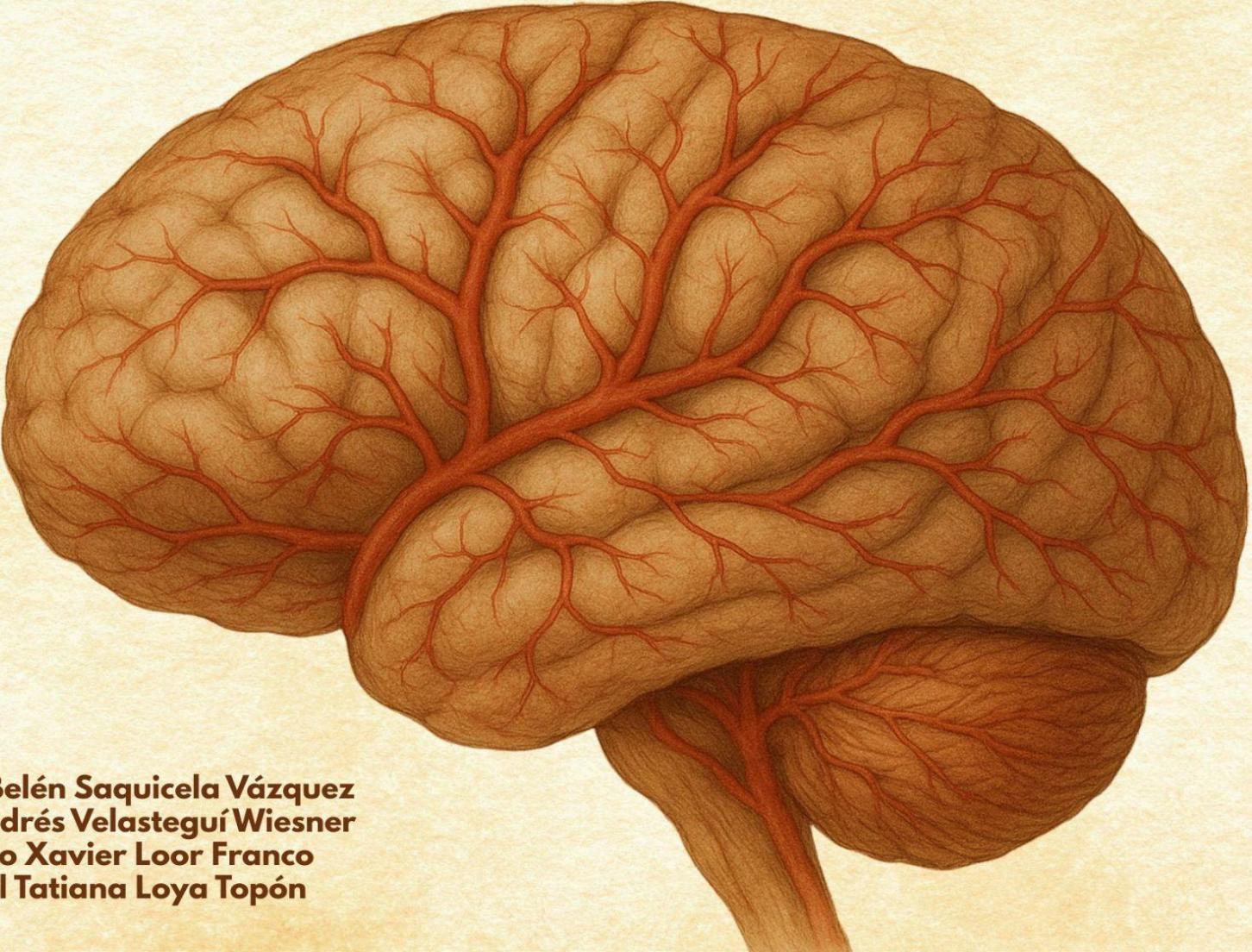


Neurocirugía Vascular: Enfoques Contemporáneos y Avances Quirúrgicos



**Andrea Belén Saquicela Vázquez
Angel Andrés Velasteguí Wiesner
Alfredo Xavier Loor Franco
Mishel Tatiana Loya Topón**

Neurocirugía Vascular: Enfoques Contemporáneos y Avances Quirúrgicos

Cirugía de Revascularización Cerebral: Bypass y Técnicas Avanzadas

Andrea Belén Saquicela Vázquez

Definición

La cirugía de revascularización cerebral, comúnmente conocida como bypass cerebral, es un procedimiento neuroquirúrgico diseñado para restaurar o aumentar el flujo sanguíneo a áreas del cerebro que sufren de isquemia crónica o aguda. La técnica consiste en crear una nueva ruta para la sangre, sorteando una arteria bloqueada o estenosada. Esto se logra mediante la conexión de un vaso sanguíneo del exterior del cráneo (extracraneal) a un vaso en la superficie del cerebro (intracraneal), garantizando así una perfusión sanguínea adecuada.

Indicaciones

Este procedimiento está indicado en pacientes con una reserva cerebrovascular comprometida, donde los mecanismos compensatorios del cerebro son insuficientes para mantener el flujo sanguíneo necesario. Las principales condiciones incluyen:

- **Enfermedad de Moyamoya:** Una enfermedad oclusiva progresiva de las arterias del polígono de Willis.
- **Oclusión de la arteria carótida interna (ACI):** Cuando no es tratable mediante técnicas endovasculares.

-
- **Aneurismas cerebrales complejos:** Aquellos que no pueden ser clipados o embolizados directamente sin sacrificar una arteria importante.
 - **Tumores de la base del cráneo:** Cuando la resección del tumor requiere el sacrificio de una arteria cerebral principal.
 - **Aterosclerosis intracraneal severa y sintomática:** En casos refractarios al tratamiento médico máximo.

Clasificación

Las técnicas de bypass cerebral se clasifican principalmente según el flujo que proveen y el tipo de injerto utilizado:

1. **Bypass de Bajo Flujo (o directo):** Utilizado para suplir territorios de arterias pequeñas. El ejemplo más común es el bypass de la arteria

- temporal superficial a la arteria cerebral media (ATS-ACM).
2. **Bypass de Alto Flujo:** Requerido para revascularizar el territorio de grandes vasos como la ACI o la ACM proximal. Se utilizan injertos, como la arteria radial o la vena safena, para conectar la arteria carótida externa o la subclavia con una arteria intracraneal de mayor calibre.
 3. **Revascularización Indirecta:** Procedimientos como la encefaloduroarteriosinangiosis (EDAS), donde se colocan tejidos vascularizados (como el músculo temporal) sobre la superficie cerebral para promover la formación de nuevos vasos (neovascularización). Se usa frecuentemente en población pediátrica con enfermedad de Moyamoya.

Epidemiología

La principal indicación para el bypass EC-IC es la enfermedad de Moyamoya. La incidencia de esta patología es más alta en países asiáticos, particularmente en Japón, con una tasa de 0.35 a 0.94 por 100,000 habitantes. En Norteamérica y Europa, la incidencia es considerablemente menor, estimada en aproximadamente 0.086 por 100,000 habitantes. No existen datos epidemiológicos consolidados específicos para Ecuador sobre la prevalencia de la enfermedad de Moyamoya o la frecuencia de realización de cirugías de revascularización cerebral. Por lo tanto, la práctica clínica se guía por los datos y recomendaciones de estudios internacionales, principalmente norteamericanos y europeos, así como de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en lo que respecta a la carga global de enfermedad cerebrovascular. La aterosclerosis intracraneal, otra indicación importante, tiene una prevalencia variable,

siendo más común en poblaciones asiáticas y africanas en comparación con las caucásicas.

Técnica Quirúrgica

- **Preparación Preoperatoria:** La evaluación del paciente es exhaustiva e incluye angiografía por sustracción digital (ASD), resonancia magnética (RM) y estudios de perfusión cerebral (SPECT o PET) para confirmar la necesidad de revascularización y planificar la estrategia quirúrgica. Se administra medicación antiplaquetaria días antes del procedimiento.
- **Pasos del Procedimiento (Ejemplo: Bypass ATS-ACM):**
 1. **Anestesia y Posicionamiento:** El paciente es colocado bajo anestesia general. La cabeza se fija en una posición que exponga la región temporal.

