

Diversores de flujo en hemodinamia: evaluación de efectividad y complicaciones en pacientes con aneurismas intracraneales en los servicios de hemodinamia (2016-2022)

Christian Camilo Gutiérrez González

Alejandra Gallego León

Vanesa Isaza Marulanda

Directora:

Catalina María Cortés Arroyave

Codirector:

John Alexander Calderón Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias en Salud ECISA

Tecnología En Radiología e Imágenes Diagnósticas

2025

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por concedernos la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para transitar este camino. A Él confiamos cada paso que hemos dado y le encomendamos cada uno de los frutos que hoy recogemos. Gracias por guiarnos y sostenernos, por hacernos comprender que los sueños con propósito, disciplina y fe se alcanzan.

A nuestras familias, infinitas gracias por ser el pilar que nunca se tambalea. A nuestros padres, que con amor, sacrificio y entrega sembraron en nosotros la semilla de la responsabilidad, la constancia y el valor del conocimiento. Gracias por sus palabras de ánimo, por sus oraciones, por su paciencia y por su presencia silenciosa y poderosa incluso cuando las fuerzas parecían menguar. A nuestros hermanos, abuelos, tíos y a cada miembro de nuestras familias que celebraron nuestras victorias y nos impulsaron a seguir. Este logro también es suyo, porque detrás de cada avance hubo una mano familiar que nos sostuvo.

Gracias a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por abrirnos las puertas a una formación integral que va más allá del aula. Esta institución ha sido el espacio donde hemos crecido no solo como profesionales, sino como personas conscientes, críticas y humanas. A sus directivos, al personal académico y administrativo, gracias por su labor incansable.

A nuestros docentes y tutores, en especial a nuestros directores de proyecto de grado John Alexander Calderón Restrepo y Catalina María Cortés Arroyave, el apoyo incondicional de ustedes fue el bastión en momentos de flaqueza, muchas gracias. Así mismo, queremos expresar nuestro más sincero y profundo agradecimiento a todos los docentes que nos acompañaron a lo largo de este proceso de formación. Cada uno, desde su experiencia, vocación y compromiso, dejó una huella imborrable en nuestro camino académico y personal. Gracias por compartir con nosotros no solo su conocimiento técnico y científico, sino también su pasión por la profesión, su sentido ético y su respeto por la vida.

A nuestros compañeros, gracias por ser aliados, motivación y apoyo mutuo durante estos años de formación. Cada clase compartida, cada guardia, cada trabajo en grupo y cada conversación en pasillos fue parte de este proceso que hoy culmina. La amistad, el compañerismo y la solidaridad que encontramos en ustedes nos demuestran que crecer juntos es mucho más valioso que competir.

A nuestros amigos, esos seres que, sin compartir las aulas y clases, estuvieron presentes con una palabra de aliento, con una risa en medio del estrés, con compañía en los momentos más duros y con abrazos en las metas alcanzadas. Gracias por su paciencia cuando nuestras agendas no coincidían, por comprender nuestras ausencias y por hacernos sentir siempre acompañados, incluso en la distancia.

Por último, pero no menos importante, gracias para nosotros mismos, gracias por no rendirnos. Por levantarnos cuando caímos. Por estudiar cuando el cuerpo pedía descanso. Por confiar en nuestras capacidades incluso cuando el camino se volvió incierto. Hoy nos agradecemos por la disciplina, por la entrega, por la pasión con la que abrazamos esta vocación. Este logro es la suma de muchos días de esfuerzo, de noches en vela, de aprendizajes, errores y superaciones. Nos miramos con orgullo y con humildad, sabiendo que esto es solo el inicio de una vida dedicada al servicio, a la ciencia y a la dignidad humana.

Resumen

Este proyecto aplicado tiene como objetivo evaluar la efectividad de los stents diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, mediante un meta-análisis de estudios clínicos desarrollados en diferentes servicios de hemodinamia a nivel nacional e internacional. Los aneurismas intracraneales, rotos o no, representan un riesgo significativo de hemorragias cerebrales y déficits neurológicos permanentes, por lo que el seguimiento postoperatorio resulta crucial para optimizar los resultados clínicos y prevenir complicaciones. La investigación integra técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen, como panangiografía cerebral, angiografía por resonancia magnética (ARM), angiografía por tomografía computarizada (Angio-TC) y resonancia magnética 4D, para evaluar el flujo sanguíneo y la eficacia de los dispositivos terapéuticos (coils, stents y diversores de flujo). Estas herramientas facilitan un seguimiento no invasivo del estado del aneurisma y de la permeabilidad de los dispositivos, minimizando riesgos postoperatorios. Asimismo, se resalta la importancia del monitoreo clínico continuo durante y después del procedimiento, a través del análisis de parámetros vitales y pruebas de imagen periódicas, lo que permite detectar complicaciones tempranas y ajustar el tratamiento oportunamente. Los diversores de flujo han revolucionado el manejo de aneurismas intracraneales complejos, especialmente los de cuello ancho o localización distal, al redirigir el flujo sanguíneo y promover la trombosis del saco aneurismático preservando ramas adyacentes. Entre sus beneficios destacan la reducción del riesgo de ruptura, menor necesidad de procedimientos múltiples, menor tasa de recanalización y mejores resultados clínicos a largo plazo. Al ser una técnica mínimamente invasiva, favorece la recuperación rápida y reduce la estancia hospitalaria, impactando de manera positiva en la calidad de vida del paciente. Sin embargo, complicaciones cerebrovasculares como edema, hemorragias o trombosis pueden

presentarse, acentuadas por factores de riesgo como hipertensión, diabetes y tabaquismo. De allí la relevancia del control de comorbilidades, terapias de rehabilitación y seguimiento ambulatorio regular para prevenir recaídas y mejorar la evolución clínica. Con los avances en neurorradiología intervencionista, estas técnicas mínimamente invasivas han transformado el manejo de los aneurismas intracraneales; este proyecto busca aportar a la consolidación del conocimiento científico, promoviendo un enfoque integral que combine tratamiento efectivo y seguimiento clínico a partir de la evidencia disponible.

Palabras Clave: Hemodinamia; enfermedad cerebrovascular; diversores de flujo; angiografía cerebral; aneurismas cerebrales; tratamiento endovascular.

Abstract

This applied project aims to evaluate the effectiveness of flow-diverter stents in the treatment of intracranial aneurysms through a meta-analysis of clinical studies conducted in various hemodynamics services at national and international levels. Intracranial aneurysms, whether ruptured or unruptured, represent a significant risk of cerebral hemorrhage and permanent neurological deficits; therefore, postoperative follow-up is crucial to optimize clinical outcomes and prevent complications. The research incorporates advanced imaging techniques, such as cerebral panangiography, magnetic resonance angiography (MRA), computed tomography angiography (CTA), and 4D magnetic resonance imaging, to assess cerebral blood flow and the efficacy of therapeutic devices (coils, stents, and flow diverters). These tools enable noninvasive monitoring of aneurysm status and stent patency while minimizing postoperative risks. Likewise, the study highlights the importance of continuous clinical monitoring during and after the procedure through vital signs analysis and periodic imaging tests, allowing early detection of complications and timely therapeutic adjustments. Flow diverters have revolutionized the management of complex intracranial aneurysms, especially wide-neck or distal ones, by redirecting blood flow and promoting aneurysmal sac thrombosis while preserving adjacent perforating arteries. Among their benefits are reduced rupture risk, fewer reinterventions, lower recurrence rates, and improved long-term outcomes. Being a minimally invasive technique, they also enable faster recovery and shorter hospital stays, which positively impacts patient quality of life. However, cerebrovascular complications such as cerebral edema, hemorrhage, or thrombosis may occur, often worsened by comorbidities like hypertension, diabetes, and smoking. Therefore, controlling these risk factors, implementing rehabilitation therapies, and ensuring regular outpatient follow-up are essential for favorable functional recovery. With the continuous

advances in interventional neuroradiology, minimally invasive techniques have significantly improved the management of intracranial aneurysms. This project seeks to contribute to consolidating knowledge in this field, promoting an integrated approach that combines effective treatment and clinical follow-up based on the best available scientific evidence.

Keywords: Hemodynamics; cerebrovascular disease; flow diverters; cerebral angiography; cerebral aneurysms; endovascular treatment.

