

Manejo de aneurismas cerebrales: revisión de la literatura pasada, presente y futura

Rocío Nicole Campos Gamarra¹ , Mariana Gabriela Astudillo Palacios¹ ,
Gonzalo Rojas Delgado¹ , Marla Gallo Guerrero² , Jimmy Palacios García¹ 

Resumen

Introducción: el manejo de los aneurismas cerebrales ha ido evolucionando con el paso de los siglos, se busca evaluar el manejo médico, endovascular y quirúrgico de los aneurismas cerebrales rotos y no rotos a lo largo del tiempo, desde las primeras veces en que fueron tratados hasta las innovaciones que se están llevando a cabo.

Materiales y métodos: se realizó una revisión de artículos buscados en la base de datos de PubMed, buscando "Mesh Terms" (o descriptores en ciencias de la salud) con palabras seleccionadas relacionadas al tema y también se seleccionaron artículos según el criterio de los autores; además de la extracción de datos en Rayyan.

Resultados: se seleccionaron 48 artículos dentro de la búsqueda en Pubmed y según criterios propios de los autores, de los cuales 8 artículos se incluyeron en la sección "pasado", 35 artículos en la sección "presente" y 5 artículos en la sección "futuro".

Discusión: se dividió el manejo de aneurismas en tres secciones: pasado (pasado-1999), presente (2000-2020) y futuro (2021-futuro). Cada sección tuvo tres grupos: manejo médico, endovascular y quirúrgico.

Conclusiones: el manejo de los aneurismas no rotos y rotos tiene métodos farmacológicos, de neuro-intervencionismo y neuro-quirúrgicos para abordar, de la mejor manera, la patología de cada paciente de forma individualizada e integral.

Palabras clave: hemorragia subaracnoidea, aneurisma, neurocirugía, procedimientos endovasculares, cerebro, Perú.

Management of cerebral aneurysms: Review of the past, present, and future literature

Abstract

Introduction: The management of brain aneurysms has evolved over the centuries, it seeks to evaluate the medical, endovascular and surgical management of the broken and not broken brain aneurysms over time, from the first times they were treated even the innovations that are being carried out.

Materials and methods: A review of articles searched in the PubMed database was carried out, searching for Mesh Terms with selected words related to the topic and articles were also selected according to the author's criteria. Data extraction in Rayyan.

Results: 48 articles were selected within the Pubmed search and according to the author's own criteria. 8 articles were included in the Past section, 35 articles in the Present section, and 5 articles in the Future section.

Discussion: Aneurysm management was divided into 3 sections: past (past-1999), present (2000-2020) and future (2021-future). Each section had 3 groups: medical, endovascular and surgical management.

Conclusions: The management of non-broken and broken aneurysms has pharmacological, neuro-interventionism and neuro-surgical methods to be able to address each patient's pathology in an individualized and integral way.

Keywords: Subarachnoid hemorrhage, Aneurysm, Neurosurgery, Endovascular procedures, Brain, Peru.

- 1 Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú
- 2 Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú

✉ Correspondencia/Correspondence

Rocío Campos Gamarra, avenida Honorio Delgado 430, Lima, Perú.
Correo-e: rociocamposg.06@gmail.com

Historia del artículo/Article Info

Recepción/Received: 17 de mayo, 2023

Evaluación/Revised: 20 de septiembre, 2023

Aceptación/Accepted: 12 de febrero, 2024

Publicación/Published online: 14 de marzo, 2024

Citación/Citation: Campos Gamarra RN, Astudillo Palacios MG, Rojas Delgado G, Gallo Guerrero M, Palacios García J. Manejo de aneurismas cerebrales: revisión de la literatura pasada, presente y futura. Acta Neurol Colomb. 2024;40(1):e1216.
<https://doi.org/10.22379/anc.v40i1.1216>



Introducción

Los aneurismas intracraneales son dilataciones focales anormales de las arterias cerebrales, localizados usualmente en el polígono de Willis. Su prevalencia es del 0,5% al 9% (1) y sus factores de riesgo más estudiados son el alcoholismo, el tabaquismo, la hipertensión arterial, el uso de anticonceptivos hormonales combinados, la hipercolesterolemia, la infección de la pared arterial, entre otros. Además, existen enfermedades genéticas que predisponen la aparición de aneurismas, tales como: aneurisma intracraneal familiar, enfermedad renal poliquística autosómica dominante, fibrodisplasia, entre otras (2).

La hemorragia subaracnoidea (HSA) representa un 3% de los accidentes cerebrovasculares, donde, aproximadamente, el 85% de casos de HSA se deben a aneurismas tipo Berry y el otro 15% se atribuye a causas no relacionadas con aneurismas. En promedio, un 50% de individuos que sufren HSA mueren dentro de los primeros 30 días y dos terceras partes de estas muertes ocurren en las primeras 48 horas (3).

Los aneurismas se pueden dividir en dos grandes grupos: los rotos y los no rotos, y también se pueden clasificar en aneurismas saculares, fusiformes y micóticos, donde los aneurismas saculares son los más comunes y se caracterizan por unirse a la arteria principal o a una de sus ramas. Otra división se establece por el tamaño: pequeños (< 11 mm), grandes (11 mm–25 mm) y gigantes (> 25 mm) (4). Para los aneurismas no rotos, el manejo todavía es incierto (5) y para los aneurismas rotos hay tres tipos de manejos claves: el médico, el quirúrgico y el endovascular. El factor que predispone a la rotura es la dimensión, pero se conoce como factor predictivo independiente a la ubicación (circulación posterior) (6).

