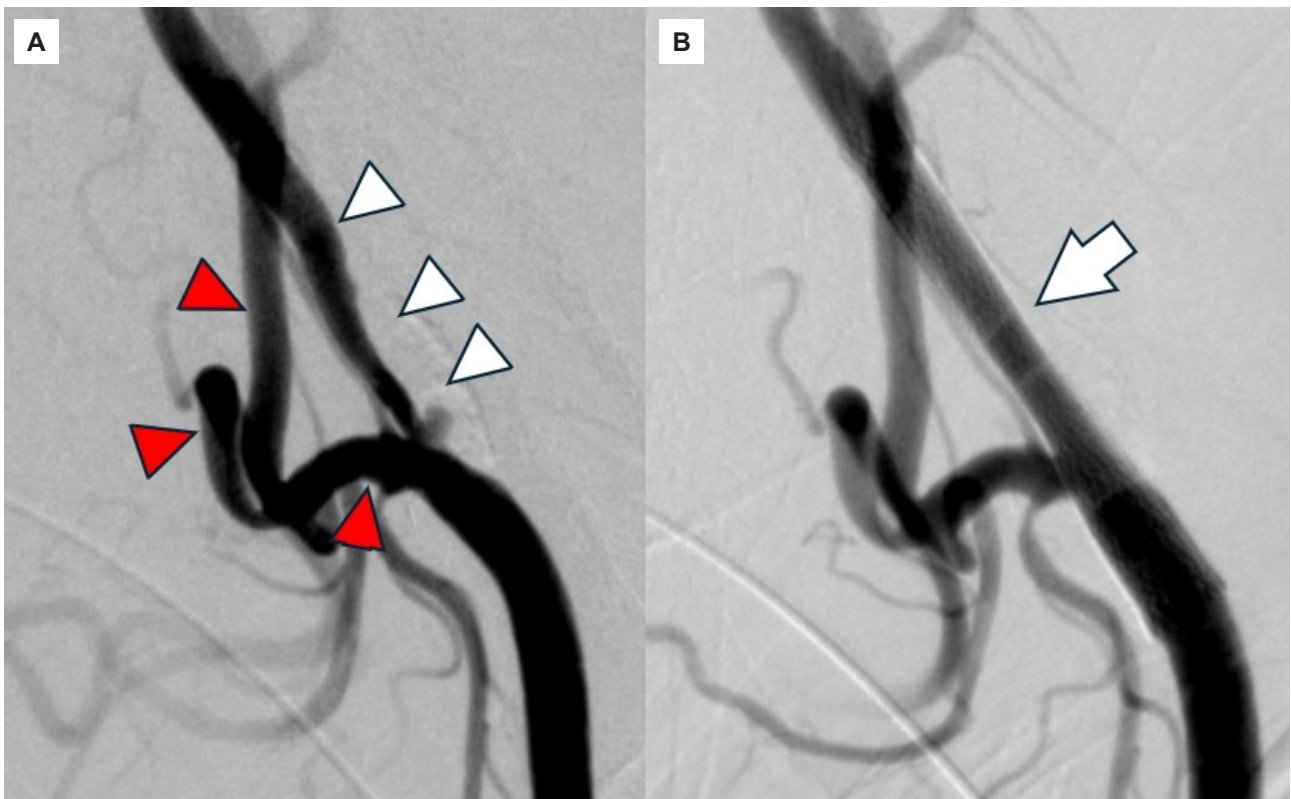


Figura 3. Reconstitución del calibre de la arteria carótida interna con *stenting* en enfermedad carotídea aterosclerótica sintomática. A) Disparo angiográfico desde arteria carótida común derecha, se identifica una disminución del calibre de hasta un 70 % de la arteria carótida interna derecha, con una placa con signos de ulceración (puntas de flecha blancas) luego de la bifurcación, sin compromiso de la arteria carótida externa ni de sus ramas (puntas de flecha rojas). B) Colocación de un *stent* carotídeo en el segmento cervical de la arteria carótida interna (flecha blanca), con lo que se restaura el calibre.