Tabla de Contenido

Introducción	14
Planteamiento del Problema	16
Justificación	21
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Marco Conceptual y Teórico	24
Aneurismas Intracraneales	24
Definición y Relevancia de los Aneurismas Intracraneales	24
Aneurismas Intracraneales: Clasificación y Presentación Clínica	25
Tipos de Aneurismas Cerebrales	25
Síntomas	28
Incidencia y Factores de Riesgo	28
Diversores de Flujo en el Tratamiento de Aneurismas Intracraneales	28
Definición y Principios de Acción	28
Ventajas y Aplicaciones Clínicas	29
Limitaciones y Complicaciones	31
Epidemiología	32
Tratamiento Endovascular de Aneurismas Intracraneales: Avances y Beneficios	33
Abordaje En Procedimientos Intervencionistas	34
Abordaje Radial	35
Abordaje Femoral	36
Elección en Procedimientos Intervencionistas	37
Tipos de Diversores de Flujo	39
Pipeline Embolization Device (PED)	39
Silk Flow Diverter	40
FRED (Flow Re-Direction Endoluminal Device)	40
Surpass Streamline	41
Evaluación y Seguimiento Postoperatorio	43
Métodos de Diagnóstico	43
Seguimiento Postoperatorio	43
Modalidades Radiológicas	44

Historia de los rayos x	44
Rayos X en Colombia.	45
Rayos X en Medellín.	46
Generalidades de los Rayos X.	47
Tomografía computarizada.....	48
Generaciones de los tomógrafos.	49
Tomografía Computarizada en Colombia.....	51
Tomografía Computarizada en Medellín.	52
Generalidades de la Tomografía Computarizada.....	53
Resonancia Magnética.....	54
Resonancia Magnética en Colombia.....	55
Resonancia Magnética en Medellín.	55
Generalidades de la Resonancia Magnética.....	56
Historia de la hemodinamia.....	57
Línea de Tiempo de Hemodinamia e Intervencionismo.	58
Angiógrafo.....	59
Tipos de Angiógrafos.....	60
Partes del Angiógrafo.	66
Fluoroscopia	68
¿Qué es la Fluoroscopia?.	68
Aplicaciones de la Fluoroscopia.	69
Ventajas de la Fluoroscopia.	69
Desventajas de la Fluoroscopia.....	70
Fundamentos Conceptuales Clave	70
Metodología	72
Enfoque de la Investigación	72
Fuente de Datos.....	72
Población Muestra.....	73
Criterios de Inclusión.....	73
Criterios de Exclusión	73
Instrumentos de Medición.....	74
Instrumentos de Medición Cuantitativo	74

Variables Medidas	74
Resultados	76
Género de los Pacientes.....	76
Edad Promedio y Rango.....	77
Localización de los Aneurismas.....	78
Tamaño de los Aneurismas	80
Diversores de Flujo Utilizados.....	81
Eficacia del Tratamiento	85
Distribución Geográfica de Estudios en Aneurisma Cerebral, Tratados con el Dispositivo	90
Discusión.....	93
Consideraciones Éticas	96
Conclusiones	97
Recomendaciones	99
Referencias Bibliográficas	101
Apéndice	112

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Aneurisma Sacular</i>	26
Figura 2 <i>Aneurisma Fusiforme</i>	27
Figura 3 <i>Aneurisma Disecante</i>	27
Figura 4 <i>Mecanismo de Acción de los dispositivos Diversores de Flujo</i>	31
Figura 5 <i>Stent Diversor de Flujo Pipeline</i>	39
Figura 6 <i>Stent Diversor de Flujo Silk</i>	40
Figura 7 <i>Stent Diversor de Flujo FRED</i>	41
Figura 8 <i>Stent Diversor de Flujo Surpass</i>	42
Figura 9 <i>Inicios de los Rayos x</i>	48
Figura 10 <i>Inicios de la Tomografía</i>	54
Figura 11 <i>Inicios de la Resonancia Magnética</i>	57
Figura 12 <i>Equipo de Angiografía</i>	60
Figura 13 <i>Angiógrafo Digital</i>	62
Figura 14 <i>Angiografía Coronaria por TC</i>	63
Figura 15 <i>Angiografía por RM</i>	65
Figura 16 <i>Partes del Angiógrafo</i>	66
Figura 17 <i>Género de los pacientes</i>	76
Figura 18 <i>Edad Promedio</i>	77
Figura 19 <i>Localización de los Aneurismas</i>	79
Figura 20 <i>Tamaño de los Aneurismas</i>	80
Figura 21 <i>Dispositivos Utilizados</i>	82
Figura 22 <i>Distribución Geográfica de Estudio</i>	90

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Tabla Comparativa Sitios de Punción</i>	38
Tabla 2 <i>Generaciones del Tomógrafo</i>	50
Tabla 3 <i>Complicaciones Reportadas</i>	83
Tabla 4 <i>Abordaje para Tratamiento Endovascular</i>	87
Tabla 5 <i>Modalidades Radiológicas Usadas por Estudio</i>	88

Lista de Apéndices

Apéndice A Resultado Consolidado	112
---	-----

Introducción

Los aneurismas intracraneales (AI) representan un desafío clínico de grandes proporciones, no solo por su alta prevalencia en la población general, sino también por el riesgo potencial de ruptura y las graves consecuencias neurológicas que conllevan.

Diversos estudios han estimado que los aneurismas intracraneales afectan entre el 2 % y el 5 % de la población general, con una mortalidad cercana al 40 % tras la ruptura y graves secuelas neurológicas en los sobrevivientes.

La detección rápida y el tratamiento eficaz son, por tanto, bases fundamentales para reducir tanto la carga individual como el impacto sanitario de esta enfermedad. En las últimas décadas, el tratamiento por medio del abordaje endovascular ha desplazado progresivamente a la cirugía abierta gracias a su menor invasividad y a la posibilidad de tratar aneurismas de localizaciones difíciles o en pacientes con comorbilidades elevadas.

Dentro de las técnicas endovasculares, la embolización con microcoils surgió como el estándar de referencia, mostrando buenos resultados en aneurismas con cuello estrecho. Sin embargo, en aquellos con cuello ancho, formas fusiformes o con alta relación diámetro–cuello, los coils presentaron limitaciones: recurrencia del flujo, incompleta oclusión y riesgo de compactación precoz de los espirales.

Para enfrentar estos retos, se desarrollaron los divisores de flujo (DF). Estos stents de alta densidad metálica que, colocados en el vaso parental, alteran la hemodinámica, reduciendo la entrada de sangre al saco aneurismático y facilitando la trombosis progresiva, mientras permiten el paso de ramas perforantes y la reconstrucción de la pared vascular.

Pese a que la evidencia inicial proveniente de series de casos y estudios prospectivos de mediano tamaño mostró tasas de oclusión definitiva superiores al 80 % y un perfil de seguridad

razonable, la heterogeneidad en los diseños de los dispositivos, en las técnicas quirúrgicas (pre- y postratamiento antiplaquetario, técnicas de navegación) y en los criterios de seguimiento ha generado variaciones importantes en los resultados publicados. Aspectos como la incidencia de complicaciones graves (trombosis in-stent tardía, hemorragias retrógradas, isquemia difusa), el tiempo hasta la oclusión completa y la durabilidad del tratamiento requieren, por tanto, un análisis más integrado que permita extraer conclusiones sólidas y guiar la práctica clínica de forma basada en la evidencia.

Este estudio realiza un meta-análisis retrospectivo y cuantitativo de seis publicaciones clave sobre la utilización de diversores de flujo en hemodinamia para el tratamiento de aneurismas intracraneales. Mediante una búsqueda sistemática en bases de datos internacionales, criterios de inclusión y exclusión estandarizados y la aplicación de modelos de efectos aleatorios, se estimarán de manera conjunta la eficacia en términos de tasa de oclusión a medio plazo y la frecuencia acumulada de complicaciones mayores y menores. Con ello, pretendemos ofrecer una visión integral que no solo cuantifique el beneficio y riesgo de estos dispositivos, sino que también identifique factores predictivos de éxito y áreas donde se requieren futuras investigaciones. Así, esperamos contribuir a optimizar la toma de decisiones terapéuticas y a establecer pautas más claras para el seguimiento y manejo de pacientes portadores de aneurismas intracraneales tratados con diversores de flujo.

Planteamiento del Problema

“Los aneurismas se definen como una dilatación persistente y localizada de la pared vascular; en el caso de los aneurismas intracraneales, son lesiones localizadas más frecuentemente en la bifurcación de las grandes arterias cerebrales de la base del cráneo” (Hijas et al., 2021, p.13).

Estos aneurismas, que representan una dilatación anómala de las arterias cerebrales, pueden tener consecuencias devastadoras si se presentan complicaciones como la ruptura, ya que esta provoca hemorragias cerebrales graves con alta mortalidad y secuelas neurológicas permanentes.

Los aneurismas intracraneales constituyen alteraciones en los vasos sanguíneos del cerebro, con una prevalencia global estimada entre el 2 y el 3%, y representan la causa más frecuente de hemorragia subaracnoidea de origen no traumático (Saavedra et al., 2019).

Cuando se produce la ruptura de un aneurisma intracraneal, el resultado puede ser fatal o provocar un daño neurológico irreversible para la persona. Entre estos daños se incluyen la hemiplejía, que provoca parálisis total o parcial de un lado del cuerpo; la hemiparesia, que causa debilidad de un lado del cuerpo; la afasia, que afecta la capacidad para hablar o comprender el lenguaje; trastornos de la memoria; deterioro cognitivo; hemorragia subaracnoidea (HSA), que es una hemorragia en el espacio entre el cerebro y las membranas que lo rodean; y vasoespasmos cerebrales, que son estrechamientos de los vasos sanguíneos que pueden generar isquemia cerebral.

En este contexto, el tratamiento endovascular ha sobresalido como una opción menos invasiva y eficaz para el manejo de aneurismas intracraneales, especialmente en aquellos de

difícil acceso, como los grandes (15 a 25 mm), gigantes (> 25mm), de cuello ancho, estrecho y fusiformes.

El tratamiento endovascular consiste en el uso de técnicas mínimamente invasivas para reparar o sellar un aneurisma desde el interior de los vasos sanguíneos, generalmente mediante la inserción de un catéter a través de una arteria en la ingle (acceso femoral) que se guía hasta el aneurisma. En este proceso, se colocan dispositivos como coils (espirales de metal) o stents (estructuras que mantienen el vaso sanguíneo abierto), lo que permite cerrar el aneurisma y prevenir su ruptura futura sin la necesidad de realizar una cirugía abierta.