En este aspecto existe una gran cantidad de información acerca de aneurismas y su manejo, por lo que en el presente estudio se buscan identificar y establecer a través del tiempo (pasado, presente y futuro) las diversas formas del manejo del aneurisma cerebral. Además, se desean evaluar las mejoras y el impacto de la tecnología en el manejo de los problemas de salud e informar sobre los acuerdos y las nuevas innovaciones en el manejo de los aneurismas no rotos.

Métodos y materiales

Este estudio tiene como objetivo principal realizar una revisión de estudios basados en el manejo de los aneurismas en el pasado, el presente y el futuro, por lo que la data escogida proviene de publicaciones en inglés y español de Pubmed entre los años 1938 y 2020, y los artículos se agregaron según el consenso de los autores.

Búsqueda de literatura

La búsqueda de literatura se basa en los siguientes temas: aneurismas, HSA y manejo de aneurismas. Se incluyen los sinónimos de los conceptos principales, así como abreviaciones, alternativas médicas o de tratamiento y complicaciones comunes de los aneurismas. Posterior a ello, se utilizó la plataforma Rayyan para generar una elección imparcial de los artículos empleados en el estudio (tabla 1).

Criterios de inclusión

- Se elegirán artículos de tipo: revisión sistemática, ensayos clínicos y reportes de caso.
- Se elegirán artículos que describan el manejo de aneurismas rotos y no rotos.
- Se elegirán artículos en los idiomas inglés y español.
- Se elegirán artículos de acuerdo con su fecha de publicación o contexto relacionado al criterio de "pasado", "presente" o "futuro".
- Se elegirán artículos en las siguientes fuentes de búsqueda: Pubmed.

Criterios de exclusión

- Se excluirán artículos acerca de aneurismas no intracraneales.

Extracción de data

La data fue extraída independientemente por los autores y colocada en formatos prediseñados de extracción de datos. Dos autores fueron seleccionando la información para finalmente llegar a un consenso (Campos Gamarra y Astudillo Palacios).

Tabla 1. Lista de términos para la búsqueda de literatura

Fuente	Temas	Keywords	Estrategia de búsqueda
Pubmed	A	Aneurismas, intracranial aneurysm, brain aneurysms.	A y B y C, A y B o C, A y C o B
	B	HSA, edema cerebral, HTE, resangrado cerebral, secuelas cerebrales, parálisis del tercer par craneal.	
	C	Clipaje, terapia endovascular, manejo médico, tratamiento quirúrgico, flow diverter, pipeline embolization device, surpass flow diverter, FRED, coils, stent-assisted coiling (SAC), balloon-assisted coiling (BAC).	

Fuente: elaboración propia.

Análisis de data

Se realizó una diferenciación en tres categorías:

- Manejo de aneurismas rotos y no rotos en el pasado.
- Manejo de aneurismas rotos y no rotos en el presente.
- Manejo de aneurismas rotos y no rotos en el futuro.

Discusión

Los aneurismas se definen como dilataciones persistentes en los vasos sanguíneos o en la pared del corazón. Usualmente se describen por morfología, tamaño, localización y etiología, y también se pueden clasificar en aneurismas rotos y no rotos.

Manejo propuesto de aneurismas cerebrales en el pasado (pasado-1999)

Manejo médico

Uno de los primeros reportes establecidos fue hecho en el papiro de Ebers en el año 2000 a. C. Luego, en el año 300 a. C, Hipócrates de Cos describió la dilatación de los vasos y definió el concepto del "aneurisma" (7) y uno de los pioneros de la neuroanatomía fue Galeno (en el año 129 d. C.), ya que descubrió "los 8 pares craneales de Galeno", estudió las meninges, los ventrículos, la glándula pineal y la pituitaria, la médula espinal y la columna vertebral (8), y ya en el siglo XVI, Andreas Vesalio escribió el primer tratado sobre el aneurisma (7).

En el pasado, la HSA por un aneurisma roto se trataba con nimodipino EV, antes y después de la cirugía,

pero había una incidencia frecuente de hipotensión y se usaban vasopresores (noradrenalina, dopamina y fenilefrina) que dependían de un monitoreo hemodinámico estricto (9). En 1996 se comparó el uso de nimodipino solo y nimodipino con ketamina y lidocaína, pero no se demostraron beneficios en la terapia combinada (10).

Manejo endovascular

El tratamiento endovascular inició en la década de 1960 con el uso del balón de Fogarty y se desarrolló más con la técnica de oclusiones de vasos con balones por Serbinenko (11). En la década de los 90, el uso de las técnicas endovasculares se restringió a aneurismas con gran riesgo de ruptura y sin posibilidad de clipaje por cirugía, donde la técnica más empleada fue la de los "detachable balloons" y, a finales de los años 90, Victor Shcheglov en Kiev la utilizó como tratamiento primario de los aneurismas (12); también se utilizó la perfusión de heparina salinizada y se agregó, por la misma época, el uso de los "coils de platino" y "soft coils" (13).

Manejo quirúrgico

Antylus (250 d. C.), un cirujano griego, fue el que realizó el primer tratamiento por ligadura proximal de un aneurisma. Posteriormente, Astley Paston Cooper en el siglo IX realizó contribuciones al fomentar la ligadura de la arteria carótida para tratar aneurismas, y se comenzaron a desarrollar técnicas quirúrgicas usando injertos venosos, celofán y autoinjertos para el tratamiento de aneurismas (7).

En 1937, Walter Dandy, neurocirujano estadounidense considerado el "padre de la neurocirugía",

realizó el primer clipaje planificado y exitoso de un aneurisma, utilizando un clip vascular diseñado por Harvey Cushing (14).

Manejo propuesto de aneurismas cerebrales en el presente (2000–2020)

Manejo médico

Los aneurismas no rotos son típicamente asintomáticos y diagnosticados incidentalmente; además, no hay un criterio establecido acerca de cuándo tratarlos.