Malformaciones arteriovenosas (MAV)

Las malformaciones arteriovenosas son anomalías vasculares que presentan conexiones anómalas entre las arterias y las venas, sin transitar por los capilares normales. El uso de agentes embolizantes (especialmente los copolímeros de etileno-vinil-alcohol) y la técnica de «olla a presión», implementada desde 2014 (21, 22), han permitido mayor seguridad en el manejo de estas lesiones. Actualmente, esta patología se puede tratar mediante dos técnicas principales: la primera es el abordaje transarterial, que consiste en ocluir la conexión con el nido malformativo en la porción más distal de las arterias aferentes; la segunda es el abordaje transvenoso, que se basa en la colocación del microcatéter en el pie de la vena en contacto con el nido (23).

Las recomendaciones más recientes sugieren intentar primero el abordaje transarterial y, solo en caso

de no ser posible por las circunstancias propias de la anomalía vascular, realizar el abordaje transvenoso. Según la extensión y complejidad de las MAV, se puede requerir un manejo conjunto con neurocirugía vascular o radioneurocirugía para lograr embolizaciones parciales o totales (figura 4). Con frecuencia, las MAV extensas requieren más de una sesión endovascular para ser embolizadas por completo. En pacientes con MAV de alto grado, el tratamiento endovascular es solo paliativo (24). Con menor frecuencia también se presentan MAV espinales, las cuales tienen un tratamiento similar, aunque con tasas variables de recurrencia y mejoría clínica (25). El manejo endovascular también puede complementar el tratamiento neuroquirúrgico o por radioneurocirugía; aunque, debido a su extensión o ubicación, en ciertos casos también se debe considerar el manejo conservador.

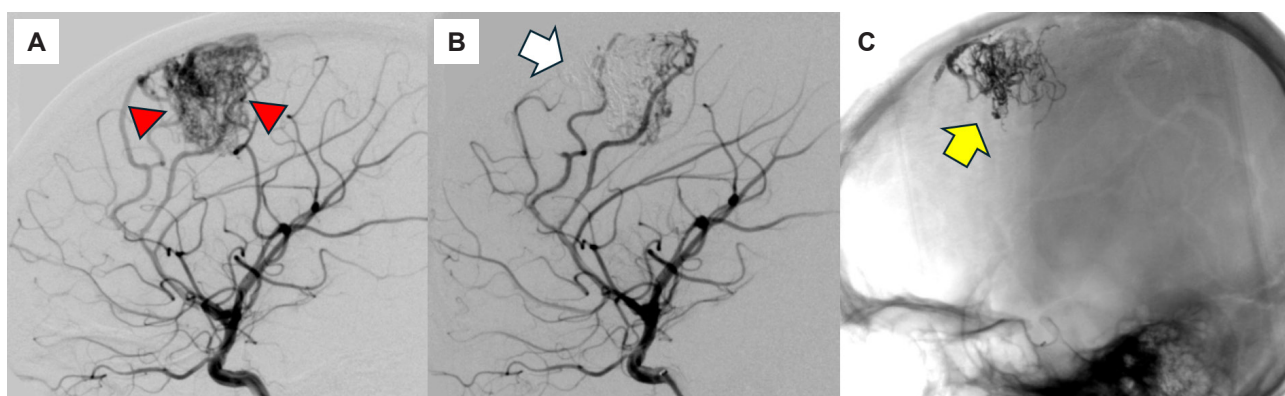


Figura 4. Embolización de una malformación arteriovenosa cerebral. A) Se observa el nido malformativo con aferentes dependientes de la arteria cerebral anterior (flechas rojas). B) Reducción de más del 75 % del nido malformativo tras el uso del líquido embolizante no adhesivo (copolímero de etileno-vinil-alcohol). C) Imagen nativa en la que se aprecia el líquido embolizante dentro del nido malformativo.

Fístulas arteriovenosas

Estas representan otro tipo de malformaciones vasculares cerebrales en las que existe una conexión anormal entre una arteria y una vena, sin interposición del lecho capilar; corresponden, aproximadamente, al 10-15 % de los cortocircuitos arteriovenosos intracraneales. La presentación clínica inicial de las fístulas se divide en tres grupos: 1) hemorragia intracraneal, 2) manifestaciones clínicas no hemorrágicas (déficit cognitivo, encefalopatía venosa congestiva, proptosis, tinnitus pulsátil, cefalea) y 3) muerte (26). La constelación de síntomas depende principalmente de la localización y el patrón del drenaje venoso, pudiendo tratarse de fístulas arteriovenosas