-
- 2. Identificación y Disección del Donante:** Se utiliza un Doppler para localizar la rama parietal o frontal de la arteria temporal superficial (ATS). Se realiza una incisión en la piel y se diseña cuidadosamente la arteria para preservarla.
 - 3. Craneotomía:** Se realiza una pequeña craneotomía sobre el área de la arteria cerebral media (ACM) que servirá como receptora.
 - 4. Exposición de la Arteria Receptora:** Se abre la duramadre y, bajo magnificación microscópica, se identifica una rama cortical adecuada de la ACM en el surco silviano.
 - 5. Anastomosis:** Se ocluye temporalmente el flujo en la arteria receptora. Se realiza una pequeña arteriotomía. El extremo de la arteria donante (ATS) se sutura a la arteria receptora utilizando suturas finas (e.g., 10-0 nylon) en una técnica microquirúrgica precisa.
 - 6. Verificación del Flujo:** Una vez completada la anastomosis, se retiran los clips temporales y se verifica la permeabilidad del bypass mediante micro-Doppler o angiografía con fluoresceína.
 - 7. Cierre:** Se cierra la duramadre, se reposiciona el hueso de la craneotomía y se suturan las capas de tejido y piel.
- **Cuidados Postoperatorios:** El paciente es monitorizado en una unidad de cuidados intensivos (UCI) durante las primeras 24-48 horas. Se realiza un control estricto de la presión arterial para evitar la hiperperfusión. Se continúan los fármacos antiplaquetarios y se

realiza un estudio de imagen (Angio-TC o ASD) para confirmar la permeabilidad del bypass.

Fisiopatología Relacionada

El objetivo fisiopatológico del bypass es corregir la insuficiencia hemodinámica cerebral. En condiciones de oclusión arterial, la presión de perfusión distal al bloqueo disminuye críticamente. Inicialmente, el cerebro compensa mediante la vasodilatación de las arteriolas distales. Cuando este mecanismo es máximo y aun así insuficiente, el cerebro entra en un estado de "miseria perfusoria", donde el riesgo de infarto cerebral ante cualquier mínima caída de la presión arterial es muy alto. El bypass EC-IC proporciona una nueva fuente de flujo sanguíneo a presión normal, restaurando la perfusión en el territorio isquémico. Esto no solo disminuye el riesgo inmediato de accidente isquémico, sino que también mejora la reserva vascular cerebral, permitiendo que los vasos

sanguíneos recuperen su capacidad de respuesta a las demandas metabólicas.

Complicaciones y Manejo

Las complicaciones pueden ser graves y se dividen en tempranas y tardías:

- **Síndrome de Hiperperfusión:** Ocurre cuando el cerebro, acostumbrado a un bajo flujo, recibe un aumento súbito de sangre, lo que puede causar edema cerebral, hemorragia o convulsiones. Su manejo implica un control estricto de la presión arterial.
- **Trombosis del Bypass:** La oclusión del injerto es una de las complicaciones más temidas. Requiere una reintervención urgente si se detecta a tiempo. El uso de antiplaquetarios es clave para su prevención.

-
- **Hemorragia Intracraneal:** Puede ocurrir en el sitio de la anastomosis o en áreas remotas.
 - **Isquemia:** Puede producirse por manipulación de los vasos o por oclusión temporal durante la anastomosis.
 - **Infección de la Herida Quirúrgica:** Como en cualquier procedimiento quirúrgico.

El manejo de estas complicaciones requiere un equipo multidisciplinario y una monitorización intensiva en el postoperatorio inmediato.

Resultados y Pronóstico

Las tasas de éxito del bypass EC-IC, definidas por la permeabilidad del injerto a largo plazo, son altas, superando el 90-95% en centros de alto volumen. En pacientes con enfermedad de Moyamoya, la cirugía ha demostrado reducir significativamente el riesgo de eventos isquémicos y hemorrágicos a largo plazo. Para

la aterosclerosis intracraneal, los resultados son más controvertidos y la selección del paciente es crucial. El estudio COSS (Carotid Occlusion Surgery Study) no demostró un beneficio del bypass sobre el tratamiento médico máximo para la prevención de ictus en pacientes con oclusión de la ACI, pero subanálisis posteriores sugieren que subgrupos de pacientes con un compromiso hemodinámico severo podrían beneficiarse. El pronóstico general depende de la indicación subyacente, la pericia del equipo quirúrgico y el manejo postoperatorio.

Cuidados Postoperatorios y Recomendaciones

Tras el alta hospitalaria, los pacientes deben seguir un plan de cuidados riguroso:

- **Medicación:** Terapia antiplaquetaria (como aspirina o clopidogrel) de por vida es generalmente requerida para mantener la permeabilidad del bypass.

-
- **Actividad Física:** Se recomienda evitar esfuerzos físicos intensos durante las primeras 4-6 semanas. La reincorporación a las actividades normales debe ser gradual.
 - **Seguimiento:** Se programan citas de seguimiento regulares con el neurocirujano y neurólogo. Se realizan estudios de imagen periódicos (Angio-TC, RM o Doppler transcraneal) para monitorizar la función y permeabilidad del bypass.
 - **Control de Factores de Riesgo:** Es fundamental un control estricto de la presión arterial, diabetes, colesterol y abandonar el tabaquismo.
 - **Neuronavegación y Planificación 3D:** Permiten una planificación preoperatoria precisa de la craneotomía y la localización de los vasos.
 - **Angiografía Intraoperatoria con Fluoresceína (ICG):** Proporciona una evaluación en tiempo real de la permeabilidad del bypass inmediatamente después de la anastomosis.
 - **Exoscopios y Microscopios de Alta Definición:** Ofrecen una visualización mejorada de las estructuras microvasculares.
 - **Técnicas de Monitorización Avanzada:** El uso de flujometría cuantitativa y monitorización neurofisiológica intraoperatoria ayuda a prevenir complicaciones isquémicas durante la cirugía.

Innovaciones y Avances Recientes

Los avances tecnológicos han refinado la técnica y mejorado la seguridad del procedimiento:

-
- **Bypass con Múltiples Vasos (Double-barrel bypass):** Técnicas que permiten revascularizar múltiples territorios cerebrales en un solo procedimiento.

Bibliografía

1. Lawton MT, Meybodi AT, Zhao Y, et al. The revascularization of the brain: a history of the surgical treatment of cerebrovascular disease. *J Neurosurg.* 2022;136(6):1521-1536.
2. Guzman R, Steinberg GK. Cerebral Revascularization for Moyamoya Disease. *Handb Clin Neurol.* 2021;176:215-227.
3. Al-Dasuqi K, Al-Habib A, Al-Khayat H, et al. Extracranial-intracranial bypass for complex intracranial aneurysms: A contemporary case series. *Surg Neurol Int.* 2023;14:120.
4. Teo M, Stapleton S, Hettige S, et al. The role of cerebral revascularisation in the management of skull base tumours. *Acta Neurochir (Wien).* 2021;163(3):709-722.
5. Derdeyn CP, Fiorella D, Lynn MJ, et al. The Stenting and Aggressive Medical Management for Preventing Recurrent Stroke in Intracranial Stenosis (SAMMPRIS) trial: A retrospective review. *Stroke.* 2022;53(1):3-11.
6. Zhao M, Wang S, Zhang D, et al. Long-term outcomes of direct, indirect, and combined revascularization for adult patients with moyamoya disease: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2021;44(3):1377-1387.
7. Reynolds MR, grosse-Geldermann J, Rahman M. Postoperative management and complications of extracranial-to-intracranial bypass. *Handb Clin Neurol.* 2021;176:255-263.
8. Potts MB, McGrath M, Chin C, et al. Use of Indocyanine Green Videoangiography during Extracranial-Intracranial Bypass. *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2020;19(1):E59-E65.

-
9. Abla AA, Lawton MT. High-flow bypass for cerebral revascularization. *Handb Clin Neurol.* 2021;176:229-239.
 10. Burkhardt JK, Winkler EA, Lawton MT. The excimer laser-assisted nonocclusive anastomosis (ELANA) technique for cerebral revascularization. *Handb Clin Neurol.* 2021;176:241-253.

Aneurismas Intracraneales: Diagnóstico y Tratamiento Quirúrgico

Angel Andrés Velastegui Wiesner

Definición

El clipaje microquirúrgico es un procedimiento neuroquirúrgico que se realiza para tratar un aneurisma intracraneal, que es una protuberancia o dilatación anormal en la pared de una arteria del cerebro. La cirugía consiste en acceder al aneurisma a través de una apertura en el cráneo (craneotomía) y colocar un pequeño clip metálico en la base o "cuello" del aneurisma. Este clip ocluye el flujo sanguíneo hacia el saco aneurismático, previniendo así su ruptura y la consecuente hemorragia cerebral (hemorragia subaracnoidea), o evitando un resangrado en caso de que ya se haya producido una ruptura.