La mayor complicación de un aneurisma roto es la hemorragia subaracnoidea. A continuación se detalla el tratamiento de esta: en un ratón con un aneurisma intracraneal se evidencia la supresión de la actividad NF- κ B, con la administración de celecoxib a 150 mg/kg/d (15). Existen estudios que demuestran la eficacia *in vitro* de AINES como la aspirina (16), la indometacina en el manejo de aneurismas torácicos en pacientes con síndrome de Marfan (17) y el piroxicam como neuroprotector en la prevención y el manejo de la isquemia cerebral (18).

La guía del manejo de la HSA de la American Heart Association recomienda manejar la presión arterial desde el inicio de los síntomas hasta el manejo definitivo del aneurisma para disminuir el riesgo de un ACV, el resangrado por hipertensión y mantener la presión de la perfusión cerebral (recomendación clase I, nivel de evidencia B). Asimismo, recomienda que la presión arterial sistólica sea < 160 mmHg (recomendación clase IIa, nivel de evidencia C). Téngase en cuenta que la hipertensión no debe ser tratada a menos que la presión sistólica sea > 160 mmHg, pero si ocurre hipotensión, esta tiene que ser tratada agresivamente con fluidos IV y, si son necesarios, vasopresores. Para pacientes con un retraso inevitable del manejo definitivo del aneurisma, un gran riesgo de resangrado y sin contraindicaciones médicas, se recomienda una terapia corta de menos de 72 horas con ácido tranexámico o ácido aminocaproico, para reducir el riesgo de resangrado (recomendación clase IIa, nivel de evidencia B) (19).

Para controlar la presión arterial se da nimodipino cada cuatro horas VO (vía oral) o NG (vía nasogástrica), si hay hipotensión se cambia a una dosis de 30 mg cada dos horas y, en caso de que no se tolere la VO, se administrará por CVC (catéter venoso central) (20).

El vasoespasmio ocurre luego de 7–10 días después de la ruptura del aneurisma y se resuelve espontáneamente a los 21 días, donde la isquemia cerebral retardada ocasionada por el vasoespasmio es una causa mayor de muerte y discapacidad. La terapia “triple H” (hipervolemia, hemodilución e hipertensión) se basa en aumentar la perfusión cerebral para evitar el vasoespasmio. Por su parte, la guía de la American Heart Association recomienda mantener la euvolemia, prevenir la isquemia (recomendación clase I, nivel de evidencia B) y evitar la hipervolemia (recomendación clase III, nivel de evidencia B). Asimismo, se recomienda el uso de imágenes como una ecografía Doppler transcraneal para monitorear el desarrollo del vasoespasmio, o un TAC o una resonancia magnética nuclear para identificar regiones de posible isquemia (recomendación clase IIa, nivel de evidencia B) (19).

El uso de antifibrinolíticos es controversial, dado que un estudio suizo encontró que su administración reducía en un 80% la mortalidad (21), pero una revisión de Cochrane no obtuvo ningún beneficio (22).

En caso de que ocurra un síndrome cerebral de pérdida de sal, el tratamiento sería con tres litros de solución salina al 0,9%, ya que retrasa la isquemia cerebral y hay un mejor resultado (23), sin embargo, una revisión de Cochrane concluyó que no existen tales beneficios (24).

Por otra parte, algunas guías recomiendan evitar la hipoglucemia (< 80 mg/dl) y mantener la glucosa en valores de 180–200 mg/dl (25). Tampoco hay un consenso acerca de cuándo transfundir sangre a un paciente con HSA, por lo que se recomienda que se mantenga la hemoglobina entre 8–10 g/dl (26).

Los pacientes con Glasgow < 8 tienen que ser intubados para controlar la ventilación pulmonar y evitar que hagan hipoxemia (20). Para tratar la presión intracraneal aumentada, la cabecera debe estar a 30°, y el uso de sedación, analgesia, normoventilación y drenaje del LCR se debe realizar con un drenaje ventricular externo, ya que este no aumenta el riesgo de resangrado (27).

El riesgo de presentarse resangrado posterior a la rotura de un aneurisma es del 4% en las primeras 24 horas y del 1,5% por cada día después. La mortalidad en los pacientes por resangrado es del 80%, donde generalmente su manejo es endovascular o quirúrgico, excepto en pacientes que tienen grado 4 y 5 en la escala de WFNS (World Federation of Neurosurgical Societies) (20).

Otra complicación posible es la convulsión. La fenitoína se usa en el periodo poshemorrágico o si el paciente tiene múltiples factores de riesgo para las convulsiones (hematoma intraparenquimatoso, edad > 65 años, aneurisma de la ACM (arteria cerebral media), craneotomía por clipaje del aneurisma), pero su uso es controversial, pues está asociada con un aumento del vasoespasma cerebral, infartos y empeoramiento del resultado cognitivo (28).

Se debe prevenir la aparición de tromboembolismo venoso, por lo que se da profilaxis con un heparinoide entre 12 y 24 horas después del tratamiento del aneurisma (29).

En un estudio del 2017, se usó la pitavastatina en pacientes con HSA, lo cual resultó en una disminución significativa en el vasoespasma cerebral confirmado por angiografía cerebral, pero no mejoró el pronóstico del paciente (30).

Finalmente, se estudió el uso del óxido nitroso posterior a un clipaje del aneurisma en un estudio del 2009 en el que no se encontró efecto positivo a largo plazo (31).

El score PHASES sirve como predictor de riesgo de ruptura para aneurismas intracraneales asintomáticos a cinco años, según las características del paciente y del aneurisma. Las probabilidades de que a los pacientes se les diagnostique una rotura de aneurisma o de que se les trate después de un descubrimiento incidental son bajas si la puntuación PHASES es < 4 o 3, respectivamente; por el contrario, las probabilidades son altas si la puntuación es > 4 (32). Este score sirve para orientar al médico tratante sobre si se debería operar o no, sin embargo, un estudio retrospectivo del 2020 considera que el score PHASES es una herramienta predictora débil (33).