El uso de stents divisores de flujo se presenta como una promesa para tratar aneurismas intracraneales, proporcionando un enfoque más dirigido y menos traumático para los pacientes. Un divisor de flujo es un dispositivo de malla metálica, generalmente hecho de materiales como nítinol (una aleación de níquel y titanio), que se coloca dentro de una arteria para redirigir el flujo sanguíneo.

Actualmente, se comercializan distintos tipos de stents divisores de flujo, entre ellos, los Pipeline, siendo este el más usado alrededor del mundo; FRED y SILK, aprobados por la Food and Drug Administration (FDA) en 2011 (Saavedra et al., 2019).

La FDA es la entidad encargada de garantizar que los alimentos, medicamentos, instrumentos médicos y productos para los consumidores sean seguros. No obstante, a pesar de su efectividad de curación superior al 95% a 5 años, persisten dudas sobre los riesgos y las complicaciones asociadas con su uso, al ser un sistema que busca restablecer el flujo sanguíneo y la estabilidad del paciente.

Sin duda el uso de stents diversores de flujo es una excelente alternativa para el tratamiento de aneurismas incidentales, con importantes ventajas de costo-efectividad, como la reducción de tiempos quirúrgicos, estancia hospitalaria y recuperación (Saavedra et al., 2019).

Existen, como en todo procedimiento médico, riesgos, entre estos puede presentar la turbulencia, un fenómeno hemodinámico que ocurre cuando el flujo sanguíneo deja de ser laminar y se vuelve desorganizado, generando remolinos y cambios abruptos en la velocidad y presión dentro del vaso sanguíneo. Esta alteración puede favorecer la disrupción de los eritrocitos y la activación plaquetaria, aumentando el riesgo de hemólisis, destrucción o desintegración de los glóbulos rojos de la sangre; trombosis, formación de coágulos de sangre dentro o alrededor del dispositivo; ruptura de vasos sanguíneos; infecciones; e isquemia cerebral, que ocurre cuando se disminuye o corta el flujo sanguíneo.

Los diversos riesgos que se puedan presentar con el uso de los DF, buscan ser minimizados con el uso de materiales biocompatibles de elementos como cromo-cobalto y platino (Saavedra et al., 2019).

En este sentido “el procedimiento endovascular mediante los DF ha sido reconocido por su capacidad para reducir la posibilidad de ruptura en aneurismas de difícil tratamiento. Este método tiene una alta eficacia y cuenta con aceptables tasas de morbilidad y mortalidad” (Vásquez et al., 2018).

Según lo reportado por Hijas et al. (2021), “estudios previos sobre la eficacia y efectividad arrojan como principal resultado la oclusión completa o significativa ($\geq 50\%$) del aneurisma tratado con stents diversores de flujo como el Pipeline™ y Pipeline™ Flex” (p. 25).

Según lo señalado por Hijas et al. (2021):

Los primeros resultados de efectividad sobre el uso de diversores de flujo en aneurismas grandes y gigantes del estudio PUF5 evidenciaron una tasa de oclusión del aneurisma del 73,8% a los 6 meses, del 86,8% a los 12 meses, del 92,1% a los 36 meses, y del 95,2% a los 5 años tras el procedimiento. A partir de ahí, el uso de diversores de flujo Pipeline™ y Pipeline™ Flex como alternativa de tratamiento endovascular frente al uso de coils asistidos se generalizó (p. 25).

Según Almeida et al. (2021), el uso de diversores de flujo en aneurismas de arterias pequeñas y de la circulación posterior plantea retos significativos, ya que solo un pequeño porcentaje se localiza allí y pueden aparecer complicaciones isquémicas posteriores.

Las complicaciones asociadas a los diversores de flujo no se limitan a cuestiones técnicas del dispositivo, sino también incluyen factores relacionados con la condición de cada paciente, como su estado neurológico previo, comorbilidades y respuesta a la antiagregación. La identificación de estos factores de riesgo es esencial para mejorar los resultados del tratamiento.

Por tanto, se hace necesario realizar un metaanálisis que recopile, compare y analice de forma sistemática la evidencia científica publicada sobre el uso de stents diversores de flujo en aneurismas intracraneales. Este estudio busca consolidar los beneficios clínicos asociados a su utilización, identificando patrones comunes en cuanto a su efectividad, tasas de oclusión y manejo de complicaciones, con base en resultados clínicos documentados en diversos servicios de hemodinamia a nivel internacional.

A medida que avanzan las técnicas de medicina endovascular y los equipos de imagen, es crucial seguir investigando la efectividad de los stents diversores de flujo, especialmente en aneurismas de anatomía compleja. Evaluar rigurosamente su eficacia y las complicaciones asociadas es esencial para mejorar los protocolos de tratamiento y adaptarlos a las necesidades de cada paciente.

Aunque existen múltiples estudios sobre el uso de diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, la evidencia se encuentra dispersa en diversos contextos clínicos, dispositivos y poblaciones, lo que hace pertinente realizar una revisión sistemática que consolide sus beneficios clínicos y analice los factores que influyen en su efectividad y seguridad. A partir de esta necesidad, surge la siguiente pregunta problémica:

¿Cuáles son los principales beneficios clínicos del uso de diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, según la evidencia científica publicada entre 2016 y 2022, y qué factores influyen en su efectividad y seguridad en diversos contextos clínicos?

Justificación

El presente proyecto de grado tiene como objetivo evaluar la efectividad de los stents diversores de flujo y las complicaciones asociadas a pacientes con aneurismas intracraneales, mediante un análisis por medio de metaanálisis.

Actualmente, los estudios en este ámbito se centran en profundizar en los parámetros hemodinámicos relacionados con la ruptura de aneurismas intracraneales, con el propósito de prevenir complicaciones transquirúrgicas que representan un riesgo considerable para los pacientes (Pérez et al., 2018).

Diversas pruebas de imagen, cada una con procedimientos específicos, son cruciales para este diagnóstico. En hemodinamia, se utiliza la panangiografía cerebral, por medio de angiografía con sustracción digital, la cual es considerada el estándar de oro, ya que permite visualizar en tiempo real las arterias cerebrales antes y después de la colocación de dispositivos, evaluando el flujo sanguíneo y confirmando la oclusión del aneurisma tratado.

Por otro lado, la Resonancia Magnética (RM) emplea técnicas avanzadas como la Angiografía por Resonancia Magnética (ARM) o el análisis RM 4D, que permiten observar cambios en el flujo cerebral sin necesidad de medios de contraste, normalmente colocados por vía endovenosa, siendo fundamentales para el seguimiento a largo plazo. En la Tomografía Computarizada (TC), la Angiografía por Tomografía Computarizada (Angio-TC) ofrece una evaluación no invasiva de la permeabilidad del dispositivo, la exclusión del aneurisma y la detección de complicaciones como trombosis o hemorragias (con ciertas limitantes por artefacto del destello del haz de rayos X, dificultando un poco su interpretación), gracias a su alta resolución. De forma menos frecuente, se utilizan estudios de Doppler transcraneal, una técnica ultrasonográfica no invasiva que mide la velocidad del flujo sanguíneo en las arterias cerebrales,

permitiendo detectar trombosis o vasoespasmos.

“El tratamiento de los AI, tanto rotos como no rotos, incluye opciones quirúrgicas (clips vasculares) y técnicas de manejo endovascular (coils, stent, DF), cuyo conocimiento es esencial para elegir técnicas de imagen adecuadas para el seguimiento no invasivo” (Zerega Ruíz et al., 2018).

La evaluación clínica del paciente, que incluye la monitorización de los signos vitales y la identificación de síntomas neurológicos, es fundamental para determinar la viabilidad de los procedimientos, Además, la monitorización postoperatoria es clave, ya que permite observar la evolución del paciente en tiempo real, mediante imágenes como angiografía con sustracción digital, angiografía por resonancia magnética (ARM) y Angio-TC, junto con otros procedimientos de diagnóstico.

Este proyecto se justifica en la necesidad de avanzar en el conocimiento y manejo de los aneurismas intracraneales, empleando tecnologías de diagnóstico de vanguardia. En los servicios de hemodinamia a nivel nacional e internacional, se realizan procedimientos tanto de diagnóstico como intervencionistas que son cruciales para la evaluación precisa del sistema neurocardiovascular y la prevención de complicaciones graves. Los avances en la neurorradiología intervencionista han permitido una asistencia más eficiente a pacientes con eventos neurovasculares agudos, mediante técnicas mínimamente invasivas, lo que resalta la importancia de este estudio.

Aunque los resultados obtenidos hasta el momento han sido favorables para los pacientes, persisten dudas sobre su efectividad y seguridad a largo plazo, lo que refuerza la necesidad de generar nueva evidencia que optimice los protocolos clínicos (Galdames et al., 2015).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la efectividad y las complicaciones asociadas con el uso de stents diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, a través de un meta-análisis de estudios clínicos publicados entre 2016 y 2022, realizados en diversos servicios de hemodinamia a nivel nacional e internacional.

Objetivos Específicos

Estimar la efectividad y las complicaciones asociadas al uso de stents diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, mediante un meta-análisis de estudios clínicos previos que empleen diversos métodos de diagnóstico y tratamiento en servicios de hemodinamia.

Categorizar las complicaciones más frecuentes relacionadas con el uso de stents diversores de flujo en aneurismas intracraneales, según su gravedad, tipo de diagnóstico e intervención, a través de un análisis exhaustivo de los datos obtenidos en los estudios analizados.