Descripción breve del procedimiento, incluyendo qué implica y cuándo se realiza

Este procedimiento se lleva a cabo bajo anestesia general. El neurocirujano realiza una craneotomía, cuya localización y tamaño dependen de la ubicación del aneurisma. Utilizando un microscopio quirúrgico para magnificar el campo operatorio, el cirujano diseña cuidadosamente las estructuras cerebrales y los vasos sanguíneos para exponer el aneurisma y la arteria de la que se origina. Una vez identificado el cuello del aneurisma, se selecciona un clip de titanio del tamaño y forma adecuados y se aplica con precisión para excluir el saco aneurismático de la circulación,

preservando el flujo sanguíneo en la arteria principal y las ramas adyacentes.

El clipaje microquirúrgico se realiza tanto en aneurismas no rotos, para prevenir una primera hemorragia, como en aneurismas rotos, generalmente de forma urgente para evitar el resangrado, que conlleva una alta morbilidad y mortalidad. La decisión de tratar un aneurisma no roto depende de una cuidadosa evaluación del riesgo de ruptura frente a los riesgos de la cirugía.

Indicaciones

Las indicaciones para el clipaje microquirúrgico de un aneurisma intracraneal incluyen:

- **Aneurismas rotos:** Es el tratamiento de elección en muchos casos de hemorragia

subaracnoidea para prevenir el resangrado. La cirugía se suele realizar de forma temprana (en las primeras 72 horas) para mejorar el pronóstico.

- **Aneurismas no rotos con alto riesgo de ruptura:** Se consideran para tratamiento aquellos aneurismas que presentan características que aumentan su riesgo de ruptura, tales como:
 - Tamaño superior a 7 mm.
 - Localización en la circulación posterior (arterias basilares o vertebrales).
 - Crecimiento documentado en estudios de imagen seriados.
 - Morfología irregular o presencia de saculaciones secundarias.

- Pacientes jóvenes con una larga esperanza de vida.
 - Antecedentes familiares de aneurismas o hemorragia subaracnoidea.
- **Aneurismas sintomáticos por efecto de masa:** Aneurismas grandes que comprimen estructuras nerviosas adyacentes, causando déficits neurológicos como parálisis de nervios craneales o pérdida de visión.
 - **Aneurismas no aptos para tratamiento endovascular:** Ciertas configuraciones anatómicas del aneurisma (cuellos anchos, morfología compleja) o del árbol vascular del paciente pueden hacer que el tratamiento endovascular (embolización con coils) sea menos efectivo o más riesgoso.

Clasificación

Si bien no existe una clasificación formal universalmente aceptada de las técnicas de clipaje, estas pueden agruparse en función del abordaje quirúrgico y la estrategia de clipaje:

- **Según el abordaje quirúrgico:**
 - **Craneotomía pterional:** El abordaje más común, que proporciona un amplio acceso a los aneurismas de la circulación anterior (arteria carótida interna, arteria cerebral media, arteria comunicante anterior).
 - **Abordajes interhemisféricos:** Utilizados para aneurismas de la arteria cerebral anterior distal.
 - **Abordajes de la fosa posterior:** Como el retrosigmoideo o el presigmoideo,

para aneurismas de la circulación posterior (arteria basilar, arterias cerebelosas).

- **Abordajes mínimamente invasivos:** Utilizando craneotomías más pequeñas y corredores endoscópicos o supraorbitales en casos seleccionados.
- **Según la técnica de clipaje:**
 - **Clipaje simple:** Aplicación de un único clip para ocluir el cuello del aneurisma.
 - **Clipaje en tandem o múltiple:** Uso de varios clips para reconstruir el cuello de aneurismas complejos o grandes.
 - **Clipaje con reconstrucción vascular:** Técnicas utilizadas en aneurismas gigantes o fusiformes, que pueden

implicar el uso de clips fenestrados o la combinación de clipaje con bypass vascular.

- **Clipaje temporal:** Colocación transitoria de un clip en la arteria aferente para reducir el flujo sanguíneo y la presión dentro del aneurisma, facilitando su disección y clipaje definitivo de forma segura.

Epidemiología

La prevalencia de los aneurismas intracraneales en la población general a nivel mundial se estima entre el 3% y el 5%. La mayoría de estos aneurismas son pequeños y no se rompen. Sin embargo, la ruptura de un aneurisma cerebral es un evento devastador, con una tasa de mortalidad que se aproxima al 50%.

En Ecuador, un estudio realizado en un hospital de Quito mostró que la edad promedio de diagnóstico de los aneurismas intracraneales fue de 56 años, con una mayor prevalencia en mujeres (72%). En cuanto a la localización, los aneurismas de la arteria comunicante posterior y la arteria cerebral media fueron los más frecuentes. La hipertensión arterial fue un factor de riesgo común. Estos datos son consistentes con las tendencias observadas en otros países de Sudamérica y a nivel global, donde se reporta una mayor incidencia en mujeres y un pico de presentación entre la quinta y sexta década de la vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS) destaca la hipertensión y el tabaquismo como los principales factores de riesgo modificables para el desarrollo y ruptura de los aneurismas intracraneales.

Técnica Quirúrgica

● Preparación Preoperatoria:

- Evaluación neurológica completa y estudios de imagen de alta resolución (angiografía por tomografía computarizada - angioTC, angiografía por resonancia magnética - angioRM, o angiografía por sustracción digital - ASD) para definir la anatomía del aneurisma y planificar el abordaje.
- Control de la presión arterial y manejo de cualquier condición médica coexistente.
- Administración de fármacos antiepilepticos si el paciente ha presentado convulsiones y/o agentes neuroprotectores según el protocolo del centro.

-
- En casos de aneurisma roto, se toman medidas para prevenir el resangrado y manejar el vasoespasmo y la hidrocefalia.

- **Pasos del Procedimiento:**

- **Anestesia y Posicionamiento:** Se induce anestesia general y se coloca al paciente en la posición adecuada en la mesa de operaciones, que varía según la localización del aneurisma. La cabeza se fija en un soporte craneal para inmovilizarla.
- **Craneotomía:** Tras la incisión en el cuero cabelludo y la disección de los músculos, se realiza una apertura en el cráneo (craneotomía) para acceder al cerebro.

- **Abordaje Microquirúrgico:** Se abre la duramadre (la cubierta más externa del cerebro). Utilizando el microscopio quirúrgico, el cirujano navega a través de los surcos y cisuras cerebrales, liberando líquido cefalorraquídeo para relajar el cerebro y minimizar la necesidad de retracción.
- **Disección y Exposición del Aneurisma:** Se identifican las arterias principales y se diseca cuidadosamente el cuello del aneurisma, separándolo de las estructuras circundantes. Es crucial identificar y preservar las pequeñas arterias perforantes que pueden originarse cerca del cuello del aneurisma.

-
- **Clipaje:** Se selecciona un clip de titanio con la forma y longitud adecuadas. Con un aplicador de clip, se posiciona cuidadosamente a través del cuello del aneurisma y se cierra, ocluyendo el flujo sanguíneo hacia el saco. Se verifica visualmente la correcta colocación del clip y la permeabilidad de la arteria principal y las ramas adyacentes. Se pueden utilizar técnicas de flujometría Doppler o angiografía intraoperatoria para confirmar la exclusión completa del aneurisma y la preservación del flujo normal.
 - **Cierre:** Una vez confirmado el clipaje exitoso, se realiza la hemostasia. Se cierra la duramadre, se reposiciona el colgajo óseo y se fija con pequeñas placas y tornillos de titanio. Finalmente, se suturan los músculos y la piel.
- **Cuidados Postoperatorios Inmediatos:**
 - El paciente es trasladado a una unidad de cuidados intensivos (UCI) para monitorización neurológica y hemodinámica continua.
 - Se realiza una tomografía computarizada (TC) de control para descartar complicaciones como hemorragia o isquemia.
 - Se administran analgésicos para el dolor y se continúa con el tratamiento para prevenir el vasoespasmo en casos de hemorragia subaracnoidea.

Fisiopatología Relacionada

El clipaje de un aneurisma intracraneal interrumpe de forma inmediata el flujo sanguíneo hacia el saco aneurismático. Esto elimina la presión hemodinámica sobre la pared debilitada del aneurisma, anulando el riesgo de ruptura o resangrado. El clip, al ser de titanio, es biocompatible y permanece en su lugar de forma permanente.

Desde una perspectiva hemodinámica, la exclusión exitosa del aneurisma restaura un patrón de flujo más laminar en la arteria portadora. Durante la cirugía, el pinzamiento temporal de las arterias (clipaje temporal) puede ser necesario para ablandar el aneurisma y facilitar su disección. Sin embargo, esto induce una isquemia cerebral transitoria, por lo que su uso se limita al menor tiempo posible y se combina con

estrategias de neuroprotección, como la administración de barbitúricos o el mantenimiento de una presión arterial ligeramente elevada para promover la circulación colateral. El objetivo fisiopatológico final es eliminar la "bomba de tiempo" que representa el aneurisma sin comprometer la perfusión del tejido cerebral circundante.