durales (FAVD) o fístulas carótido-cavernosas (FCC) (figura 5). La presentación hemorrágica incluye hemorragia intracerebral, hematomas subdurales y hemorragias subaracnoideas (26, 27). Ante la decisión de intervenir, la vía endovascular se considera la opción más segura. Las complicaciones de estos procedimientos han disminuido drásticamente gracias al desarrollo de técnicas avanzadas, un mejor entendimiento de las variaciones anatómicas y la identificación de anastomosis peligrosas entre las arterias carótida externa e interna. El índice global de recanalización y recurrencia de las fístulas tratadas es de 4,5 % con una predicción de recurrencia a tres años del 11 % (27).

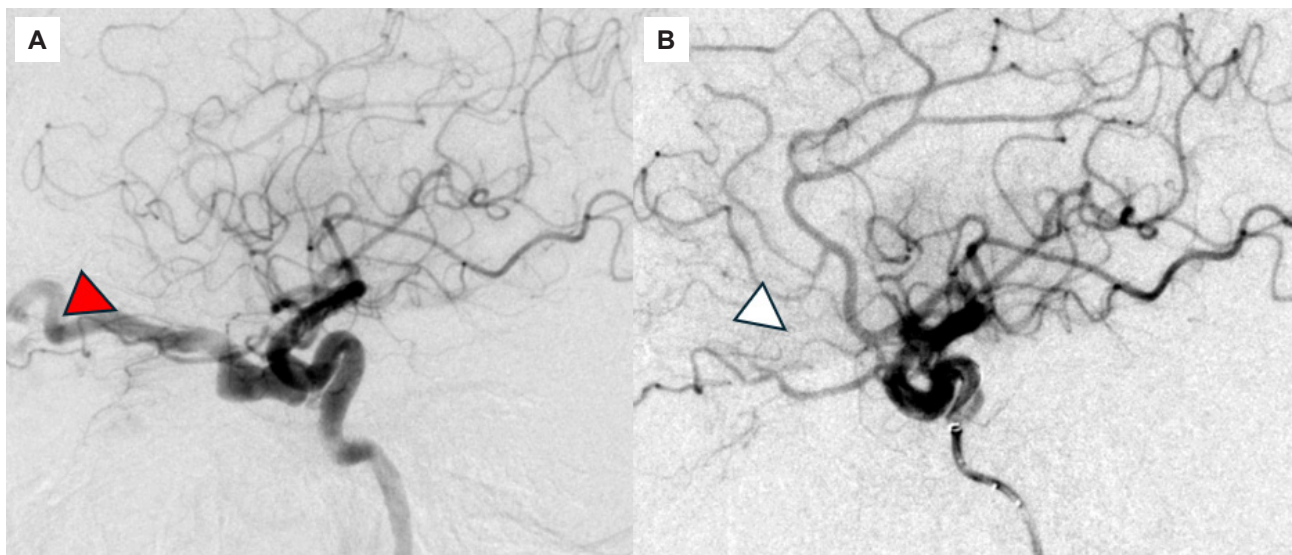


Figura 5. Embolización de una fístula carótido-cavernosa. A) Fístula carótido-cavernosa en el segmento cavernoso de la arteria carótida interna izquierda, con trayecto fistuloso hacia la dilatación venosa oftálmica superior. B) Resultado tras embolización transarterial con copolímero de etileno-vinil-alcohol y oclusión transitoria de arteria carótida interna con un balón complaciente.

El tratamiento puede realizarse mediante abordajes transarteriales (ATA) o transvenosos (ATV). Los ATA se han empleado con éxito en el manejo de FAVD con drenaje venoso leptomeningeo directo. En cambio, los ATV suelen evitarse en estos casos debido a la complejidad técnica que implica navegar hacia el punto fistuloso de una vena leptomenígea, lo que incrementa el riesgo. No obstante, en FAVD localizadas dentro de la pared del seno dural, se ha reportado que el ATV presenta una mayor probabilidad de una curación que la embolización arterial (28). Se han implementado otras estrategias para mejorar la penetración de líquidos embolizantes no adherentes mediante el acceso transarterial, como la técnica de «olla a presión» (utilizando pegamento o *coils*) y el uso de un balón adyacente al microcatéter.