Manejo endovascular

Técnicas constructivas (oclusión selectiva de un aneurisma con preservación de la arteria principal).

A principios del año 2000, la técnica endovascular del "coiling" se empezó a emplear más, esta se caracteriza por ingresar de forma endovascular un catéter a la arteria principal y depositar el "coil" dentro del saco aneurismal e inducir la formación de trombos y la consecuente oclusión del aneurisma (34) (figuras 1 y 2).

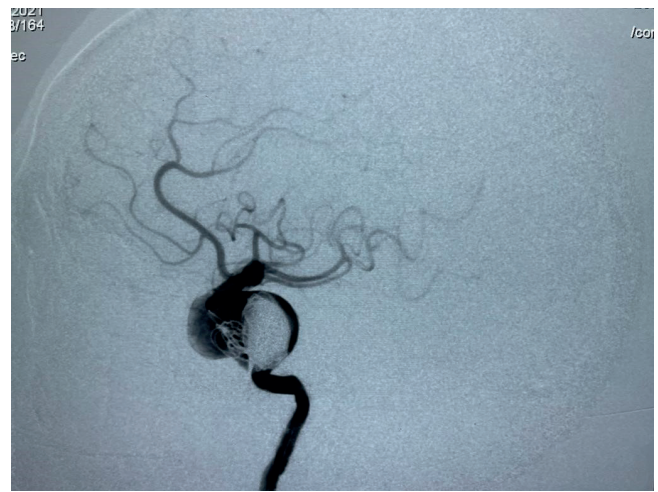


Figura 1. Angiografía cerebral, proyección lateral de la arteria carótida interna donde se observa un aneurisma cerebral gigante carotídeo

Fuente: elaboración propia, con autorización del paciente.

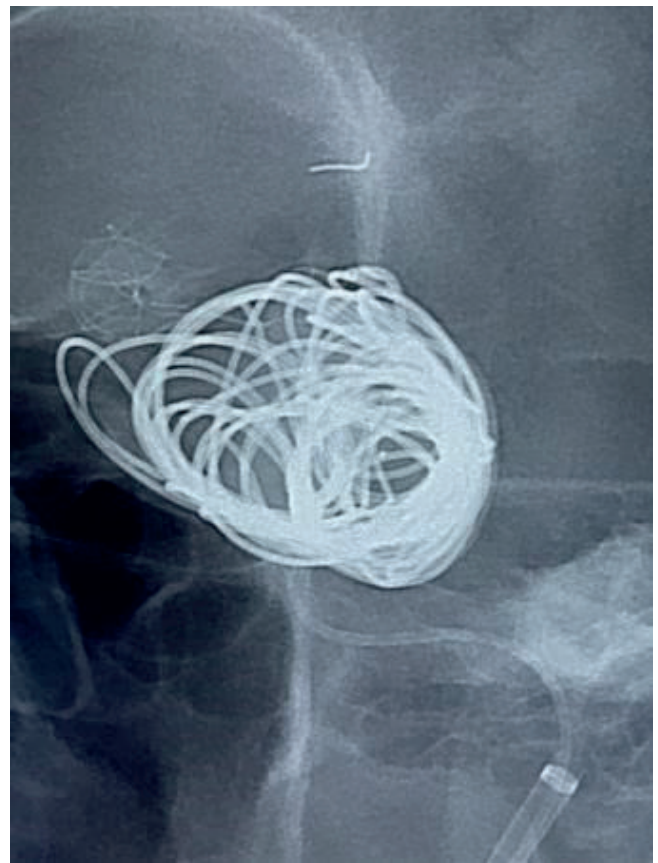


Figura 2. Embolización de aneurisma con coils

Fuente: elaboración propia, con autorización del paciente.

La durabilidad de las intervenciones endovasculares (coiling) versus el clampaje quirúrgico fue evaluada por el estudio ISAT, el cual encontró que a los 10 años de haber sido los pacientes sometidos a ambas intervenciones, el grupo de tratamiento endovascular tuvo más probabilidades de estar vivo y menos probabilidades de generar epilepsia, comparado con el grupo de clipaje neuroquirúrgico, aunque con un mayor riesgo de resangrado (35).

En 2007 aparecen los “stents”, dispositivos de malla trenzada que evolucionaron rápidamente desde la introducción de la tecnología flow diverter o desviadores de flujo. Se usan en aneurismas de largos diámetros (> 10 mm), cuellos anchos, pequeña relación domo-cuello y fusiformes (36).

El divisor de flujo (DF) con los dispositivos de malla trenzada se basa en colocar un dispositivo de malla con gran densidad en el vaso principal, lo que genera una desviación del flujo sanguíneo hacia afuera del lumen del aneurisma y así poder construir un esqueleto donde el endotelio puede crecer, generando neoendotelialización, así, el aneurisma se logra aislar de la circulación principal y se genera una trombosis gradual intra-aneurismal que eventualmente se transforma en una oclusión radiográfica (figuras 3, 4 y 5).

La neoendotelialización lleva a una mejor oclusión del aneurisma que la embolización por espiral (coil), dado que el uso de dispositivos de tipo DF permite que no se requiera un contacto directo con el saco aneurismal, lo que disminuye el riesgo de ruptura del aneurisma durante el procedimiento. En Estados Unidos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA según sus siglas en inglés) aprobó las técnicas “Pipeline” en 2011, “Surpass” en 2018 y “FRED” en 2019; donde las tres se emplean para los aneurismas intracraneales largos, gigantes o de cuello ancho, ubicados en la arteria carótida interna (37). El estudio SHIELD refiere que la técnica PED ofrece una menor morbilidad, menores complicaciones y una menor tasa de recurrencia de aneurismas (38); además, existen otras técnicas de DF como Silk, p64 Flow Modulation Device, Derivo Embolization Device y Tubridge (36).