Determinar la efectividad de los stents diversores de flujo en la reducción de eventos adversos en pacientes con aneurismas intracraneales, durante y después de la intervención, a través del análisis de los resultados y factores de riesgo reportados en la literatura científica revisada.

Marco Conceptual y Teórico

Aneurismas Intracraneales

Definición y Relevancia de los Aneurismas Intracraneales

Los aneurismas cerebrales constituyen la tercera causa de muerte en los países industrializados, luego de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Cruz et al., 2020). Estas patologías engloban un grupo heterogéneo de trastornos que afectan la circulación cerebral, incluyendo hemorragias, accidentes cerebrovasculares isquémicos (ACV) y malformaciones vasculares.

Las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de muerte a nivel mundial, con alrededor de 19,8 millones de defunciones en 2022, lo que equivale aproximadamente al 32 % de todas las muertes globales (World Health Organization, 2024).

Los aneurismas intracraneales representan un problema crítico dentro de las ECV debido a su potencial de ruptura, siendo la causa más frecuente de hemorragia subaracnoidea. Esta condición puede derivar en un alto grado de morbilidad y mortalidad.

La hemorragia subaracnoidea espontánea suele originarse por la ruptura de un aneurisma cerebral, aunque también puede deberse a malformaciones vasculares, tumores, trastornos de la pared arterial o alteraciones en la coagulación (Lagares et al., 2020).

La ruptura de un aneurisma intracraneal puede ocasionar daño cerebral irreversible, discapacidad severa e incluso la muerte. Además, las secuelas neurológicas a largo plazo incluyen déficits cognitivos y motores, lo que impacta significativamente la calidad de vida de los pacientes.

Aneurismas Intracraneales: Clasificación y Presentación Clínica

Los aneurismas intracraneales se clasifican según diversos criterios, incluyendo el tamaño, la forma y la localización anatómica. Los aneurismas saculares, que presentan una morfología en forma de saco, son los más comunes y se encuentran predominantemente en la circulación anterior, que incluye las arterias carótidas internas y el polígono de Willis, encargadas de irrigar los hemisferios cerebrales.

En contraste con los saculares, los aneurismas fusiformes, comprometen arterias de mayor calibre y presentan un cuello difuso, lo que dificulta su abordaje terapéutico. Pueden clasificarse en pequeños (< 11 mm), grandes (11-25 mm) y gigantes (> 25 mm) (Campos et al., 2024).

El manejo temprano y adecuado de los aneurismas intracraneales es fundamental para reducir el riesgo de ruptura y mejorar la tasa de supervivencia. En el caso de los aneurismas rotos, la determinación del momento idóneo para la intervención quirúrgica sigue siendo un desafío clínico.

Campos et al. (2024) señalaron que un estudio de 2017 evidenció cómo la cirugía temprana reduce de manera significativa la mortalidad y complicaciones en pacientes con buen estado inicial, además de favorecer la evolución clínica en aquellos con condiciones comprometidas.

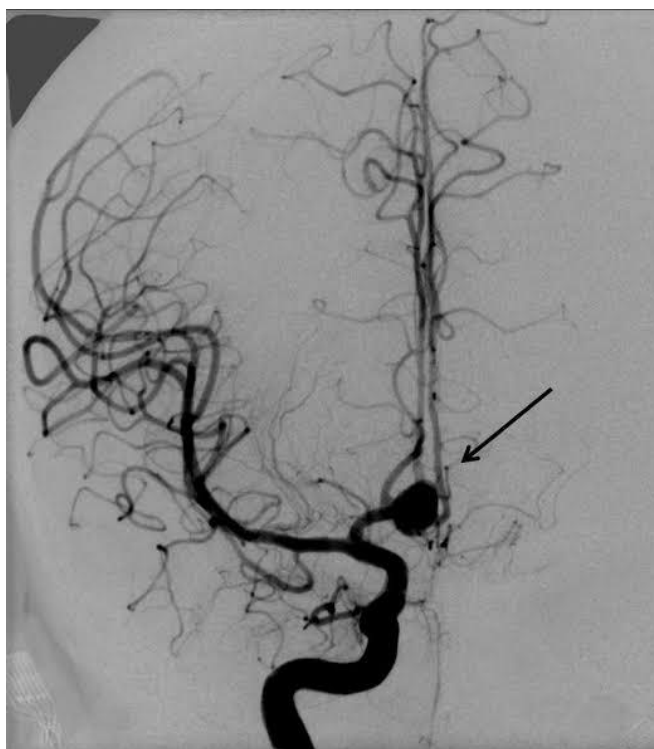
Tipos de Aneurismas Cerebrales

Los aneurismas se clasifican morfológicamente en tres tipos principales. Campos et al. (2024) afirman que "los aneurismas saculares son los más comunes y se caracterizan por unirse a la arteria principal o a una de sus ramas" (p. 2).

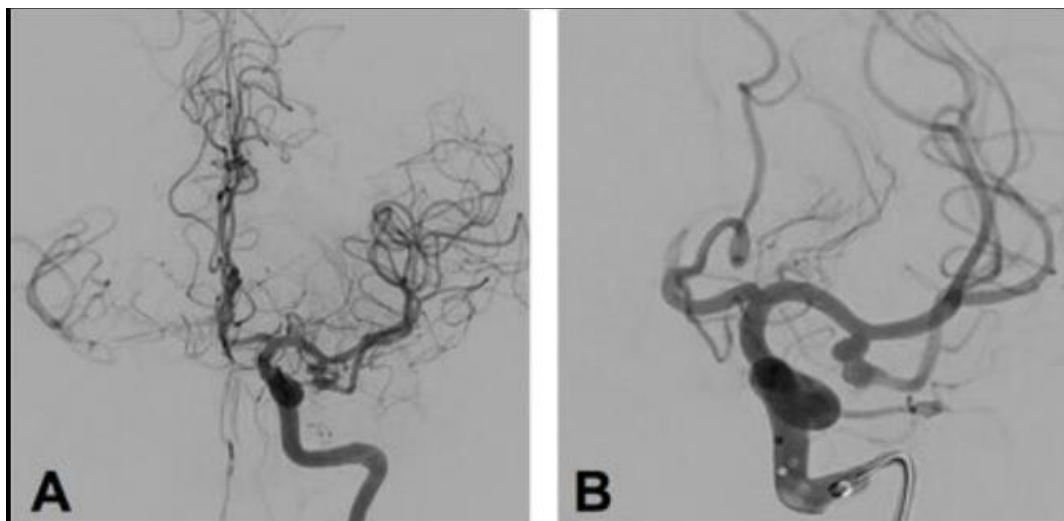
El aneurisma fusiforme afecta una porción más extensa de la arteria con dilatación uniforme, y suele encontrarse en vasos como la arteria basilar, estando relacionado con procesos degenerativos. Finalmente, el aneurisma disecante ocurre por una lesión en la capa íntima del vaso, permitiendo el paso de sangre entre capas arteriales, y puede deberse a traumatismos o enfermedades del tejido conectivo como el síndrome de Marfan o Ehlers-Danlos.

Figura 1

Aneurisma Sacular

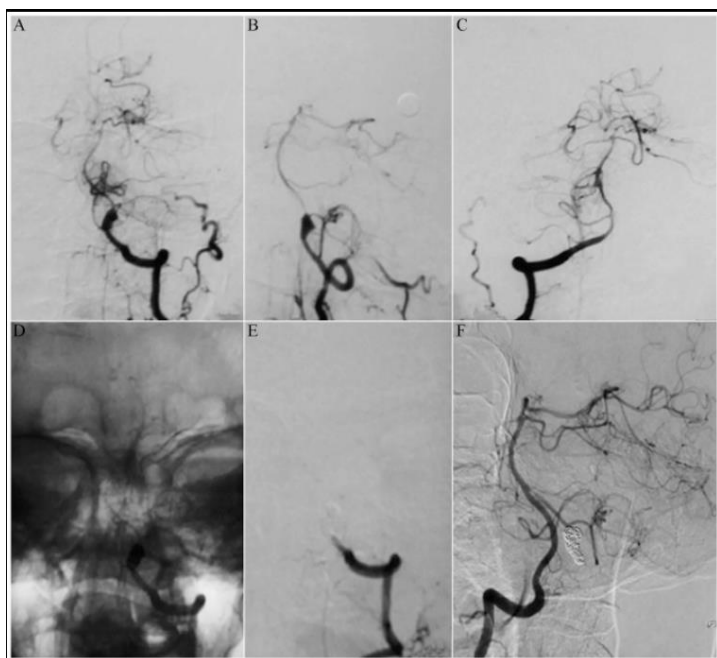


Nota. Aneurisma cerebral por angiografía. Tomado de: Endovascular.es. (2025). Sacado de Endovascular.es. http://www.endovascular.es/enfe_aneurisma_cerebral.php

Figura 2*Aneurisma Fusiforme*

Nota. Aneurisma fusiforme por medio de angiografía. Tomado de: RECIMUNDO. (2025).

Recimundo.com. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/370/574>

Figura 3*Aneurisma Disecante*

Nota. Aneurisma disecante de la arteria basilar. Tomado de: Nader, R. P. (et.al,2018). Acta

Neurológica Colombiana, 34(3), 199–203. <https://doi.org/10.22379/24224022213>

Síntomas

La sintomatología depende del estado del aneurisma. Los aneurismas no rotos suelen ser asintomáticos, aunque pueden producir síntomas compresivos como cefalea localizada, visión borrosa, dolor retro ocular o parálisis de nervios craneales si afectan estructuras adyacentes.