Complicaciones y Manejo

Las complicaciones del clipaje microquirúrgico pueden ser:

- **Intraoperatorias:**

- **Ruptura prematura del aneurisma:**

Puede causar una hemorragia masiva. El manejo incluye el clipaje temporal de la arteria aferente y la aspiración rápida de

-
- sangre para poder visualizar y clipar el cuello del aneurisma.
- **Oclusión de la arteria principal o de ramas perforantes:** Puede provocar un infarto cerebral (accidente cerebrovascular isquémico). La visualización cuidadosa y la angiografía intraoperatoria pueden ayudar a prevenirlo. Si ocurre, se debe reposicionar el clip.
 - **Lesión de nervios craneales:** Puede ocurrir por la manipulación quirúrgica.
- **Postoperatorias:**
 - **Hemorragia:** Hematoma en el lecho quirúrgico o intracerebral.
 - **Isquemia cerebral:** Puede ser causada por vasoespasmo (un estrechamiento de las arterias cerebrales que ocurre comúnmente después de una hemorragia subaracnoidea), trombosis o la oclusión inadvertida de un vaso durante la cirugía.
 - **Hidrocefalia:** Acumulación de líquido cefalorraquídeo, que puede requerir la colocación de una derivación ventricular.
 - **Infección:** Meningitis o infección de la herida quirúrgica.
 - **Convulsiones.**
 - **Déficits neurológicos:** Pueden ser transitorios o permanentes,

dependiendo de la localización y la complejidad del aneurisma y de la presencia de complicaciones.

El manejo de estas complicaciones requiere una monitorización intensiva, tratamiento médico específico (por ejemplo, terapia "triple H" o angioplastia para el vasoespasmo) y, en algunos casos, reintervención quirúrgica.

Resultados y Pronóstico

El pronóstico después del clipaje microquirúrgico depende de varios factores, principalmente del estado neurológico del paciente antes de la cirugía (especialmente en el caso de aneurismas rotos) y de la presencia de complicaciones.

- **Aneurismas no rotos:** El clipaje electivo de aneurismas no rotos tiene una tasa de éxito muy alta, con una mortalidad baja (generalmente menos del 2-3%) y una baja incidencia de déficits neurológicos permanentes en centros de experiencia. El resultado a largo plazo es excelente, con una oclusión completa y duradera del aneurisma en la mayoría de los casos.
- **Aneurismas rotos:** El pronóstico es más reservado. La mortalidad general de la hemorragia subaracnoidea aneurismática sigue siendo alta. Sin embargo, para los pacientes que llegan al hospital en buen estado neurológico y son tratados con éxito, el pronóstico puede ser favorable. Muchos pacientes experimentan una buena recuperación, aunque pueden persistir

déficits cognitivos sutiles, fatiga o cambios emocionales. La rehabilitación es a menudo una parte crucial de la recuperación.

A largo plazo, la oclusión completa lograda con el clipaje es generalmente permanente, y el riesgo de recurrencia del aneurisma en el mismo sitio es muy bajo.

Cuidados Postoperatorios y Recomendaciones

- **Actividad física:** Se recomienda un reposo relativo inicial, seguido de un aumento gradual de la actividad. Se deben evitar esfuerzos físicos intensos, levantar objetos pesados y deportes de contacto durante varios meses.
- **Medicación:** Se pueden prescribir analgésicos, antiepilepticos y otros medicamentos según las

necesidades individuales. Es fundamental el control estricto de la presión arterial.

- **Seguimiento:** Se programan citas de seguimiento con el neurocirujano y se pueden realizar estudios de imagen (angioTC o angioRM) para confirmar la correcta posición del clip y la oclusión del aneurisma a largo plazo.
- **Rehabilitación:** Puede ser necesaria la terapia física, ocupacional y del lenguaje para los pacientes que presentan déficits neurológicos.
- **Estilo de vida:** Se recomienda encarecidamente dejar de fumar, mantener una dieta saludable, controlar el peso y evitar el consumo excesivo de alcohol para reducir el

riesgo de desarrollar nuevos aneurismas o problemas vasculares.

Innovaciones y Avances Recientes

Aunque el tratamiento endovascular ha ganado popularidad, la microcirugía sigue evolucionando. Las innovaciones recientes incluyen:

- **Visualización mejorada:** El uso de microscopios de alta definición, endoscopios para asistir la visualización de áreas ocultas y la angiografía intraoperatoria con fluoresceína (ICG - verde de indocianina) permiten una evaluación en tiempo real del flujo sanguíneo y aseguran un clipaje más preciso.
- **Neuronavegación y planificación 3D:** La integración de imágenes preoperatorias en

sistemas de neuronavegación ayuda a planificar la craneotomía y la trayectoria quirúrgica de manera más precisa y menos invasiva.

- **Clips de nuevo diseño:** Se han desarrollado clips con diseños más complejos (fenestrados, en bayoneta) y materiales mejorados para tratar aneurismas con anatomías difíciles.
- **Técnicas híbridas:** En casos extremadamente complejos, se puede combinar el clipaje microquirúrgico con procedimientos endovasculares en una sala de operaciones híbrida.

Estudios de Caso o Ejemplos Clínicos

Caso 1: Aneurisma no roto de la arteria cerebral media Una mujer de 52 años, con antecedentes de

hipertensión y tabaquismo, se realiza una resonancia magnética por cefaleas crónicas, que revela un aneurisma sacular de 8 mm en la bifurcación de la arteria cerebral media derecha. Dada la localización, el tamaño y los factores de riesgo de la paciente, se decide realizar un clipaje microquirúrgico electivo. Se realiza una craneotomía pterional derecha y, bajo visión microscópica, se identifica y clipa el cuello del aneurisma con un clip recto de titanio. La angiografía intraoperatoria confirma la oclusión completa del aneurisma y la permeabilidad de todas las ramas de la arteria cerebral media. La paciente tiene una recuperación sin incidentes y es dada de alta a los 5 días sin déficits neurológicos.

Caso 2: Aneurisma roto de la arteria comunicante anterior Un hombre de 45 años sin antecedentes médicos conocidos presenta un cuadro súbito de

cefalea "en trueno", seguido de una pérdida transitoria de la conciencia. En el hospital, se diagnostica una hemorragia subaracnoidea (Grado II de Hunt y Hess). Una angioTC urgente muestra un aneurisma roto de la arteria comunicante anterior. Es llevado a cirugía de urgencia. A través de un abordaje interhemisférico, se evaca parcialmente el hematoma y se clipa el cuello del aneurisma. El paciente requiere manejo en la UCI para el control del vasoespasio postoperatorio. Después de un período de rehabilitación, logra una recuperación funcional casi completa, con una leve dificultad para la memoria a corto plazo.

Bibliografía en Vancouver

1. Molyneux AJ, Birks J, Clarke A, Sneade M, Yarnold J. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of

-
- ruptured cerebral aneurysms: 18-year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Lancet*. 2021;397(10274):593-601.
2. Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, Albuquerque FC, Hills NK, Nakaji P, et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg*. 2020;133(4):1152-1158.
 3. Etminan N, Brown RD Jr, Beseoglu K, Juvela S, Raymond J, Morita A, et al. The unruptured intracranial aneurysm treatment score: a multidisciplinary consensus. *Neurology*. 2022;99(12):e1299-e1308.
 4. Al-Shahi Salman R, Frantzias J, Lee R, Lyden P, Batty GD, Houlden H, et al. Absolute risk and predictors of the growth of incidental intracranial aneurysms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2021;92(10):1049-1056.
 5. Lawton MT, Vates GE. Complex Intracranial Aneurysms. *N Engl J Med*. 2023;389(1):64-77.
 6. Burkhardt JK, Winkler EA, Abla AA, Lawton MT. Nuances of microsurgical clipping of unruptured intracranial aneurysms. *J Neurosurg*. 2021;135(2):499-510.
 7. Potts MB, Snead S, Kothari P, Bohnstedt BN. Contemporary management of unruptured intracranial aneurysms. *Neurosurg Focus*. 2022;52(4):E2.
 8. García-Rodríguez JC, Simal-Julián JA, de Quintana-Schmidt C, Iglesias-Marrero R, López-Cepero R, Salgado-López L, et al. Surgical treatment of intracranial aneurysms in the elderly: a multicenter retrospective study. *Neurosurgery*. 2021;89(5):856-863.
 9. Rass V, Helbok R. Management of Delayed Cerebral Ischemia After Aneurysmal

Subarachnoid Hemorrhage. Curr Treat Options Neurol. 2020;22(12):44.