Por otra parte, existen algunos tipos de aneurismas como aneurismas de cuello ancho y fusiformes que necesitan la unión de mallas trenzadas, balones y técnicas de enrollamiento (tratamiento mixto) para poder ser tratados (39).



Figura 3. Angiografía cerebral, fluoroscopia en la que se observa despliegue del DF en la arteria carótida interna

Fuente: elaboración propia, con autorización del paciente.



Figura 4. Fluoroscopia en la que se observa al DF desplegado en su totalidad

Fuente: elaboración propia, con autorización del paciente.

Anticoagulación y aneurismas rotos. Estudios que comparan la anticoagulación en ambas técnicas (DF + coiling vs. solo coiling) en aneurismas rotos muestran que todavía no existe un consenso definitivo en cuanto al tiempo de administración de anticoagulantes. Se antiagrega a los pacientes con 100–325 mg de aspirina y 75 mg de clopidogrel de tres a cinco días antes de la realización del procedimiento o el



Figura 5. Fluoroscopia en la que se observa al DF desplegado en su totalidad

Fuente: elaboración propia, con autorización del paciente.

mismo día se administra tirofiban. En estas condiciones, el paciente debe permanecer antiagregado durante 12–24 semanas después del tratamiento y debe consumir aspirina por un año o indefinidamente. En los aneurismas rotos, esta antiagregación puede conllevar a resangrados, ventriculostomía, hematoma intraparenquimatoso y alta probabilidad de procedimientos invasivos en el futuro (40).

Técnicas deconstructivas. La más empleada es la técnica de oclusión del vaso principal o PVO, la cual se usa cuando el área en el que se encuentra el aneurisma tiene suficiente circulación colateral: la arteria principal es ocluida quirúrgicamente o utilizando balones o coils, que generan la pérdida de flujo sanguíneo en la arteria y así se da la eliminación del aneurisma (41).

Manejo quirúrgico

En los aneurismas cerebrales no rotos se concluyó que el clipaje quirúrgico obtuvo tasas de retratamiento más bajas y una mayor incidencia de oclusión completa (42).

En el caso de los aneurismas rotos, una de las interrogantes principales es el tiempo adecuado para que el paciente se opere. En el año 2017, un estudio concluyó que la cirugía temprana fue superior a la

tardía, redujo el mal resultado y la tasa de mortalidad de los pacientes con buenas condiciones al ingreso, y disminuyó la incidencia de mal resultado de los pacientes con mal estado al ingreso (43).

En el año 2005, se realizó el estudio IHAST para evaluar la efectividad de la hipotermia intraoperatoria durante una craneotomía abierta, pero no se encontraron beneficios (44).

Los aneurismas cerebrales gigantes (> 25 mm) o supergigantes (> 50 mm) se pueden tratar con la microcirugía abierta, ya que esta permite una oclusión completa, pero tiene alta morbilidad (45). Otra técnica es la angiografía intraoperatoria con fluorescencia verde de indocianina, ya que esta técnica permite ubicar el flujo sanguíneo local y localizar así arterias pequeñas (46).

Los aneurismas residuales o recurrentes posteriores a la embolización (PERRA según sus siglas en inglés: post-embolization residual or recurrent aneurysms) son comunes en pacientes con aneurismas intracraneales tratados mediante embolización, y existen 3 tipos, los cuales tendrán su tratamiento quirúrgico específico según la distribución de los coils (47).

Asimismo, en casos en que el tratamiento endovascular falle, no se recomienda la cirugía por el riesgo de complicaciones, pero se puede usar un clipaje microquirúrgico inmediato si las arterias distales parecen claras, lo que ofrece la posibilidad de obtener un buen resultado (48).

Los aneurismas complejos miden < 13 mm, tienen una relación de cúpula/cuello > 1,5, ramas que se originan en el mismo aneurisma y paredes complicadas (fusiformes y disecantes), para estos casos, los bypass quirúrgicos son el método alternativo. Existen cuatro generaciones de bypass, para los cuales las técnicas más usadas son la anastomosis de lado a lado, la de reimplantación y la extra-intracraneal (49); por su parte, las reconstrucciones vasculares se dividen en bypass locales y bypass extra-intracraneales.

Manejo propuesto de aneurismas cerebrales en el futuro (2021–futuro)

Manejo médico

Los artículos son limitados, sin embargo, todavía se evalúa el riesgo y el beneficio de este manejo en los pacientes con aneurismas no rotos, aneurismas grandes e inaccesibles.

Manejo endovascular

La técnica de enrollamiento endovascular se ha convertido en el tratamiento de primera línea para los aneurismas intracraneales rotos y no rotos con fácil acceso, sin embargo, en aneurismas con cuello ancho y largo o fusiformes está asociada a una mayor incidencia de recanalización (mayor del 20% en 12 meses) y mayor incidencia de retratamiento (10%) (50).

La nueva técnica Woven EndoBridge (o WEB) se ha diseñado especialmente para los aneurismas con cuello grande en bifurcaciones y que son extremadamente complejos. El dispositivo WEB se caracteriza por ser un sistema de embolización expandible, hecho de una malla de nitinol trenzada que se despliega dentro del saco aneurismal a través de un microcatéter, del que se separa por medio de un sistema electrotérmico (51). Existen diferentes tipos de WEB y varían en la cantidad de cables de nitinol, en la forma, el diámetro y el largo.