Glomus carotídeo

Los tumores del cuerpo carotídeo son neoplasias raras que se originan en las células del glomus carotídeo, integrantes del sistema nervioso autónomo. Se desarrollan a partir de células cromafines que liberan catecolaminas. La embolización de estos tumores previa a la resección quirúrgica (figura 6) disminuye el riesgo de sangrado y, por lo tanto, facilita el procedimiento (29). Como cualquier intervención quirúrgica o endovascular, esta técnica conlleva riesgos si se aborda inadecuadamente; para mitigarlos, se accede habitualmente a través de la arteria faríngea ascendente (AFA). Se debe realizar la embolización evitando el reflujo al tronco meníngeo de la AFA,

ya que presenta anastomosis peligrosas con la arteria cerebelosa posteroinferior.

Se pueden emplear materiales embolizantes transitorios (micropartículas o microesferas) antes de la cirugía, siempre que esta se realice dentro de las 72 horas posteriores (29). También es posible utilizar agentes permanentes —similares a los usados en MAV, FCC o FAVD—, e incluso emplear la técnica de «olla a presión». La elección entre estos materiales se basa, principalmente, en los costos y los tiempos quirúrgicos. Estas técnicas también pueden aplicarse a otras lesiones neoplásicas extra o intracraneales.

Hematomas subdurales

Aunque el tratamiento de los hematomas subdurales (HSD) agudos es quirúrgico, en casos seleccionados de HSD subagudos o crónicos, la embolización de la arteria meníngea media vía endovascular muestra resultados eficaces y seguros. Ensayos recientes, como el MAGIC-MT, mostraron que la embolización es tan eficaz como el manejo neuroquirúrgico aislado, pero con menos efectos adversos graves (30). Por su parte, el estudio EMBOLISE señaló que la embolización combinada es más eficaz (menor recurrencia o progresión del hematoma) que la craneotomía sola (31). Inclusive, el estudio STEM incluyó la terapia endovascular como manejo coadyuvante a la neurocirugía en casos agudos o sintomáticos, con lo que se obtuvieron menores tasas de recurrencia (32). Para la embolización se emplean los mismos materiales

que en otras patologías, como las MAV o las FAVD. Si bien el análisis de la fisiopatología excede el objetivo de este artículo, cabe destacar que el abordaje por la

arteria carótida externa ofrece seguridad y resultados evidentes a corto plazo (figura 7).