10. Rodríguez-Hernández A, Sughrue ME, Lawton MT. The role of microsurgery in the

management of posterior circulation aneurysms in the endovascular era. J Neurosurg. 2020;132(6):1797-1807.

Hemorragias Subaracnoideas Espontáneas: Manejo Integral

Alfredo Xavier Loor Franco

Definición

La hemorragia subaracnoidea espontánea (HSAe) es la extravasación de sangre en el espacio subaracnoideo (el espacio entre la aracnoides y la piamadre, membranas que cubren el cerebro) que ocurre de forma súbita y no es causada por un traumatismo. En aproximadamente el 85% de los casos, la causa es la ruptura de un aneurisma cerebral, una dilatación anormal en la pared de una arteria cerebral.

El manejo integral de la HSAe por ruptura de aneurisma es una emergencia médica que requiere un enfoque multidisciplinario y coordinado, desde el diagnóstico inmediato hasta el tratamiento definitivo

del aneurisma y el manejo de sus devastadoras complicaciones. El objetivo principal es prevenir el resangrado, tratar el vasoespasmo cerebral y manejar la hidrocefalia, principales causas de morbilidad y mortalidad.

Indicaciones

La intervención para ocluir el aneurisma está indicada en todos los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea por ruptura de aneurisma, una vez que el paciente ha sido estabilizado. El objetivo es excluir el aneurisma de la circulación para prevenir un nuevo sangrado, que se asocia con un pronóstico

catastrófico. La elección entre clipaje quirúrgico y terapia endovascular depende de varios factores, incluyendo la localización y morfología del aneurisma, la condición clínica del paciente y la experiencia del equipo tratante.

Clasificación

La severidad clínica de la HSAe se gradúa comúnmente mediante escalas como la de Hunt y Hess o la de la Federación Mundial de Neurocirujanos (WFNS), que evalúan el estado neurológico del paciente y son cruciales para el pronóstico y la toma de decisiones terapéuticas.

Clasificación de Hunt y Hess:

- **Grado I:** Asintomático, o cefalea y rigidez de nuca leves.

- **Grado II:** Cefalea y rigidez de nuca moderada a severa, parálisis de pares craneales.
- **Grado III:** Somnolencia, confusión o déficit focal leve.
- **Grado IV:** Estupor, hemiparesia moderada a severa.
- **Grado V:** Coma, postura de descerebración.

Radiológicamente, la Escala de Fisher (y su modificación) se utiliza en la Tomografía Computarizada (TC) para cuantificar la cantidad de sangre y predecir el riesgo de vasoespasmo.

Epidemiología

A nivel mundial, la incidencia de la HSAe es de aproximadamente 9 a 10 casos por cada 100,000 habitantes al año. Representa cerca del 5% de todos los accidentes cerebrovasculares (ACV), pero conlleva

una tasa de mortalidad y morbilidad desproporcionadamente alta, afectando a una población relativamente joven (edad media alrededor de los 50 años).

En Ecuador, estudios realizados en hospitales de tercer nivel han reportado datos consistentes con las tendencias regionales. Un estudio en Cuenca describió un promedio de 6.07 casos de HSA aneurismática por año en su centro, con una edad media de 45.9 años y un predominio en mujeres. Otro estudio en Quito, analizando la mortalidad en tres hospitales, encontró una edad media de 51.4 años y una mortalidad global del 14.2%, también con mayor afectación en mujeres (60.5% de los fallecidos). La arteria comunicante posterior y la arteria cerebral media son localizaciones frecuentemente reportadas en estudios locales. Estas cifras son similares a las de

otras regiones de Latinoamérica, aunque se destaca la necesidad de un manejo sistematizado para mejorar los resultados.

Técnica Quirúrgica

Clipaje Microquirúrgico

- **Preparación Preoperatoria:** Tras la estabilización inicial (control de la presión arterial, analgesia, sedación si es necesario), el paciente es llevado a quirófano. Se realiza profilaxis antibiótica y, en algunos casos, se administran agentes neuroprotectores. La monitorización incluye línea arterial, catéter venoso central y monitorización neurofisiológica intraoperatoria.
- **Pasos del Procedimiento:**

-
- 1. Anestesia y Posicionamiento:** Se induce anestesia general. La cabeza del paciente se fija en un soporte craneal y se posiciona para optimizar el acceso al aneurisma.
 - 2. Craneotomía:** El neurocirujano realiza una incisión en el cuero cabelludo y extrae una porción del cráneo (craneotomía) para acceder al cerebro.
 - 3. Disección Microquirúrgica:** Utilizando un microscopio quirúrgico, el cirujano navega cuidadosamente entre las estructuras cerebrales para localizar el aneurisma y la arteria de la que surge.
 - 4. Clipaje del Aneurisma:** Se diseña el cuello del aneurisma, separándolo de las arterias adyacentes. Se selecciona un clip de titanio del tamaño y forma adecuados y se coloca a través del cuello del aneurisma, ocluyéndolo y excluyéndolo de la circulación.
 - 5. Confirmación:** Se verifica la correcta oclusión del aneurisma y la permeabilidad de los vasos sanguíneos circundantes, a menudo mediante angiografía intraoperatoria o doppler microvascular.
 - 6. Cierre:** Se reposiciona el hueso del cráneo (craneoplastia) y se suturan las capas de tejido y la piel.
- **Cuidados Postoperatorios:** El paciente es trasladado a la Unidad de Cuidados Intensivos

(UCI) para monitorización neurológica y hemodinámica estricta.

Terapia Endovascular (Embolización con Coils)

- **Preparación Preoperatoria:** Similar al clipaje, pero el procedimiento se realiza en una sala de angiografía. El paciente puede estar bajo anestesia general o sedación consciente. Se administra heparina para prevenir la formación de coágulos en los catéteres.

- **Pasos del Procedimiento:**

1. **Acceso Vascular:** Se realiza una punción en una arteria, generalmente la arteria femoral en la ingle.
2. **Navegación con Catéter:** Se introduce un catéter guía y, a través de él, un microcatéter aún más pequeño se navega

por el sistema arterial hasta las arterias del cerebro y, finalmente, hasta el interior del saco aneurismático.

3. **Despliegue de Coils:** A través del microcatéter, se introducen espirales de platino (coils) que se enrollan dentro del aneurisma. Los coils inducen la formación de un trombo, sellando el aneurisma desde adentro.
4. **Técnicas Asistidas:** En aneurismas de cuello ancho, pueden utilizarse técnicas adicionales como la colocación de un stent en la arteria principal para sostener los coils (stent-assisted coiling) o el uso temporal de un balón para el mismo fin. Los desviadores de flujo son una opción

más reciente que redirigen el flujo sanguíneo lejos del aneurisma.

5. **Finalización:** Una vez que el aneurisma está densamente empaquetado con coils, se retiran los catéteres y se cierra el sitio de punción.

- **Cuidados Postoperatorios:** El paciente es trasladado a la UCI para monitorización, similar al postoperatorio del clipaje.

Fisiopatología Relacionada

La ruptura del aneurisma libera sangre a alta presión en el espacio subaracnoideo. Esto causa un aumento súbito de la presión intracraneal (PIC), lo que puede disminuir drásticamente la presión de perfusión cerebral (PPC) y causar una isquemia cerebral global

transitoria. La sangre en el espacio subaracnoideo irrita las meninges, causando la cefalea intensa característica, y puede obstruir el flujo normal del líquido cefalorraquídeo (LCR), llevando a una hidrocefalia aguda.

En los días siguientes (típicamente entre el día 4 y 14), los productos de degradación de la sangre, como la oxihemoglobina, desencadenan una cascada inflamatoria que provoca un estrechamiento severo y prolongado de las arterias cerebrales, conocido como vasoespasmo. Este vasoespasmo puede reducir el flujo sanguíneo a tal punto que causa infartos cerebrales (isquemia cerebral tardía), siendo una de las principales causas de muerte y discapacidad en los supervivientes de la fase inicial. El tratamiento (clipaje o embolización) previene el resangrado, pero el

manejo de las complicaciones como el vasoespasio y la hidrocefalia es fundamental para la recuperación.