Manejo quirúrgico

Los últimos estudios y ensayos clínicos están enfocados en el manejo endovascular de los aneurismas cerebrales, sin embargo, eso no significa que no se use la técnica quirúrgica.

Existen siete tipos de bypass: bypass extracraneal-intracraneal, bypass de interposición extracraneal-intracraneal, reimplante arterial, bypass in situ, reanastomosis, bypass de interposición intracraneal-intracraneal y bypass de combinación, que con la destreza manual, técnica y práctica de los neurocirujanos, se pueden desarrollar muchas más posibilidades de tratamiento neuroquirúrgico para aneurismas complicados (por ejemplo, para tratar un aneurisma basilar dolicoectásico) (52) e innovar, ya que no hay techo para las capacidades manuales del ser humano (53).

Las técnicas endovasculares suelen indicarse en personas con aneurismas rotos y no rotos con fácil acceso, por tanto, dos factores determinantes para el desarrollo de la cirugía son la ubicación y la complejidad anatómica del aneurisma (aneurismas fusiformes en bifurcaciones, aneurismas ubicados en ramas distales y lejanas a arterias principales); sin embargo, con la evolución de los dispositivos se va logrando tener una mejor llegada a los aneurismas con mayor complejidad (54).

Limitaciones del estudio

El presente estudio tiene algunas limitaciones, ya que solo se buscaron artículos en idiomas español e inglés y se usó una única base de datos para la búsqueda de artículos (PubMed). Aun así hay estudios que están siendo realizados y no tienen resultados publicados, por lo que esto limita la cantidad de artículos encontrados para la sección "Futuro".

Conclusión

El manejo de los aneurismas no rotos y rotos es muy amplio, existen métodos farmacológicos, de neurointervencionismo y neuroquirúrgicos para abordar de la mejor manera la patología de cada paciente de forma individualizada. Es importante recalcar que en la actualidad se usa el manejo combinado endovascular-quirúrgico para el tratamiento de aneurismas complejos.

Contribuciones de los autores. Rocío Nicole Campos Gamarra: conceptualización, curaduría de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, escritura del borrador original, revisión y edición del manuscrito; Mariana Gabriela Astudillo Palacios: conceptualización, curaduría de datos, investigación, metodología, recursos, software, escritura del borrador original, revisión y edición del manuscrito; Gonzalo Rojas Delgado: investigación, metodología, visualización, escritura del borrador original, revisión y edición del manuscrito; Jimmy Palacios García: investigación, metodología, visualización, escritura del borrador original, revisión y edición del manuscrito; Marla Gallo Guerrero: investigación, metodología, visualización, escritura del borrador original, revisión y edición del manuscrito.

Implicaciones éticas. No existen implicaciones éticas por declarar en la escritura o publicación de este artículo.

Financiación. Los autores no recibieron recurso para la escritura o publicación de este artículo.

Conflictos de interés. No existen conflictos de intereses de parte de los autores en la escritura o publicación de este artículo.

Referencias

1. Villa-Uriol MC, Larrabide I, Pozo JM, Kim M, Camara O, De Craene M, et al. Toward integrated management of cerebral aneurysms. *Phil Trans R Soc A*. 2010;368:2961–82. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0095>
2. Ferrari G. Cerebral aneurysm and complications: diagnosis and treatment. *Neuroradiol J*. 2002;15(5):501–6. <https://doi.org/10.1177/197140090201500503>
3. Wermer MJ, van der Schaaf IC, Algra A, Rinkel GJ. Risk of rupture of unruptured intracranial aneurysms in relation to patient and aneurysm characteristics: an updated meta-analysis. *Stroke*. 2007;38(4):1404–10. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000260955.51401.cd>
4. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Aneurismas cerebrales. Bethesda (MD): NIH; 2020 [citado 2023 dic. 6]. Disponible en: <https://catalog.ninds.nih.gov/sites/default/files/publications/aneurismas-cerebrales.pdf>
5. Zanaty M, Chalouhi N, Tjoumakaris SI, Rosenwasser RH, Jabbour PM. Endovascular Management of Cerebral Aneurysm. *Transl Stroke Res*. 2014;5:199–206. <https://doi.org/10.1007/s12975-013-0311-0>
6. Warschewske G, Benndorf G, Lehmann TH, Lanksch W. Spontaneous thrombosis of an intracranial giant aneurysm. *Interv Neuroradiol*. 1999;5(4): 327–32. <https://doi.org/10.1177/159101999900500410>
7. Vaquero Puerta C, San Norberto E, Brizuela JA, Revilla Á, Estévez I, Fuente R, et al. Apuntes de la historia del tratamiento de los aneurismas. *An Real Acad Med Cir Vall*. 2015;52:85–99.
8. Peña Quiñones G. Galeno de Pérgamo y las ciencias neurológicas. *Medicina*. 2007;29(1):34–9.
9. Radhakrishnan D, Menon D. Haemodynamic effects of intravenous nimodipine following aneurysmal subarachnoid haemorrhage: implications for monitoring. *Anaesthesia*. 1997;52(5):489–91. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1997.112-az0105.x>
10. Langelaar G, Leeuwenkamp O, Sterkman L, Torreman M, Hesselink J. The effect of nimodipine monotherapy and combined treatment with ketamine and lignocaine in aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *J Int Med Res*. 1996;24(5):425–32. <https://doi.org/10.1177/030006059602400504>
11. Serbinenko F. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg*. 1974;41(2):125–45. <https://doi.org/10.3171/jns.1974.41.2.0125>
12. Taylor W, Rodesch G. Recent Advances: Interventional neuroradiology. *BMJ*. 1995;311:789–92. <https://doi.org/10.1136/bmj.311.7008.789>
13. Dandy W. Intracranial aneurysm of the internal carotid artery cured by operation. *Ann Surg*. 1938;107(5):654–9. <https://doi.org/10.1097/00000658-193805000-00003>
14. Pool JL, Potts DG. Aneurysms and arteriovenous anomalies of the brain: diagnosis and treatment. Nueva York: Hoeber Medical Division, Harper & Row; 1965.
15. Aoki T, Nishimura M, Matsuoka T, Yamamoto K, Furuyashiki T, Kataoka H, et al. PGE2-EP2 signalling in endothelium is activated by haemodynamic stress and induces cerebral aneurysm through an amplifying loop via NF- κ B. *Brit J Pharmacol*. 2011;163(6):1237–49. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01358.x>
16. Hua Y, Xue J, Sun F, Zhu L, Xie M. Aspirin inhibits MMP-2 and MMP-9 expressions and activities through upregulation of PPAR α/γ and TIMP gene expressions in ox-LDL-stimulated macrophages derived from human monocytes. *Pharmacology*. 2009;83(1):18–25. <https://doi.org/10.1159/000166183>
17. Guo G, Ott CE, Grünhagen J, Muñoz-García B, Pletschacher A, Kallenbach K, et al. Indomethacin prevents the progression of thoracic aortic aneurysm in marfan syndrome mice. *Aorta*. 2013;1(1):5–12. <https://doi.org/10.12945/j.aorta.2013.13.007>
18. Mazumder M, Bhattacharya P, Borah A. Inhibition of matrix metalloproteinase-2 and 9 by Piroxicam confer neuroprotection in cerebral ischemia: An in silico evaluation of the hypothesis. *Med Hypotheses*. 2014;83(6):697–701. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2014.09.021>
19. Connolly E, Rabinstein A, Carhuapoma J, Derdeyn C, Dion J, Higashida R, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2012;43(6):1711–37. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3182587839>
20. Wilson S, Hirsch N, Appleby I. Management of subarachnoid haemorrhage in a non-neurosurgical centre. *Anaesthesia*. 2005;60(5):470–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2005.04152.x>
21. Hillman J, Fridriksson S, Nilsson O, Yu Z, Saveland H, Jakobsson KE. Immediate administration of tranexamic acid and reduced incidence of early rebleeding after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a prospective randomized study. *J Neurosurg*. 2002;97:771–8. <https://doi.org/10.3171/jns.2002.97.4.0771>
22. Baharoglu MI, Germans MR, Rinkel GJ, Algra A, Vermeulen M, van Gijn J, et al. Antifibrinolytic therapy for aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;8:CD001245. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001245.pub2>