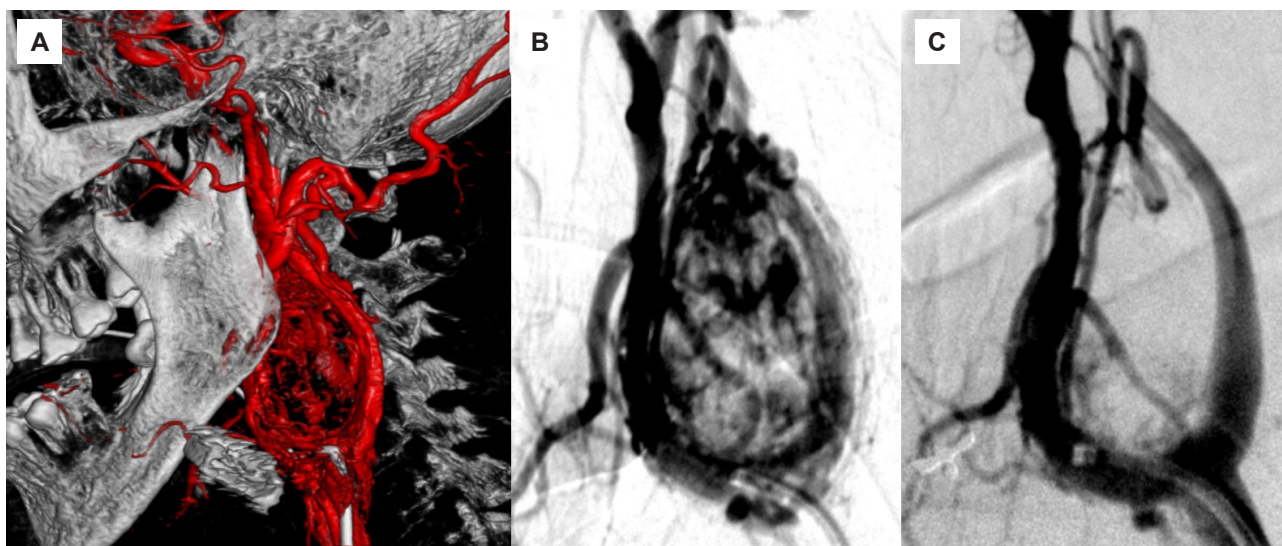


Figura 6. Embolización prequirúrgica de un glomus carotídeo. A) Reconstrucción tridimensional en la que se aprecia el trayecto vascular desde la arteria carótida común, la carótida interna, la carótida externa y sus ramas. B) Angiografía de la arteria carótida externa para evaluar la irrigación específica del glomus carotídeo. C) Resultados angiográficos posembolización tras una sesión con el empleo del líquido embolizante no adhesivo.

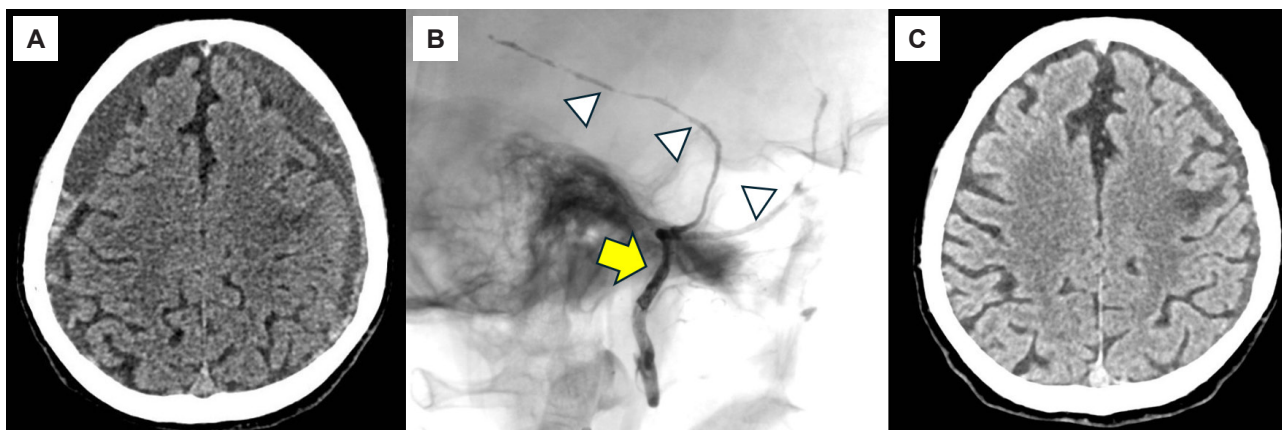


Figura 7. Embolización de un hematoma subdural bilateral a través de la arteria meníngea media. A) Tomografía axial computarizada en la que se aprecia un hematoma subdural bilateral. B) Material embolizante (puntas de flecha) y coils (flecha amarilla) en imagen nativa de la arteria meníngea media (procedimiento realizado de forma bilateral). C) Control tomográfico al mes del tratamiento, con resolución del hematoma.

Otras condiciones

Con evidencia menos sólida y experiencia más limitada, es posible ofrecer el manejo endovascular en embolizaciones prequirúrgicas de tumores cerebrales o carotídeos altamente vascularizados (29), tumores yuglotimpánicos (33) y meningiomas (34), o bien en tromboaspiraciones para casos de trombosis venosa

cerebral de rápida evolución. Asimismo, se pueden emplear diversos abordajes, como la punción carotídea directa, las micropunciones de la vena oftálmica superior en determinadas FCC (35) o la asistencia en el tratamiento quirúrgico de malformaciones o fístulas medulares mediante punción poplítea con el paciente en pronación (36). Cabe reiterar que esta es

un área en constante desarrollo, tanto en sus técnicas como en los dispositivos empleados. Estos incluyen materiales para la cateterización intraarterial —con microguías que facilitan accesos más distales y una mejor navegabilidad— y diversos dispositivos, tales como agentes embolizantes, *coils* de generaciones más avanzadas, dispositivos intrasaculares para aneurismas y *stent* para retracción de coágulos o para mantener la permeabilidad vascular, entre otros.