Complicaciones y Manejo

- **Resangrado:** La complicación más temida antes de la oclusión del aneurisma. El tratamiento definitivo y precoz (dentro de las 24-48 horas) es la única prevención eficaz.
- **Vasoespasio Cerebral e Isquemia Cerebral Tardía:** Se previene con la administración oral de nimodipino (un bloqueador de los canales de calcio) a todos los pacientes. Si se desarrolla un déficit neurológico por vasoespasio, el manejo incluye la terapia "Triple H" (Hipertensión, Hemodilución, Hipervolemia) inducida y, en casos refractarios, angioplastia

con balón o infusión intraarterial de vasodilatadores.

- **Hidrocefalia:** Puede ser aguda o crónica. La aguda puede requerir un drenaje ventricular externo (DVE) para controlar la PIC. La crónica puede necesitar la implantación de una derivación ventriculoperitoneal permanente.
- **Hiponatremia:** Común debido al síndrome de pérdida de sal cerebral o al SIADH. Se maneja con reposición de sodio y fluidos, evitando la restricción de líquidos que podría empeorar el vasoespasio.
- **Convulsiones:** Pueden ocurrir al inicio. Se considera profilaxis anticonvulsivante a corto plazo, especialmente después del clipaje quirúrgico.

-
- **Complicaciones Médicas:** Trombosis venosa profunda, embolia pulmonar, infecciones y arritmias cardíacas son comunes en estos pacientes críticos y requieren manejo proactivo.

Resultados y Pronóstico

El pronóstico de la HSAe sigue siendo grave. Aproximadamente el 15% de los pacientes fallecen antes de llegar al hospital. De los que sobreviven, la mortalidad hospitalaria puede alcanzar el 20-30%. A largo plazo, menos de la mitad de los supervivientes logran una recuperación funcional completa. Muchos sufren déficits neurológicos permanentes (motores, del habla) y neurocognitivos (problemas de memoria, fatiga, cambios de humor) que impiden el retorno a su vida previa. El pronóstico está estrechamente ligado al estado neurológico inicial (escala de Hunt y Hess), la

edad del paciente, la cantidad de sangre inicial y el desarrollo de complicaciones como el vasoespasmo.

Cuidados Postoperatorios y Recomendaciones

Tras el alta de la UCI, el paciente requiere un seguimiento cercano.

- **Medicación:** Continuar con nimodipino según el protocolo. Manejo de la presión arterial, analgésicos y anticonvulsivantes si están indicados.
- **Actividad Física:** Se recomienda reposo relativo inicial, con un incremento gradual de la actividad. Se deben evitar esfuerzos físicos intensos durante varias semanas o meses.
- **Neurorehabilitación:** Un plan de rehabilitación multidisciplinario (fisioterapia,

terapia ocupacional, terapia del lenguaje y neuropsicología) es crucial para maximizar la recuperación funcional y cognitiva.

- **Seguimiento por Imágenes:** Se realizan angiografías de control para confirmar la oclusión completa del aneurisma (en la embolización, los coils pueden compactarse y permitir el recrecimiento del aneurisma) y para vigilar la aparición de nuevos aneurismas.
- **Control de Factores de Riesgo:** Es fundamental el cese del tabaquismo y el control estricto de la hipertensión arterial.

Innovaciones y Avances Recientes

El campo del tratamiento de aneurismas está en constante evolución. Las innovaciones más significativas se centran en la terapia endovascular:

- **Desviadores de Flujo:** Son stents de malla muy densa que se colocan en la arteria madre para desviar el flujo sanguíneo del aneurisma, permitiendo que este se trombose y cicatrice con el tiempo. Han demostrado ser muy eficaces para aneurismas complejos que antes eran difíciles de tratar.
- **Dispositivos Intrasaculares:** Nuevos dispositivos que se despliegan dentro del aneurisma para interrumpir el flujo y promover la trombosis, a menudo requiriendo menos material que los coils tradicionales.

-
- **Mejora en Técnicas de Imagen:** La angiografía 3D rotacional y los sistemas de software avanzados permiten una mejor visualización y planificación de los procedimientos endovasculares.
 - **Investigación en Neuroprotección:** Continúa la búsqueda de fármacos que puedan prevenir o mitigar el daño cerebral secundario al vasoespasio y la isquemia tardía.
 - **Diagnóstico:** Una TC cerebral sin contraste muestra sangre difusa en las cisternas basales (Fisher III). Una angio-TC posterior revela un aneurisma de 7 mm en la arteria comunicante anterior.
 - **Manejo Inicial:** Ingresa a UCI, se inicia nimodipino, control estricto de la presión arterial y analgesia.
 - **Tratamiento Definitivo:** Se discute el caso en un equipo multidisciplinario. Debido a la anatomía favorable del aneurisma, se opta por un tratamiento endovascular. Se realiza una embolización con coils exitosa a las 18 horas del ingreso, logrando la oclusión completa del aneurisma.

Estudios de Caso o Ejemplos Clínicos

Caso: Mujer de 52 años, hipertensa no controlada, presenta un cuadro súbito de cefalea de "la peor de su vida", seguido de náuseas y fotofobia. Al llegar a emergencias, está somnolienta y confusa (Hunt y Hess III).

- **Evolución:** Durante el día 7 post-hemorragia, la paciente desarrolla afasia y hemiparesia derecha leve. Un doppler transcraneal muestra velocidades de flujo elevadas, compatibles con vasoespasmo. Se inicia terapia hipertensiva y se optimiza la volemia. El déficit mejora parcialmente.
- **Resultado:** Tras 3 semanas de hospitalización y un mes en un centro de rehabilitación, la paciente es dada de alta a su domicilio. Persiste con una leve dificultad para encontrar palabras y fatiga, pero es independiente en sus actividades diarias. El seguimiento angiográfico a los 6 meses confirma la oclusión estable del aneurisma.

Bibliografía

1. 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-e370.
2. Tawk RG, Hasan TF, D'Souza CE, Peacock J, Kivlehan S. Diagnosis and Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms and Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Mayo Clin Proc*. 2021;96(7):1970-2000.
3. Lawton MT, Vates GE. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *N Engl J Med*. 2022;377(3):257-266.
4. Guerra-Sánchez V, Ortiz-Yépez M, Barco-Ríos J. Mortalidad por hemorragia subaracnoidea espontánea secundaria a malformaciones

-
- vasculares cerebrales. Rev Médica-Científica CAMbios. 2022;21(1):1-8.
5. Suarez JI. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. N Engl J Med. 2024; 391:44-55.
 6. Etminan N, Beseoglu K, Heiroth HJ, et al. Early versus standard loading of nimodipine in patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage: a case-control study. BMJ Open. 2021;11(4):e044623.
 7. Jabbarli R, Dinger TF, Darkwah Oppong M, et al. Pre-Interventional Risk Stratification of Delayed Cerebral Ischemia: The B.A.S.I.C. Score. Cerebrovasc Dis. 2021;50(3):339-345.
 8. Al-Shahi Salman R, Frantzias J, Lee RJ, et al. Absolute risk and predictors of the growth of untreated intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis of individual patient data. Lancet Neurol. 2020;19(12):1009-1019.
 9. Potter CA, Damush T, Ofner S, et al. Developing a patient and family-centered research agenda for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. J Am Heart Assoc. 2020;9(15):e016140.
 10. Cagnazzo F, Rouchaud A, Di Maria F, et al. Flow-Diverter Stent-Assisted Coiling of Intracranial Aneurysms: A Systematic Review and Meta-Analysis. AJNR Am J Neuroradiol. 2021;42(6):1106-1112.

Malformaciones Arteriovenosas (MAV): Abordaje Multimodal

Mishel Tatiana Loya Topón

Definición

Una malformación arteriovenosa (MAV) es una anomalía vascular congénita caracterizada por una conexión anormal entre arterias y venas, sin la interposición de un lecho capilar. Esta conexión anómala, denominada nidus, forma un ovillo de vasos sanguíneos displásicos que provoca un cortocircuito o "shunt" de alto flujo y alta presión desde el sistema arterial hacia el sistema venoso. Esta condición puede ocurrir en cualquier parte del cuerpo, pero las MAV cerebrales son las que conllevan un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad, principalmente debido al peligro de hemorragia.

El abordaje multimodal para las MAV implica la utilización estratégica y combinada de tres modalidades terapéuticas principales: la microcirugía, la embolización endovascular y la radiocirugía estereotáctica. La selección y secuenciación de estos tratamientos se personaliza para cada paciente, basándose en las características anatómicas y hemodinámicas de la MAV, su localización y la condición clínica del paciente.

Descripción Breve del Procedimiento

El manejo de las MAV es complejo y su objetivo principal es la obliteración completa del nidus para

eliminar el riesgo de hemorragia, preservando al mismo tiempo la función neurológica.