Según la Mayo Clinic (2025), el signo más característico de la ruptura de un aneurisma es un dolor de cabeza súbito e intenso, considerado el peor experimentado por el paciente. También pueden aparecer náuseas, vómitos, rigidez cervical, alteraciones visuales, fotofobia, convulsiones, confusión y pérdida de la conciencia.

Incidencia y Factores de Riesgo

La incidencia global de aneurismas cerebrales no rotos se estima entre el 2% y 5% de la población general. La mayoría no llega a romperse, pero el riesgo de ruptura aumenta con el tamaño, localización, comorbilidades del paciente y otros factores:

La edad de presentación se da entre los 40 y 60 años.

Mayor prevalencia en género femenino mujeres.

Factores de riesgo como hipertensión arterial, tabaquismo, consumo excesivo de alcohol, antecedentes familiares, enfermedad renal poliquística y trastornos del tejido conectivo (síndrome de Marfan, Ehlers-Danlos) son los más relevantes.

Diversores de Flujo en el Tratamiento de Aneurismas Intracraneales

Definición y Principios de Acción

Los stents diversos de flujo son dispositivos endovasculares innovadores diseñados para el tratamiento de aneurismas intracraneales complejos, especialmente aquellos con cuellos amplios o aneurismas fusiformes. Estos últimos se caracterizan por una dilatación alargada y sin un cuello definido, que compromete segmentos extensos de la arteria y suele afectar vasos de mayor calibre.

Callejas (2021) señala que "aunque constituye una excelente alternativa terapéutica, esta técnica puede presentar complicaciones isquémicas y hemorrágicas graves, con secuelas neurológicas permanentes y un rendimiento en eficacia y seguridad que ha mostrado resultados variables en la literatura" (p. 9).

El mecanismo de acción de los DF se basa en la modificación del flujo sanguíneo dentro de las arterias cerebrales afectadas, disminuyendo la entrada de sangre al saco aneurismático y favoreciendo su anatomía normal.

Al colocarse en la arteria afectada, el DF desvía el flujo sanguíneo fuera del aneurisma, disminuye la presión intralesional y favorece la trombosis, mientras asegura la perfusión de la arteria principal y sus ramas, preservando la circulación cerebral normal (Hijas et al., 2021).

Un DF de es un stent de malla metálica trenzada implantado dentro del vaso portador del aneurisma. Su estructura de alta densidad metálica y baja porosidad desvía el flujo de sangre fuera del aneurisma, reduciendo significativamente la circulación dentro del saco aneurismático y el crecimiento de una nueva capa en la pared del vaso sobre el stent, lo que ayuda a recuperar su función normal y a cerrar el aneurisma de manera definitiva.

Los stents se fabrican con diversos materiales, principalmente acero inoxidable y aleaciones de cobalto-cromo, aunque también se emplean otros como platino, tantalio y niobio, siendo estos los más utilizados en la práctica clínica (Oliver et al., 2022).

Ventajas y Aplicaciones Clínicas

El uso de diversores de flujo ha revolucionado el tratamiento de los aneurismas intracraneales debido a múltiples beneficios, entre los que se destacan:

La terapia endovascular mediante DF ofrece a los pacientes una opción menos invasiva que la cirugía convencional, reduciendo los tiempos de hospitalización y recuperación, al tiempo

que incrementa la seguridad y eficacia en el tratamiento de aneurismas cerebrales (Saavedra et al., 2019).

Mejores resultados clínicos en comparación con la cirugía tradicional, pues reduce el riesgo de complicaciones, con una mortalidad estimada entre el 1 % - 2 %, y una tasa de oclusión de la aneurisma cercana al 90 % (Callejas, 2021).

Una de sus principales ventajas es la eficacia demostrada en aneurismas de difícil acceso, ya que los divisores de flujo resultan especialmente útiles en zonas de abordaje quirúrgico limitado, consolidándose como una alternativa eficaz para el tratamiento de aneurismas intracraneales.

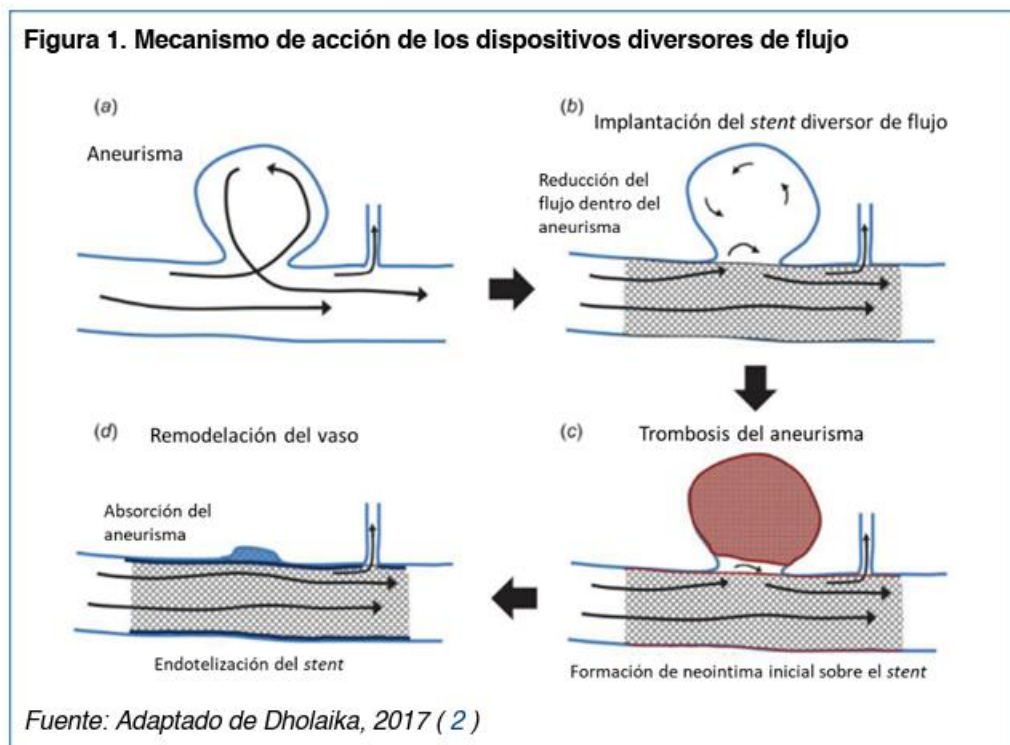
"El uso de DF es una excelente alternativa para el tratamiento de AI incidentales, con ventajas de costo-efectividad, reduciendo tiempos quirúrgicos, estancia hospitalaria y recuperación. Presenta un porcentaje de curación superior al 95 % a 5 años" (Saavedra et al., 2019, p. 7).

Hijas et al. (2021) destacan que los divisores de flujo minimizan complicaciones intraoperatorias al evitar la manipulación directa del aneurisma, disminuyendo el riesgo de ruptura y aumentando la seguridad del procedimiento, especialmente en casos con morfología compleja o localización difícil.

Además, al preservar la estructura del vaso parental, es decir, la arteria principal de la cual emerge el aneurisma, y facilitar su remodelación, los divisores de flujo ofrecen una opción terapéutica menos invasiva con mejores perspectivas de recuperación a largo plazo.

Figura 4

Mecanismo de Acción de los Dispositivos Diversores de Flujo



Nota. Acción terapéutica de los stents diversores de flujo. Tomado de: ISCIII. (2021).

MINISTERIO DE SANIDAD. <https://repisalud.isciii.es/rest/api/core/bitstreams/ee74dbff-3cd6-4def-baca-2eefc2267690/content>

Limitaciones y Complicaciones

A pesar de su efectividad, los stents diversores de flujo no están exentos de riesgos.

Según Tejada et al. (2015), entre las complicaciones más frecuentes se encuentran:

Hemorragia intracerebral que puede relacionarse con cambios bruscos en la dinámica del flujo sanguíneo, es decir, con variaciones en la velocidad, dirección y presión con que la sangre circula a través de los vasos, tras la colocación del dispositivo o con la trombosis aguda del aneurisma, que corresponde a la formación súbita de un coágulo en su interior y que puede desencadenar una respuesta inflamatoria en su pared.

Trombosis del stent que puede comprometer la circulación cerebral en áreas adyacentes, representando un riesgo significativo de isquemia.

Isquemia cerebral debido a alteraciones en el flujo sanguíneo en arterias colaterales, que son vasos sanguíneos secundarios capaces de suplir la irrigación en caso de obstrucción parcial o total de una arteria principal cercana al aneurisma.

Recanalización del aneurisma, aunque el procedimiento busca la oclusión definitiva, aún no tiene claramente establecido cuántos dispositivos son necesarios para inducir la trombosis de manera óptima ni la seguridad de la técnica a largo plazo.

Epidemiología

En 2017, en la Unión Europea se notificaron 1,12 millones de nuevos casos de accidente cerebrovascular, con 9,53 millones de sobrevivientes, 0,46 millones de muertes y 7,06 millones de años de vida ajustados por discapacidad perdidos (Wafa et al., 2020).