Formación en terapia endovascular neurológica en México

En el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez (INNNMVS), en la Ciudad de México, se ofrece la subespecialidad en TEN, cuyo título universitario es expedido por la Universidad Nacional Autónoma de México. Los médicos interesados en realizar dicha especialidad deben contar con formación previa en neurología, neurorradiología o neurocirugía. La convocatoria es anual y el programa tiene una formación de dos años. El proceso de selección está abierto a especialistas de cualquier país y, en promedio, se aceptan tres especialistas por año. Esta institución forma, además, a neuroanestesiólogos, neurointensivistas, neurocirujanos vasculares y enfermeros especialistas en neurología, centro quirúrgico y cuidados críticos, para brindar el tratamiento multidisciplinar requerido.

Durante los dos años de formación en el INNNMVS —institución donde se realizan aproximadamente 500 angiografías diagnósticas y 250 procedimientos terapéuticos anuales—, los médicos adquieren la capacidad para realizar abordajes yugulares, carotídeos, humerales, radiales y femorales. Además, se especializan en panangiografías diagnósticas cerebrales, angiografías diagnósticas medulares y la embolización de aneurismas mediante distintas técnicas (colocación simple de *coils*, diversores de flujo o asistencia con balón o *stent*). También se incluye el tratamiento de malformaciones arteriovenosas, fístulas durales y carótido-cavernosas, tumores extracraneales y hemangiomas capilares; trombectomías mecánicas (por aspiración, retracción de coágulo con *stent* o técnica combinada) y angioplastia carotídea con colocación de *stent* simple o con uso de balones.

Al ser un centro de referencia nacional, el volumen de casos permite que cada residente alcance la curva de aprendizaje necesaria. La escuela de TEN de la Ciudad de México es la pionera de todas las escuelas de México, Centroamérica y Sudamérica; en sus más de 25 años de existencia, han egresado especialistas

de Guatemala, Honduras, República Dominicana, Colombia, Ecuador, Chile, Bolivia y Perú.

Barreras para la implementación en Latinoamérica

Una de las principales dificultades para la TEN es el recurso humano, dado que existen pocas escuelas universitarias que brindan esta subespecialidad. En su lugar, proliferan programas de formación no escolarizados, breves y con escasa estructura académica o técnica que, al carecer de acompañamiento tutorial o de un volumen suficiente de casos, no propician una formación apropiada. Esta situación persiste debido a que, en varios países, como Perú, no se requiere cédula profesional para profesar como neurointervencionista. Además, en muchos centros no se permite la formación ni la participación de neurólogos intervencionistas, sin considerar que las habilidades y la capacitación requeridas no son exclusivas de una sola especialidad, sino complementarias; esto limita el acceso de los especialistas titulados en nuestra institución.

La segunda barrera es el acceso a centros con equipos y personal para ofrecer terapia endovascular. La implementación de una sala de hemodinamia resulta costosa, al igual que los dispositivos y materiales necesarios. Aunque a largo plazo los costos para el paciente y la familia son menores (por la reducción de la discapacidad, la estancia hospitalaria y la recurrencia), este beneficio resulta políticamente complejo de comprender. En varios países, los cardiólogos fueron los pioneros en contar con salas de hemodinamia; gracias a su labor, los neurointervencionistas han encontrado espacios para implementar sus terapias. No obstante, debe existir un plan de salud pública en el que la enfermedad cerebrovascular se considere una prioridad y se invierta tanto en la formación de recursos humanos como en la implementación de estos servicios.

CONCLUSIONES

La TEN ha evolucionado y permite el manejo de múltiples enfermedades cerebrovasculares con alta eficacia y seguridad, lo que representa un beneficio a largo plazo para la salud pública. Sin embargo, persisten desafíos para lograr su implementación óptima y extendida, tales como la formación de un número de especialistas cualificados y el apoyo financiero institucional para la infraestructura inicial de los servicios. Pese de esto, la TEN continúa en rápida evolución y es cada vez más accesible.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento: Autofinanciado.

Contribución de autoría:

CH: conceptualización, administración del proyecto, análisis formal, visualización, investigación, redacción de borrador original

AGR: conceptualización, análisis formal, investigación, visualización, redacción de borrador original

AMRA: análisis formal, investigación, visualización, redacción de borrador original

DLM, YAM: supervisión, validación, administración del proyecto, redacción (revisión y edición).