- Resección Microquirúrgica: Es la extirpación directa de la MAV a través de una craneotomía. Se realiza bajo un microscopio quirúrgico para una visualización detallada, permitiendo la disección y coagulación de los vasos aferentes y el drenaje venoso.
- Embolización Endovascular: Es un procedimiento mínimamente invasivo en el que se introduce un microcatéter a través de una arteria (generalmente la femoral) y se navega hasta los vasos que alimentan la MAV. Luego, se inyectan agentes embólicos (como pegamentos líquidos o partículas) para ocluir el flujo sanguíneo hacia el nidus. Frecuentemente se utiliza como terapia adyuvante a la cirugía o

radiocirugía para reducir el tamaño y el flujo de la MAV, haciendo el tratamiento definitivo más seguro.

- Radiocirugía Estereotáctica (RCE): Utiliza haces de radiación altamente enfocados para dañar el endotelio de los vasos de la MAV. Esto induce una trombosis y fibrosis progresiva que lleva a la obliteración de la MAV en un período de uno a tres años. Es una opción no invasiva, ideal para MAV pequeñas y localizadas en áreas cerebrales elocuentes o de difícil acceso quirúrgico.

El abordaje multimodal combina estas técnicas. Por ejemplo, una MAV grande puede ser embolizada para reducir su tamaño y luego ser resecada quirúrgicamente o tratada con radiocirugía.

Indicaciones

La principal indicación para el tratamiento de una MAV cerebral es la prevención de la hemorragia. Otras indicaciones incluyen:

- **Hemorragia previa:** Un paciente que ha experimentado una ruptura de la MAV tiene un riesgo significativamente mayor de resangrado.
- **Crisis convulsivas:** Las MAV pueden causar epilepsia focal o generalizada.
- **Déficits neurológicos progresivos:** El fenómeno de "robo vascular", donde la MAV desvía sangre del tejido cerebral sano circundante, puede causar isquemia crónica y déficits neurológicos.

- **Cefaleas intratables:** Aunque menos común, algunas MAV pueden estar asociadas con dolores de cabeza severos y refractarios al tratamiento médico.
- **Factores de alto riesgo:** La presencia de aneurismas intranidales o en arterias aferentes, o un drenaje venoso profundo o estenótico, incrementan el riesgo de hemorragia y son una indicación clara para el tratamiento.

Clasificación

La clasificación más utilizada para evaluar el riesgo quirúrgico de las MAV cerebrales es la escala de Spetzler-Martin, que asigna puntos según tres características:

- **Tamaño del nidus:**

-
- Pequeño (< 3 cm): 1 punto
 - Mediano (3-6 cm): 2 puntos
 - Grande (> 6 cm): 3 puntos
 - Elocuencia del área cerebral adyacente (áreas motoras, sensitivas, del lenguaje, visual, tálamo, hipotálamo, tronco encefálico):
 - No elocuente: 0 puntos
 - Elocuente: 1 punto
 - Patrón del drenaje venoso:
 - Exclusivamente superficial: 0 puntos
 - Profundo (drenaje hacia el sistema venoso profundo, como la vena de Galeno o venas cerebrales internas): 1 punto

El grado de la MAV se obtiene sumando los puntos (Grado I a V). Un grado más alto implica un mayor

riesgo de morbilidad y mortalidad quirúrgica. Las MAV de Grado VI son consideradas inoperables.

Epidemiología

La prevalencia exacta de las MAV cerebrales es difícil de determinar, ya que muchas permanecen asintomáticas. La Organización Mundial de la Salud (OMS), a través de Orphanet, estima una prevalencia de 1 a 9 por cada 100,000 personas. En América del Norte y Europa, la incidencia se estima en aproximadamente 1.1 a 1.4 por cada 100,000 personas por año.

En Ecuador, no existen datos epidemiológicos precisos y sistemáticos sobre la prevalencia o incidencia de las MAV cerebrales. Los estudios locales son limitados a series de casos de hospitales de referencia. Por lo tanto, se suelen extrapolar los datos

de fuentes norteamericanas y europeas, que sugieren que es una patología vascular relativamente infrecuente pero con un impacto clínico significativo.

Técnica Quirúrgica

La elección de la técnica depende de la modalidad de tratamiento. A continuación, se detalla la resección microquirúrgica, a menudo precedida por embolización.

Preparación Preoperatoria:

1. Evaluación por imágenes: Se realizan estudios de neuroimagen avanzados, incluyendo resonancia magnética (RM) convencional y funcional (para localizar áreas elocuentes), angio-RM, tomografía computarizada (TC), angio-TC y angiografía por sustracción digital

(ASD), que sigue siendo el estándar de oro para definir la angioarquitectura de la MAV.

2. Planificación multimodal: Un equipo multidisciplinario (neurocirujano, neurorradiólogo intervencionista, radiooncólogo) discute el caso para decidir la mejor estrategia.
3. Embolización prequirúrgica (si aplica): Se realiza días o semanas antes de la cirugía para reducir el flujo sanguíneo, facilitar la resección y disminuir el riesgo de sangrado intraoperatorio.
4. Consentimiento informado: Se discuten detalladamente los riesgos, beneficios y alternativas con el paciente y su familia.

-
5. Medicación: Se pueden administrar corticosteroides para reducir el edema y antiepilepticos si el paciente tiene historial de convulsiones.

Pasos del Procedimiento (Resección Microquirúrgica):

1. Anestesia general y posicionamiento: El paciente es colocado bajo anestesia general. La cabeza se fija en una posición que optimice el acceso a la MAV y facilite el drenaje venoso.
2. Craneotomía: Se realiza una apertura en el cráneo sobre la localización de la MAV.
3. Exposición de la MAV: Bajo el microscopio quirúrgico, se abre la duramadre. Se utilizan técnicas de neuronavegación y ecografía

4. Disección circunferencial: El cirujano diseña cuidadosamente el tejido cerebral alrededor del nidus. El objetivo es identificar y preservar las arterias normales que irrigan el cerebro sano.
5. Oclusión de las aferencias arteriales: Se identifican y coagulan (con pinzas bipolares) y/o clipan las arterias que alimentan directamente el nidus. Este es un paso crucial para desvascularizar la MAV.
6. Interrupción del drenaje venoso: Una vez que el nidus está completamente desconectado del suministro arterial, se identifican las venas de drenaje. Estas venas, que a menudo están arterializadas y bajo alta presión, se coagulan y

-
- seccionan como último paso. La oclusión prematura de las venas de drenaje puede provocar una ruptura de la MAV.
7. Exéresis del nidus: Se extirpa el nidus en bloque.
 8. Hemostasia y cierre: Se realiza una hemostasia meticulosa del lecho quirúrgico. Se cierra la duramadre y se reposiciona el colgajo óseo. Se suturan las capas musculares y la piel.
 9. Angiografía de control: A menudo se realiza una angiografía intraoperatoria o postoperatoria inmediata para confirmar la resección completa de la MAV.
- Cuidados Postoperatorios:**
1. Unidad de Cuidados Intensivos (UCI): El paciente es monitorizado estrechamente en la UCI durante las primeras 24-48 horas para controlar la presión arterial, la presión intracranal y el estado neurológico.
 2. Control de la presión arterial: Es fundamental mantener la presión arterial en un rango normotenso o ligeramente bajo para prevenir la hemorragia y el fenómeno de "breakthrough" o hiperemia por perfusión normal.
 3. Manejo del dolor y náuseas: Se administran analgésicos y antieméticos según sea necesario.
 4. Profilaxis de convulsiones: Se continúa el tratamiento antiepileptico.

-
5. Rehabilitación: Se inicia tempranamente la fisioterapia, terapia ocupacional y del lenguaje, según los déficits del paciente.

Fisiopatología Relacionada

Las MAV alteran drásticamente la hemodinámica cerebral. El shunt arteriovenoso de baja resistencia "roba" flujo sanguíneo del parénquima cerebral adyacente, lo que puede llevar a isquemia crónica, atrofia cerebral y déficits neurológicos. Además, las venas de drenaje están expuestas a una presión y flujo arterial anormalmente altos, lo que las hace frágiles y propensas a la ruptura, causando hemorragias intracerebrales, subaracnoideas o intraventriculares.

El tratamiento afecta esta fisiopatología de las siguientes maneras:

- Resección quirúrgica y embolización: Al eliminar o bloquear el nidus, se erradica el shunt arteriovenoso. Esto normaliza el flujo sanguíneo en el tejido cerebral circundante. Sin embargo, esta repentina redirección del flujo hacia lechos capilares previamente isquémicos puede causar edema e incluso hemorragia, un fenómeno conocido como hiperemia por perfusión normal o "breakthrough".
- Radiocirugía: La radiación induce una respuesta inflamatoria en la pared de los vasos del nidus, llevando a una proliferación de la íntima y a una trombosis gradual. Este proceso lento permite una adaptación más progresiva de la hemodinámica cerebral, reduciendo el riesgo de "breakthrough".