En Colombia, el accidente cerebrovascular constituye la segunda causa de mortalidad, con una tasa de 32,45 muertes por cada 100.000 habitantes en 2023, son 16.946 fallecimientos, de los cuales 48 % correspondieron a hombres y 52 % a mujeres (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024).

En cuanto a los aneurismas intracraneales, su prevalencia varía entre el 0,5 % y el 9 %, siendo más frecuentes en personas de 40 a 60 años, especialmente en mujeres. Entre los principales factores de riesgo se incluyen la hipertensión arterial, el tabaquismo, el consumo excesivo de alcohol, la hipercolesterolemia, que es el aumento anormal de los niveles de colesterol en sangre, el uso de anticonceptivos hormonales combinados y antecedentes de infecciones en la pared arterial.

Asimismo, ciertas condiciones genéticas, como la poliquistosis renal autosómica dominante, una enfermedad hereditaria caracterizada por la formación de múltiples quistes en los riñones que puede afectar otros órganos, y el aneurisma intracraneal familiar, predisponen a su aparición.

Campos et al. (2024) señalan que los aneurismas grandes o situados en regiones de alto flujo sanguíneo tienen mayor probabilidad de ruptura, originando hemorragia subaracnoidea con hasta 50 % de mortalidad temprana, lo que resalta la necesidad de diagnóstico y tratamiento oportunos.

Tratamiento Endovascular de Aneurismas Intracraneales: Avances y Beneficios

En las últimas décadas, el manejo de los aneurismas intracraneales ha evolucionado hacia procedimientos endovasculares mínimamente invasivos, transformando el enfoque terapéutico. Comparado con las técnicas quirúrgicas tradicionales, este tipo de tratamiento ha demostrado ser más efectivo, ya que no solo reduce significativamente el riesgo de complicaciones inmediatas, sino que también disminuye el riesgo de muerte y discapacidad a largo plazo, mejorando la calidad de vida y acelerando la recuperación de los pacientes.

El tratamiento endovascular para los aneurismas intracraneales comenzó a implementarse en la década de 1990 y ha ganado popularidad con el tiempo, siendo actualmente más frecuente que la cirugía convencional, como el clipaje del cuello aneurismático, un procedimiento quirúrgico que consiste en la colocación de un clip metálico en la base del aneurisma para aislarlo del flujo sanguíneo y prevenir su ruptura.

Diversos estudios señalan que desde la década de 1990 el tratamiento endovascular para AI se ha ido convirtiendo progresivamente en la opción preferente frente al clipaje quirúrgico, gracias a los avances en dispositivos como el coils y los DF.

Los stents DF han emergido como una alternativa innovadora para el tratamiento de aneurismas cerebrales complejos. Con los avances en técnicas y conocimientos procedimentales, se ha logrado mejorar significativamente los resultados clínicos en pacientes con aneurismas carotídeos complejos, aneurismas tipo blíster, que son lesiones pequeñas y frágiles con una pared extremadamente delgada y propensas a la ruptura, pseudoaneurismas , que resultan de un daño en la pared arterial sin la formación de una bolsa verdadera, siendo más inestables y de mayor riesgo, y aneurismas disecantes , que ocurren cuando una lesión en la capa. interna de la arteria permite que la sangre se infiltre en la pared, creando una luz falsa.

Estudios demuestran que el stent DF es un tratamiento viable, eficiente y seguro, que aporta una nueva alternativa para aneurismas complejos; sin embargo, se requieren más investigaciones a largo plazo para establecer conclusiones definitivas (Banguero, 2014).

Los beneficios del tratamiento endovascular incluyen una menor tasa de complicaciones en comparación con la cirugía abierta, una reducción en el tiempo de hospitalización y una recuperación más rápida. Además, este enfoque permite una mayor precisión, ya que los procedimientos se guían mediante imágenes de alta resolución, asegurando la correcta colocación de los dispositivos dentro del aneurisma.

Abordaje en Procedimientos Intervencionistas

En el contexto de los procedimientos intervencionistas, el acceso vascular constituye y representa el inicio fundamental y frecuentemente, el factor determinante del éxito y la seguridad de la intervención. Este consiste en la punción controlada de una arteria o vena para introducir catéteres y dispositivos guiados por imágenes, permitiendo tanto maniobras diagnósticas como terapéuticas sin necesidad de cirugía abierta.

Existen dos vías de acceso predominantes: el radial, en la muñeca, y el femoral, en la ingle. Cada una aporta ventajas y retos propios: el abordaje radial se ha erigido como estándar en cardiología intervencionista por su menor riesgo de hemorragia y rápida recuperación, mientras que el femoral mantiene un papel insustituible en procedimientos que requieren introductores de gran calibre (como el TAVI y otras técnicas estructurales). Entender sus características, indicaciones y potenciales complicaciones es fundamental para optimizar la elección de la vía más adecuada según las necesidades clínicas y técnicas de cada paciente.

Abordaje Radial

El abordaje radial en neuroprocedimientos ofrece ventajas como menor riesgo de complicaciones del sitio de acceso, mayor comodidad para los pacientes y mejores tiempos de recuperación, aunque tiene limitaciones anatómicas (Satti & Vance, 2020).

Su implementación ha ido en aumento por la seguridad y comodidad que ofrece frente al acceso femoral, otorgando diversas ventajas:

Menor riesgo de complicaciones en el punto de acceso, incluyendo sangrado mayor.

Mayor comodidad para el paciente, ya que disminuye la incomodidad post-procedimiento y es preferencia reportada por los pacientes.

Disminuye los tiempos de recuperación posterior a la punción (Satti & Vance, 2020).

Así mismo, se deben tener presente algunas limitaciones que presenta el abordaje radial en su uso:

Este abordaje presenta desafíos como el espasmo u oclusión de la arteria radial.

Limitaciones relacionadas con el diámetro de las guías a introducir y variantes anatómicas que compliquen su trayecto.

Aún se datan de dispositivos no diseñados para acceso radial en neurointervención; muchas guías, catéteres, sheaths fueron hechos inicialmente pensando en acceso femoral (Satti & Vance, 2020).

Abordaje Femoral

El acceso femoral, estándar desde 1967 en cateterismos y esencial en intervencionismo estructural (TAVI, cierre de ductus, reparaciones septales), ha evolucionado hacia la punción ecoguiada.

El abordaje femoral consiste en la punción de la arteria femoral común para introducir catéteres y dispositivos durante procedimientos neuroendovasculares. Históricamente ha sido considerado el acceso estándar en estas intervenciones (Joshi et al., 2023).

Este acceso ofrece un trayecto arterial amplio y directo hacia la aorta y los grandes vasos cerebrales, lo que facilita el uso de dispositivos de mayor calibre y brinda estabilidad para intervenciones complejas (Joshi et al., 2023).

Entre sus beneficios se incluyen la posibilidad de usar introductores y catéteres de gran tamaño, estabilidad en el manejo de dispositivos y una larga trayectoria de experiencia clínica, lo que lo mantiene como un abordaje confiable y ampliamente practicado (Joshi et al., 2023).

Las complicaciones en el sitio de acceso oscilan entre un 2-6 %, e incluyen hematomas, pseudoaneurismas y sangrados mayores. Además, el reposo prolongado posterior al procedimiento puede generar incomodidad en el paciente y retrasar su recuperación (Joshi et al., 2023).

Entre sus limitaciones más frecuentes encontramos:

Sangrado mayor (2,6 % vs. 1,0 %), riesgo de hemorragia retroperitoneal (1–2,2 %) y hematomas (hasta 12,5 %).

Reposo prolongado tras cierre manual o mecánico.

Requiere dispositivos de cierre percutáneo (Perclose Proglide, Prostar XL, Manta) para reducir complicaciones (Joshi et al., 2023).

Elección en Procedimientos Intervencionistas

El tipo de intervención el radial se utiliza principalmente en cateterismos diagnósticos e intervencionistas; el femoral se prefiere en procedimientos estructurales (ej. TAVI) o cuando se requieren introductores de gran calibre.

El riesgo de sangrado es otro aspecto determinante. En pacientes con alto riesgo hemorrágico, el abordaje radial se considera más seguro por su menor tasa de complicaciones en el sitio de punción. Por el contrario, el acceso femoral resulta necesario cuando se utilizan introductores superiores a 7–8 Fr.

La recuperación del paciente también influye en la elección. Con el acceso radial la movilización es más temprana, lo que aporta comodidad y reduce tiempos de hospitalización. En cambio, el abordaje femoral implica reposo prolongado tras el procedimiento, lo que puede generar incomodidad.

Además, la disponibilidad de ecografía y la experiencia del operador condicionan la seguridad y el éxito del procedimiento. Factores anatómicos, como tortuosidad vascular o un diámetro radial reducido, también pueden limitar el acceso radial. Finalmente, la preferencia del paciente juega un papel importante, ya que la literatura reporta mayor satisfacción con el abordaje radial frente al femoral.