REFERENCIAS

1. Moreu M, Scarica R, Pérez-García C, et al. Mechanical thrombectomy is cost-effective versus medical management alone around Europe in patients with low ASPECTS. *J NeuroInterv Surg.* 2023;15(7):629-33. doi:10.1136/jnis-2022-019849
2. Duangthongphon P, Kitkhuandee A, Munkong W, et al. Cost-effectiveness analysis of endovascular coiling and neurosurgical clipping for aneurysmal subarachnoid hemorrhage in Thailand. *J NeuroInterv Surg.* 2022;14(9):942-7. doi:10.1136/neurintsurg-2021-017970
3. Ospel JM, McDonough R, Kunz WG, et al. Is concurrent intravenous alteplase in patients undergoing endovascular treatment for large vessel occlusion stroke cost-effective even if the cost of alteplase is only US\$1? *J NeuroInterv Surg.* 2022;14(6):568-72. doi:10.1136/neurintsurg-2021-017817
4. Waqas M, Gong AD, Levy BR, et al. Is Endovascular therapy for stroke cost-effective globally? A systematic review of the literature. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2021;30(4):105557. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105557
5. Martins SO, Mont'Alverne F, Rebello LC, et al. Thrombectomy for stroke in the public health care system of Brazil. *N Engl J Med.* 2020;382(24):2316-26. doi:10.1056/NEJMoa2000120
6. Cano-Nigenda V, Castellanos-Pedroza E, Manrique-Otero D, et al. Barriers to optimal acute management of stroke: perspective of a stroke center in Mexico City. *Front Neurol.* 2021;12:690946. doi:10.3389/fneur.2021.690946
7. Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. *N Engl J Med.* 2015;372(1):11-20. doi:10.1056/NEJMoa1411587
8. De la Ossa NP, Abilleira S, Jovin TG, et al. Effect of direct transportation to thrombectomy-capable center vs local stroke center on neurological outcomes in patients with suspected large-vessel occlusion stroke in nonurban areas: the RACECAT randomized clinical trial. *JAMA.* 2022;327(18):1782-94. doi:10.1001/jama.2022.4404
9. Bulwa Z, Chen M. Stroke center designations, neurointerventionalist demand, and the finances of stroke thrombectomy in the United States. *Neurology.* 2021;97(20 Suppl 2):S17-24. doi:10.1212/wnl.00000000000012780
10. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med.* 2018;378(1):11-21. doi:10.1056/nejmoa1706442
11. Albers GW, Marks MP, Kemp S, et al. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med.* 2018;378(8):708-18. doi:10.1056/NEJMoa1713973
12. Tao C, Nogueira RG, Zhu Y, et al. Trial of endovascular treatment of acute basilar-artery occlusion. *N Engl J Med.* 2022;387(15):1361-72. doi:10.1056/nejmoa2206317
13. Jovin TG, Li C, Wu L, et al. Trial of thrombectomy 6 to 24 hours after stroke due to basilar-artery occlusion. *N Engl J Med.* 2022;387(15):1373-84. doi:10.1056/NEJMoa2207576
14. Gonzalez NR, Khatri P, Albers GW, et al. Large-core ischemic stroke endovascular treatment: a science advisory from the American Heart Association. *Stroke.* 2025;56(2):e87-97. doi:10.1161/str.0000000000000481
15. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2019;50(12):e344-418. doi:10.1161/str.0000000000000211
16. Hoh BL, Ko NU, Amin-Hanjani S, et al. 2023 Guideline for the Management of Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2023;54(7):e314-70. doi:10.1161/str.0000000000000436
17. Fargen KM, Soriano-Baron HE, Rushing JT, et al. A survey of intracranial aneurysm