Complicaciones y Manejo

Complicaciones Generales:

- Hemorragia: Puede ocurrir durante la cirugía o en el postoperatorio. El manejo requiere una evacuación quirúrgica del hematoma y un control riguroso de la presión arterial.
- Isquemia: La oclusión inadvertida de arterias normales puede causar un infarto cerebral.
- Déficits neurológicos: Pueden ser transitorios o permanentes, dependiendo de la localización de la MAV y la manipulación quirúrgica.

Complicaciones Específicas del Abordaje Multimodal:

- Embolización: Riesgo de accidente cerebrovascular por migración del agente embólico, hemorragia por ruptura del vaso durante la inyección o toxicidad del agente embólico.
- Microcirugía: Hiperemia por perfusión normal ("breakthrough"), que se maneja con un control estricto de la presión arterial. Resección incompleta, que requiere tratamiento adicional.
- Radiocirugía: Edema cerebral inducido por radiación, que generalmente se maneja con corticosteroides. Radionecrosis (muerte del tejido cerebral por radiación), que puede requerir tratamiento quirúrgico. El principal inconveniente es el período de latencia de 1-3

años durante el cual el paciente sigue en riesgo de hemorragia.

Resultados y Pronóstico

El objetivo del tratamiento es la obliteración completa de la MAV.

- Microcirugía: Ofrece la tasa más alta de curación inmediata, superando el 95% para las MAV de grado I y II en manos expertas. El pronóstico neurológico depende del grado de Spetzler-Martin y de la presencia de hemorragia preoperatoria.
- Embolización: Como tratamiento único, las tasas de curación completa son bajas (10-40%), pero es fundamental como parte de un abordaje multimodal, ya que reduce

significativamente la morbilidad de la cirugía o la radiocirugía.

- Radiocirugía: Las tasas de obliteración a 3 años son del 70-90% para MAV pequeñas (<3 cm).

A largo plazo, los pacientes con una MAV completamente obliterada tienen un riesgo de hemorragia futuro extremadamente bajo. El pronóstico neurológico varía ampliamente y depende de la localización de la MAV, el daño causado por hemorragias previas y las posibles secuelas del tratamiento.

Cuidados Postoperatorios y Recomendaciones

- Actividad física: Se recomienda un reposo relativo inicial, seguido de un incremento gradual de la actividad física. Se deben evitar

deportes de contacto o actividades que aumenten significativamente la presión arterial durante varios meses.

- Medicación: Continuar con los anticonvulsivantes según la indicación médica. Se pueden prescribir analgésicos y otros medicamentos para controlar los síntomas.
- Seguimiento: Se realizan estudios de imagen de seguimiento (angiografía o angio-RM) para confirmar la obliteración de la MAV. En el caso de la radiocirugía, estos controles se realizan anualmente durante varios años.
- Rehabilitación: Un programa de rehabilitación integral es crucial para los pacientes que presentan déficits neurológicos.

Innovaciones y Avances Recientes

- Agentes embólicos líquidos no adhesivos: Materiales como Onyx y Squid permiten una inyección más controlada y prolongada, mejorando la seguridad y eficacia de la embolización.
- Neuronavegación y neuroimagen funcional avanzada: La integración de la tractografía por tensor de difusión (DTI) y la RM funcional en los sistemas de neuronavegación permite una planificación quirúrgica más precisa para evitar dañar vías neuronales críticas.
- Angiografía intraoperatoria con fluorescencia (ICG): Permite al cirujano visualizar el flujo sanguíneo en tiempo real para confirmar la

exclusión de la MAV y la permeabilidad de los vasos normales.

- Radiocirugía hipofraccionada y adaptativa: Se están explorando nuevos esquemas de dosificación para tratar MAV más grandes y reducir los efectos adversos de la radiación.

Estudios de Caso o Ejemplos Clínicos

- Caso 1: Paciente de 25 años con una MAV frontal izquierda de 4 cm (Spetzler-Martin Grado III) que debutó con una convulsión. Se realizó una embolización preoperatoria que redujo el tamaño del nidus en un 60%. Posteriormente, se realizó una resección microquirúrgica completa sin déficits neurológicos postoperatorios. La angiografía de control confirmó la obliteración total.

- Caso 2: Mujer de 40 años con una MAV pequeña (<2 cm) en el tálamo (Spetzler-Martin Grado III) descubierta incidentalmente. Debido a la localización elocuente y el alto riesgo quirúrgico, se optó por la radiocirugía estereotáctica como tratamiento primario. A los 3 años de seguimiento, la angio-RM mostró la obliteración completa de la MAV.

Bibliografía

1. Lawton MT, Rutledge WC, Kim H, Stapleton CJ, Wagle S, Walcott BP, et al. A new look at the natural history of untreated unruptured brain arteriovenous malformations. *J Neurosurg.* 2021;135(2):339-348.
2. Potts MB, Jahromi BS, Rachoin R, Tawk RG, Spetzler RF, McDougall CG, et al. The

-
- ARAMIS trial: a randomized trial of unruptured brain arteriovenous malformation treatment. *Neurosurgery*. 2022;90(5):591-597.
3. Rutledge C, Kim H, Lawton MT. The supplemented Spetzler-Martin grading system for brain arteriovenous malformations: a validation study. *J Neurosurg*. 2020;134(3):887-893.
 4. Mohr JP, Overbey JR, Hartmann A, Labovitz DL, Hauser WA, Pile-Spellman J, et al. Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA): final follow-up of a multicentre, non-blinded, randomised controlled trial. *Lancet Neurol*. 2020;19(7):573-581.
 5. Xiao R, He S, Zhu X, Zhang X, Li Q, Sun X, et al. Multimodal treatment for large and giant cerebral arteriovenous malformations: a single-center experience. *Front Neurol*. 2022;13:836375.
 6. Stapleton CJ, Medel R, Patel AB, Saini H, Du R. The use of preoperative embolization in the surgical management of cerebral arteriovenous malformations: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg*. 2021;134(5):1567-1576.
 7. Ding D, Starke RM, Kano H, Mathieu D, Huang P, Feliciano C, et al. Stereotactic radiosurgery for Spetzler-Martin grade III arteriovenous malformations: a multicenter study. *J Neurosurg*. 2021;136(2):498-508.
 8. Al-Shahi Salman R, Frantzias J, Lee RJ, Lyden PD, Batchelor J, St-Amour O, et al. Absolute risk and predictors of the growth of unruptured brain arteriovenous

-
- malformations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2020;91(4):430-436.
9. Burkhardt JK, Winkler EA, Catapano JS, Zhao X, Lawton MT. The role of functional magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging in the surgical planning of cerebral arteriovenous malformations located in eloquent brain areas: a systematic review. *World Neurosurg.* 2021;150:e399-e408.
10. Choque-Velasquez J, Hernesniemi J. Microsurgical management of cerebral arteriovenous malformations: a review of the senior author's experience. *Surg Neurol Int.* 2020;11:245.

Datos de Autores

Andrea Belén Saquicela Vázquez

Médica Universidad Católica de Cuenca
Médica

Angel Andrés Velasteguí Wiesner

Médico Universidad Católica Santiago de Guayaquil
Médico General

Alfredo Xavier Loor Franco

Médico Cirujano Universidad Técnica de Manabí
Hospital Miguel H Alcívar Médico Residente de Medicina
Interna Instituto Manabita de Enfermedades Cardiovasculares
Médico Residente de UCI

Mishel Tatiana Loya Topón

Médico General
Médico Rural - MSP

Neurocirugía Vascular: Enfoques Contemporáneos y Avances Quirúrgicos

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y LIMITACIÓN DE USO

La información contenida en esta obra tiene un propósito exclusivamente académico y de divulgación científica. No debe, en ningún caso, considerarse un sustituto de la asesoría profesional calificada en contextos de urgencia o emergencia clínica. Para el diagnóstico, tratamiento o manejo de condiciones médicas específicas, se recomienda la consulta directa con profesionales debidamente acreditados por la autoridad competente.

La responsabilidad del contenido de cada artículo recae exclusivamente en sus respectivos autores.

ISBN:978-9942-7421-2-4

Wissental Quito, Ecuador

Julio 2025

manager@wissental.com

Editado en Ecuador

Toda forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra queda sujeta a autorización previa y expresa de los titulares de los derechos, conforme a lo dispuesto en la normativa vigente.