Tabla 1*Tabla Comparativa Sitios de Punción*

Aspecto	Radial	Femoral
Uso esencial en intervencionismo	Procedimientos coronarios diagnósticos e intervencionistas	Procedimientos estructurales (TAVI, cierre de ductus, reparaciones septales)
Citorreductores mayores (MACE)	-0,9 %	Base de comparación
Sangrado mayor	-1,6 %	2,6 %
Fallas del procedimiento	7,3 % (espasmo/calibre)	2,4 %
Complicaciones menores	Hematomas y trombosis arterial (5 %)	Hematomas (2,2–12,5 %), pseudoaneurisma (2–6 %)
Calibre de introductor	Hasta 7–8 Fr	Hasta 24 Fr
Movilización postprocedimiento	Inmediata	Retirada tras horas de reposo
Curva de aprendizaje	Moderada (manejo de espasmo)	Baja con ecoguiado
Costos aproximados (COP)	Arteriografía: 1 384 945 ACTP: 8 037 743	Arteriografía: 1 474 543 ACTP: 8 319 178
Requisitos técnicos	Técnica de Seldinger y posible uso de ultrasonido	Ecografía obligatoria para precisión; dispositivos de cierre percutáneo necesarios
Ventaja diferencial	Menor estancia, confort, ahorro en complicaciones graves	Acceso a introductores de gran calibre y control de dispositivos complejos

Nota. Esta tabla muestra un comparativo sobre los diferentes sitios de punción en procedimientos endovasculares. Tomado de: Revista Colombiana de Cardiología, 25(5), 297–304.

<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2018.03.007>

Tipos de Diversores de Flujo

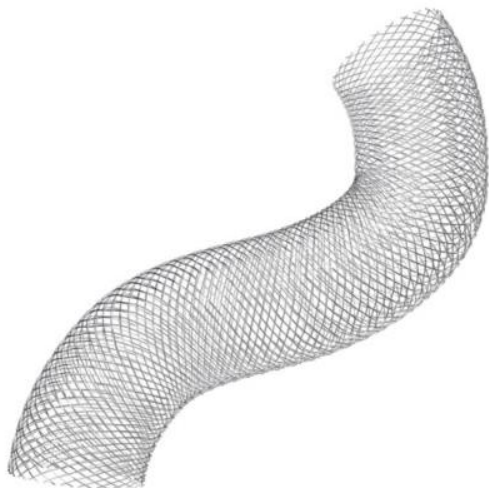
Existen múltiples modelos en el mercado, diferenciados por sus materiales, diseño y aplicaciones clínicas.

Pipeline Embolization Device (PED)

Es el más utilizado a nivel mundial y fue el primer Stent Diversor de Flujo aprobado por la Food and Drug Administration (FDA). Contiene 48 hilos de aleación cobalto-cromo con filamentos de platino-tungsteno, una cobertura metálica de 30-35% y se implanta mediante microcatéter de 0.027". Su versión avanzada, Pipeline Flex Shield, incorpora un recubrimiento de fosforilcolina que reduce el riesgo de trombosis.

Figura 5

Stent Diversor de Flujo Pipeline



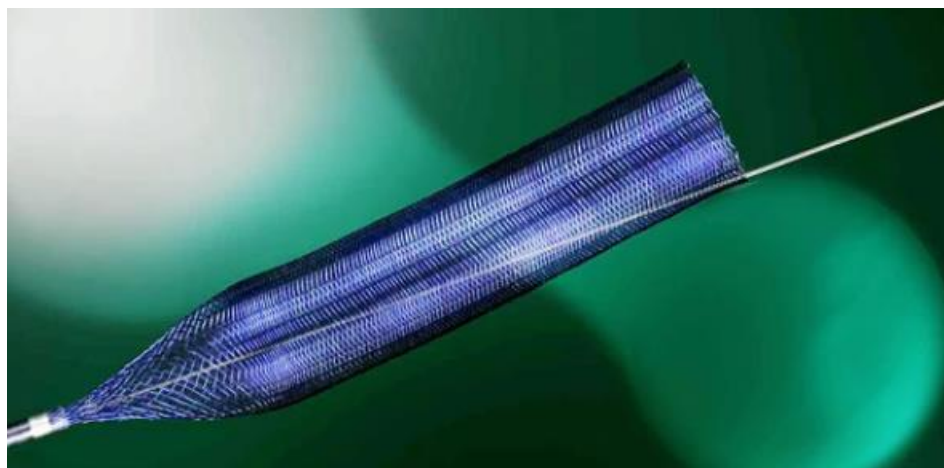
Nota. Stent diversor de flujo pipeline. Tomado de: Pipeline™ Flex with Shield Technology™. (2021). Medtronic.com. <https://www.medtronic.com/en-us/healthcare-professionals/products/neurological/neurovascular/aneurysm-flow-diverters/pipeline-flex-with-shield-technology.html>

Silk Flow Diverter

Dispositivo europeo aprobado en 2008, compuesto por 48 hilos de nitinol y platino. Presenta una mayor cobertura metálica (35-55%) y una estructura más flexible. Su versión miniatura, Silk Vista Baby, ha sido diseñada específicamente para vasos de pequeño calibre.

Figura 6

Stent Divisor de Flujo Silk

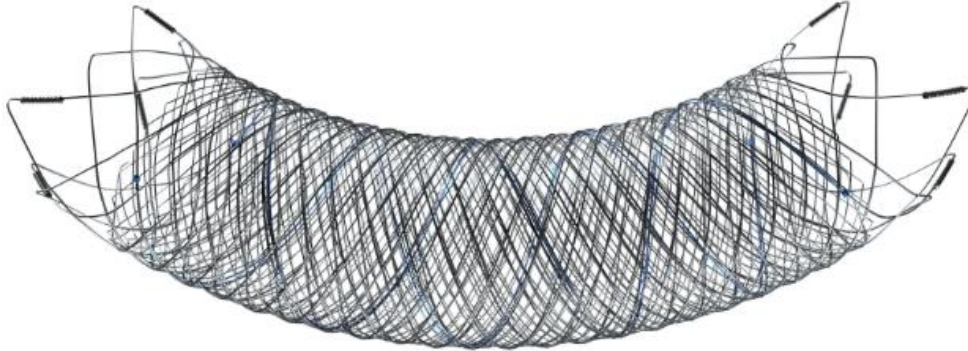


Nota. Stent divisor de flujo silk. Tomado de: Debene S.A.(2021). Debene.com.

https://www.debene.com/empresa/articulos/articulo__2021_04_09__balt__silk_vista.html

FRED (Flow Re-Direction Endoluminal Device)

Cuenta con una innovadora estructura de doble capa: una interna densa que actúa como flow diverter y una externa que proporciona soporte mecánico. Este diseño mejora la estabilidad y disminuye la necesidad de telescopaje (uso de múltiples dispositivos en línea)

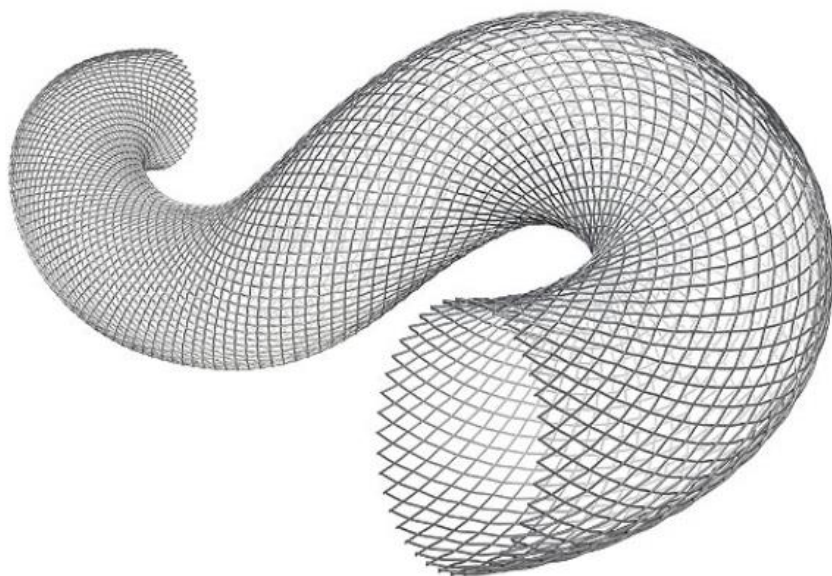
Figura 7*Stent Diversor de Flujo FRED*

Nota. Stent Diversor de Flujo FRED. Tomado de: IMP. (2024). Interventional Medical Products.

<https://impcolombia.com/producto/re-direccionador-de-flujo-endoluminal-fred/>

Surpass Streamline

Integra entre 48 y 96 hilos metálicos con una densidad uniforme a lo largo de su longitud, lo cual permite mantener un flujo laminar constante y simplifica el procedimiento de implantación.

Figura 8*Stent Diversor de Flujo Surpass*

Nota. Stent Diversor de Surpass Tomado de: Streamline. (2025). Stryker.com.

<https://www.stryker.com/ar/en/neurovascular/products/surpass-streamline-flow-diverter.html>

Para aneurismas ubicados en vasos de pequeño calibre (2-3 mm) o en bifurcaciones arteriales, existen versiones especializadas como Pipeline Vantage, Silk Vista Baby y FRED Jr, con menor perfil, mayor flexibilidad y mejor adaptabilidad a la tortuosidad de la anatomía cerebral distal.

El Pipeline Embolization Device es el diversor de flujo más utilizado a nivel mundial, considerado el estándar de oro por su eficacia y la robusta evidencia clínica que respalda su uso, junto a FRED y Surpass, ampliamente adoptados (Dandapat et al., 2021).