- treatment practices among United States physicians. *J N Surg*. 2018;10(1):44-9. doi:10.1136/neurintsurg-2016-012808
18. Yaghi S, de Havenon A, Rostanski S, et al. Carotid stenosis and recurrent ischemic stroke: a post-hoc analysis of the POINT trial. *Stroke*. 2021;52(7):2414-7. doi:10.1161/strokeaha.121.034089
 19. Heck D, Jost A. Carotid stenosis, stroke, and carotid artery revascularization. *Prog Cardiovasc Dis*. 2021;65:49-54. doi:10.1016/j.pcad.2021.03.005
 20. Messas E, Goudot G, Halliday A, et al. Management of carotid stenosis for primary and secondary prevention of stroke: state-of-the-art 2020: a critical review. *Eur Heart J Suppl*. 2020;22(Suppl M):M35-42. doi:10.1093/eurheartj/suaa162
 21. Chapot R, Stracke P, Velasco A, et al. The pressure cooker technique for the treatment of brain AVMs. *J Neuroradiol*. 2014;41(1):87-91. doi:10.1016/j.neurad.2013.10.001
 22. Vollherbst DF, Chapot R, Bendszus M, et al. Glue, Onyx, Squid or PHIL? Liquid embolic agents for the embolization of cerebral arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas. *Clin Neuroradiol*. 2022;32(1):25-38. doi:10.1007/s00062-021-01066-6
 23. Chen CJ, Ding D, Derdeyn CP, et al. Brain arteriovenous malformations: a review of natural history, pathobiology, and interventions. *Neurology*. 2020;95(20):917-27. doi:10.1212/wnl.00000000000010968
 24. Soldozy S, Norat P, Yağmurlu K, et al. Arteriovenous malformation presenting with epilepsy: a multimodal approach to diagnosis and treatment. *Neurosurg Focus*. 2020;48(4):E17. doi:10.3171/2020.1.focus19899
 25. Ducruet AF, Crowley RW, McDougall CG, et al. Endovascular management of spinal arteriovenous malformations. *J Neurointerv Surg*. 2013;5(6):605-11. doi:10.1136/neurintsurg-2012-010487
 26. Serulle Y, Miller TR, Gandhi D. Dural arteriovenous fistulae: imaging and management. *Neuroimag Clin N Am*. 2016;26(2):247-58. doi:10.1016/j.nic.2015.12.003
 27. Alkhaibary A, Alnefaie N, Alharbi A, et al. Intracranial dural arteriovenous fistula: a comprehensive review of the history, management, and future prospective. *Acta Neurol Belg*. 2023;123(2):359-66. doi:10.1007/s13760-022-02133-6
 28. Zamponi JO, Trivelato FP, Rezende MT, et al. Transarterial treatment of cranial dural arteriovenous fistulas: the role of transarterial and transvenous balloon-assisted embolization. *Am J Neuroradiol*. 2020;41(11):2100-6. doi:10.3174/ajnr.a6777
 29. Ahmad S. Endovascular embolization of highly vascular head and neck tumors. *Interdiscip Neurosurg*. 2020;19:100386. doi:10.1016/j.inat.2018.10.016
 30. Liu J, Ni W, Zuo Q, et al. Middle meningeal artery embolization for nonacute subdural hematoma. *N Engl J Med*. 2024;391(20):1901-12. doi:10.1056/NEJMoa2401201
 31. Davies JM, Knopman J, Mokin M, et al. Adjunctive middle meningeal artery embolization for subdural hematoma. *N Engl J Med*. 2024;391(20):1890-900. doi:10.1056/NEJMoa2313472
 32. Fiorella D, Monteith SJ, Hanel R, et al. Embolization of the middle meningeal artery for chronic subdural hematoma. *N Engl J Med*. 2025;392(9):855-64. doi:10.1056/nejmoa2409845
 33. Reyes-Carmona J, Salazar-Olmedo D, Vargas-Román A. Tumor de glomus yugulotimpánico, a propósito de un caso. *Acta Méd Costarric [Internet]*. 2020;62(1):43-6. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022020000100043&lng=en&nrm=iso&tlang=es
 34. Jumah F, AbuRmilah A, Raju B, et al. Does preoperative embolization improve outcomes of meningioma resection? A systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2021;44:3151-63. doi:10.1007/s10143-021-01519-z
 35. Starke RM, Snelling B, Al-Mufti F, et al. Transarterial and transvenous access for neurointerventional surgery: report of the SNIS Standards and Guidelines Committee. *J Neurointerv Surg*. 2020;12(8):733-41. doi:10.1136/neurintsurg-2019-015573
 36. Maeda Y, Mitsuhashi T, Kume S, et al. Assessment of intraoperative spinal angiography via the popliteal artery for spinal vascular diseases. *World Neurosurg*. 2023;169:1-8. doi:10.1016/j.wneu.2022.10.040