23. Hasan D, Vermeulen M, Wijdicks EFM, Hijdra A, van Gijn J. Effect of fluid intake and antihypertensive treatment on cerebral ischaemia after subarachnoid haemorrhage. *Stroke* 1989;20:1511–5. <https://doi.org/10.1161/01.STR.20.11.1511>
24. Rinkel GJE, Feigin VL, Algra A, van Gijn J. Circulatory volume expansion for aneurysmal haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;2004(4):CD000483. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd000483.pub2>
25. Diringer MN, Bleck TP, Hemphill JC III, Menon D, Shutter L, Vespa P, et al. Critical care management of patients following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: recommendations from the Neurocritical Care Society's Multidisciplinary Consensus Conference. *Neurocrit Care.* 2011;15:211–40. <https://doi.org/10.1007/s12028-011-9605-9>
26. Ransom E, Mocco J, Komotar R, Sahni D, Chang J, Hahn D, et al. External ventricular drainage response in poor grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage: effect on preoperative grading and prognosis. *Neurocrit Care.* 2007;6(3):174–80. <https://doi.org/10.1007/s12028-007-0019-7>
27. Mayberg MR, Batjer HH, Dacey R, Diringer M, Haley EC, Heros RC, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. A statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Heart Association. *Stroke.* 1994;25:2315–28. <https://doi.org/10.1161/01.STR.25.11.2315>
28. Naidech AM, Kreiter KT, Janjua N, Ostapkovich N, Parra A, Commichau C, et al. Phenytoin exposure is associated with functional and cognitive disability after subarachnoid hemorrhage. *Stroke.* 2005 Mar;36(3):583–7. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000141936.36596.1e>
29. de Oliveira Manoel AL, Turkel-Parrella D, Duggal A, Murphy A, McCredie V, Marotta TR. Managing aneurysmal subarachnoid hemorrhage: It takes a team. *Cleveland Clin J Med.* 2015 mzo.;82(3):177–92. <https://doi.org/10.3949/ccjm.82a.14021>
30. Naraoka M, Matsuda N, Shimamura N, Asano K, Akasaka K, Takemura A, et al. Long-acting statin for aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2017;38(7):1190–8. <https://doi.org/10.1177/0271678X17724682>
31. Pasternak J, McGregor D, Lanier W, Schroeder D, Rusy D, Hindman B, et al. Effect of nitrous oxide use on long-term neurologic and neuropsychological outcome in patients who received temporary proximal artery occlusion during cerebral aneurysm clipping surgery. *Anesthesiology.* 2009;110(3):563–73. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318197ff81>
32. Bijlenga P, Gondar R, Schilling S, Morel S, Hirsch S, Cuony J, et al. Phases score for the management of intracranial aneurysm. *Stroke.* 2017;48(8):2105–12. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.017391>
33. Pagiola I, Mihalea C, Caroff J, Ikka L, Chalumeau V, Iacobucci M, et al. The phases score: To treat or not to treat? retrospective evaluation of the risk of rupture of intracranial aneurysms in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Neuroradiol.* 2020;47(5):349–52. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2019.06.003>
34. Lindgren A, Vergouwen MDI, van der Schaaf I, Algra A, Wermer M, Clarke MJ, et al. Endovascular coiling versus neurosurgical clipping for people with aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;8:CD003085. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003085.pub3>
35. Rice H, Martínez Galdámez M, Holtmannspötter M, Spelle L, Lagios K, Ruggiero M, et al. Periprocedural to 1-year safety and efficacy outcomes with the Pipeline Embolization Device with Shield technology for intracranial aneurysms: a prospective, post-market, multi-center study. *J NeuroIntervent Surg.* 2020;12:1107–12. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-015943>
36. Campos JK, Cheaney II B, Lien BV, Zarrin DA, Vo CD, Colby GP, et al. Advances in endovascular aneurysm management: flow modulation techniques with braided mesh devices. *Stroke Vasc Neurol.* 2020;5:e000347. <https://doi.org/10.1136/svn-2020-000347>
37. Meling TR, Sorteberg A, Bakke S, Slettebø H, Hernesniemi J, Sorteberg W. Blood-blister like aneurysms of the internal carotid artery trunk causing subarachnoid hemorrhage: treatment and outcome. *J Neurosurg.* 2008;108:662–71. <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/108/4/O662>
38. Molyneux A, Kerr R, Birks J, Ramzi N, Yarnold J, Sneade M, et al. Risk of recurrent subarachnoid haemorrhage, death, or dependence and standardised mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): long-term follow-up. *Lancet.* 2009;8:427–33. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70080-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70080-8)
39. Jeon P, Kim BM, Kim DI, Park SI, Kim KH, Kim DJ, et al. Reconstructive endovascular treatment of fusiform or ultrawide-neck circumferential aneurysms with multiple overlapping enterprise stents and coiling. *Am J Neuroradiol.* 2012;33(5):965–71. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2857>
40. Ryu CW, Park S, Shin HS, Koh JS. Complications in stent-assisted endovascular therapy of ruptured intracranial aneurysm and relevance to antiplatelet administration: a systematic review. *Am J Neuroradiol.* 2015;36(9):1682–88. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4365>
41. Gonzalez NR, Duckwiler G, Jahan R, Murayama Y, Viñuela F. Challenges in the endovascular treatment of giant intracranial aneurysms. *Neurosurgery.* 2006;59(5):S3–113–24. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000237559.93852.F1>
42. Kang X, Guo S, Lei Y, Wei W, Liu H, Huang L, et al. Endovascular coiling versus surgical clipping for the treatment of unruptured cerebral aneurysms. *Medicine.* 2020;99(13):e19654. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019654>

43. Yao Z, Hu X, Ma L, You C, He M. Timing of surgery for aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2017;48:266–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2017.11.033>
44. Todd M, Hindman B, Clarke W, Torner J. Mild Intraoperative Hypothermia during Surgery for Intracranial Aneurysm. *N Engl J Med*. 2005;352(2):135–45. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa040975>
45. Campos J, Ball B, Cheaney II B, Sweidan A, Hasjim B, Hsu F, et al. Multimodal management of giant cerebral aneurysms: review of literature and case presentation. *Stroke Vasc Neurol*. 2020;5(1):22–8. <https://doi.org/10.1136/svn-2019-000304>
46. Eliava SH, Shekhtman OD, Pilipenko YV, Okishev DN, Kheireddin AS, Kisar'ev SA, et al. Intraoperative indocyanine green fluorescence angiography in surgery of brain aneurysms. The first experience with using the technique and literature review. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2015;79(1):33–41. <https://doi.org/10.17116/neiro201579133-41>
47. Shi L, Yuan Y, Guo Y, Yu J. Intracranial post-embolization residual or recurrent aneurysms: Current management using surgical clipping. *Interv Neuroradiol*. 2016;22(4):413–9. <https://doi.org/10.1177/1591019916647193>
48. da Silva H, Messina-Lopez M, Sekhar L. Bypasses and Reconstruction for Complex Brain Aneurysms. *Methodist DeBakey Cardiovasc J*. 2014;10(4):224. <https://doi.org/10.14797/mdcj-10-4-224>
49. Ferns SP, Sprengers ME, van Rooij WJ, Rinkel GJ, van Rijn JC, Bipat S, et al. Coiling of intracranial aneurysms: a systematic review on initial occlusion and reopening and retreatments rates. *Stroke*. 2009;40:e523–9. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.553099>
50. Armoiry X, Turjman F, Hartmann D, Sivan-Hoffmann R, Riva R, Labeyrie P, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with the WEB device: a systematic review of clinical outcomes. *Am J Neuroradiol*. 2015;37(5):868–72. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4611>
51. Murias Quintana E, Gil García A, Vega Valdés P, Morales Deza E, Escudero Augusto D, Viña Soria L, et al. Tratamiento combinado, mediante embolización y cirugía, de los aneurismas cerebrales rotos con hematoma cerebral e hipertensión intracraneal: Análisis retrospectivo y revisión de la bibliografía. *Radiología*. 2019;61(1):42–50. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.09.003>
52. Lawton MT, Lang MJ. The future of open vascular neurosurgery: perspectives on cavernous malformations, AVMs, and bypasses for complex aneurysms. *J Neurosurg*. 2019;130(5):1409–25. <https://doi.org/10.3171/2019.1.JNS182156>
53. Lawton MT. Seven bypasses, tenets and techniques for revascularization. 1.a ed. Nueva York: Thieme; 2018. <https://doi.org/10.1055/b-0038-162202>
54. López Rojo S. Criterios de indicación de reparación quirúrgica abierta o endovascular en aneurismas de aorta abdominal infrarrenal [tesis de grado; digital]. [Valladolid]: Universidad de Valladolid; 2020. 24 p. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/41582/TFG-M-M1792.pdf?sequence=1>