En Europa y Latinoamérica también se emplean dispositivos como Silk y Silk+, que han mostrado resultados prometedores en centros experimentados, mientras que opciones como p64 y Tubridge emergen progresivamente en la práctica neurointervencionista global (Dandapat et al., 2021)

Evaluación y Seguimiento Postoperatorio

Métodos de Diagnóstico

El diagnóstico temprano y el seguimiento postoperatorio de los aneurismas intracraneales dependen en gran medida de las tecnologías de imagen. La angiografía cerebral por sustracción digital (DSA) sigue siendo el estándar de oro, ya que proporciona imágenes detalladas de las arterias cerebrales, permitiendo la identificación precisa de los aneurismas, su tamaño y localización.

La resonancia magnética (RM) y la angiografía por RM son útiles para evaluar la anatomía del cerebro y las arterias sin la necesidad de medios de contraste yodados, lo que reduce el riesgo de complicaciones en pacientes con insuficiencia renal. Por otro lado, la tomografía computarizada (TC), especialmente la angiografía por TC, es una herramienta esencial en la evaluación rápida de casos de urgencia, como la rotura de un aneurisma, donde la rapidez en la intervención es crucial para salvar la vida del paciente.

Seguimiento Postoperatorio

El seguimiento de los pacientes tratados con diferentes técnicas debe incluir una evaluación periódica mediante angiografía o resonancia magnética. Además, es fundamental monitorear a los pacientes para detectar signos de complicaciones tardías, como el síndrome isquémico o el desarrollo de nuevos aneurismas. Para ello, se emplean diversos métodos diagnósticos:

La angiografía digital por sustracción (DSA) sigue siendo el estándar de referencia, pues ofrece alta precisión en la detección de recanalización y permeabilidad vascular, aunque su carácter invasivo limita su uso rutinario en controles de seguimiento (Kapsas et al., 2015).

La angiografía por tomografía computarizada (Angio-TC) es útil en controles tempranos y a mediano plazo, permite descartar complicaciones inmediatas y valorar la trombosis progresiva, aunque la radiación y el contraste limitan su uso repetido en el tiempo (Kapsas et al., 2015).

La angiografía por resonancia magnética (Angio-RM) constituye una alternativa no invasiva de gran valor para seguimiento prolongado, pues permite evaluar la oclusión del aneurisma y el remodelado vascular sin exposición a radiación ni contraste yodado (Kapsas et al., 2015).

Modalidades Radiológicas

Historia de los Rayos x

Los rayos x fueron descubiertos en el año 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen, fue un hallazgo incidental ya que el físico realizaba una investigación acerca de los rayos catódicos, con un tubo de rayos catódicos dentro de un cartón negro, él observó una pantalla fluorescente, no se veía alterada por ningún tipo de campos magnéticos, atravesaba materiales como el cartón.

La primera radiografía que se documentó, fue de la mano de su esposa Bertha, en donde se visualizó con claridad los huesos de su mano y el anillo de matrimonio; procede a colocarle el nombre de rayos x.

Busch (2016) explica que Roentgen comprendió rápidamente la magnitud de su hallazgo y dedicó intensas jornadas al estudio de los rayos, demostrando su capacidad para atravesar distintos materiales, incluso la mano humana, aunque no los huesos.

Le coloca la letra x con referencia a algo desconocido, este descubrimiento revoluciona en su época la medicina, ya que era un método ideal para ver con claridad los huesos y fracturas.

Posterior a este gran descubrimiento, empezaron a emplear los rayos X se empleaban en la medicina para diagnosticar fracturas, localizar balas e incluso en unidades móviles en el frente de guerra.

Se empezó a implementar este método para el diagnóstico, en ese entonces, aún había desconocimiento acerca de los efectos adversos de la radiación ionizante y muchos de los médicos que utilizaban esta técnica de diagnóstico, sufrían quemaduras, perdían el cabello y en algunos casos tenían cáncer. Se utilizaba sin las medidas de prevención adecuadas gracias al desconocimiento del tema.

Entre 1896 y 1897, Tesla publicó múltiples trabajos experimentales sobre rayos X, perfeccionó los dispositivos utilizados y advirtió tempranamente los riesgos biológicos de esta radiación, siendo pionero en señalar sus efectos dañinos en el organismo humano (Vucevic et al., 2016).

Progresivamente se fueron mejorando los equipos, se descubrieron otro tipo de radiaciones como la gama y la beta, también se utilizaron durante la guerra ya que había unidades móviles de rayos x, permitía ubicar con facilidad donde se encontraban los proyectiles y fracturas en las personas heridas. Con el paso del tiempo, fue evolucionando y aplicándose en ciertas áreas en pro de la salud de las personas y de la investigación. Hoy en día se tiene una mayor conciencia acerca de las medidas de protección para su uso.

Rayos X en Colombia

En Colombia llega esta tecnología en el siglo XX, a pesar de las dificultades económicas de la época, un año después de su descubrimiento en el año 1986 se realizó la primera demostración científica en la ciudad de Bogotá realizada por personas colombianas con formación en Europa, en el área de medicina o ingeniería.

Entre el año de 1905 y 1910 un hospital de Bogotá fue el primer equipo y sala de rayos x en Colombia, los primeros en utilizarla fueron los médicos generales y tuvieron varios accidentes durante su uso, en el periodo de 1930 a 1960 se formaron los primeros médicos radiólogos viajaron a países europeos y Estados Unidos para su formación. Durante esta época, se creó la ACR (Asociación Colombiana de Radiología), entidad que se encargaba de regular la práctica y reunir a sus profesionales.

Rayos X en Medellín. En la ciudad de Medellín se incorporó de manera rápida esta tecnología. El hospital San Vicente de Paul fue de los primeros en tener su sala de rayos X, también era utilizado por los médicos generales y se utilizaba principalmente para evaluación y estudio de fracturas, cuerpos extraños y tuberculosis.

En 1901, Montoya y Flórez trajo el primer equipo de rayos X a Medellín, lo que permitió realizar la primera radiografía en Colombia poco después (Academia Nacional de Medicina de Colombia, 2023). La universidad de Antioquia fue la primera facultad en incorporar anatomía radiológica como parte de su pensum estudiantil, en este tiempo, se realizaron vínculos con facultades europeas donde médicos antioqueños realizaban en Europa su formación radiológica.

El 4 de julio de 1902 se registró en Medellín la primera radiografía en Colombia: una fractura oblicua en la falange proximal del cuarto dedo de la mano izquierda, con fragmentos de plomo que pudieron ser removidos gracias a esta técnica (Ulloa Guerrero et al., 2016). Las aplicaciones médicas de los rayos x es ideal para identificar fracturas, lesiones óseas, fisuras o deformidades Oseas, también enfermedades pulmonares como neumonía, tuberculosis, derrame pleural, neumotórax, tuberculosis, en el abdomen como obstrucciones intestinales, como control post operatorio y detección de cuerpos extraños.

En el año de 1980 llegan tecnologías más avanzadas como Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), no obstante, los rayos x siendo de los primeros equipos diagnósticos sigue siendo un instrumento necesario en la medicina actual por su bajo costo, gran velocidad, menor exposición radiológica a comparación de otras tecnologías y gran apoyo para el complemento en la búsqueda de diagnósticos.

Generalidades de los Rayos X

Gracias a los avances y los diferentes estudios, los riesgos de los rayos x convencionales son la exposición a la radiación, contraindicado en mujeres en embarazo ya que se realizaron diferentes estudios y en ellos se descubrió el daño de células y tejidos. La acumulación de dosis de radiación puede tener mayores efectos a largo plazo, en la actualidad existen medidas para minimizar la exposición a la radiación ionizante, tanto para pacientes como para personal de salud, los pacientes pueden utilizar delantal plomado, protector tiroideo, para el personal médico el uso de las barreras plomadas, dosímetros personales, distancia y tiempo.

El fundamento físico de los rayos x se basa en la interacción de electrones con la materia, se producen dentro del tubo de rayos x cuando electrones impactan en un material de tungsteno, estos electrones tienen carga positiva y negativa, el tubo emite radiación de frenado y característico, los rayos son absorbidos en diferentes cantidades, huesos, aire, músculo y entre otros se ven en diferentes densidades.

En la actualidad en una sala de rayos x encontramos el elemento principal que es el tubo de rayos x, encontramos el colimador que determina el tamaño del haz, el detector que puede ser tanto chasis como flat panel y se ubica detrás del paciente o debajo, en el Bucky de pared o Bucky de mesa, encontramos la mesa radiológica que es donde se acuesta el paciente, blindaje de protección, tanto para el paciente como protector tiroideo, chaleco plomado, y puerta de plomo

que bloquea el paso de los rayos x, encontramos también el puesto de control que permite ajustar los parámetros y está ubicado detrás de un vidrio plomado.

Figura 9

Inicios de los Rayos X



Nota. Inicios de los Rayos x. Tomado de: Historia de la Radiología. (2021).

<https://anmdecolombia.org.co/historia-de-la-radiologia/>.

Tomografía Computarizada

La tomografía computarizada nace desde la necesidad de reconstruir datos a partir de imágenes internas, los rayos x fueron fundamentales, pero tenían muchas limitaciones importantes para el diagnóstico. A finales de los años 60, Sir Godfrey Hounsfield, trabajando en EMI en Inglaterra, desarrolló el primer escáner CT clínico, usando un haz de rayos X giratorio y electrónica computacional para reconstruir imágenes.

En octubre de 1971, logró la primera imagen clínica de un cerebro humano en el Hospital Atkinson Morley de Londres (Siemens Healthineers, 2021). En el año de 1967 se empieza a desarrollar el primer escáner tomográfico, por el físico Godfrey Hounsfield, quien trabajaba en la industria musical quería reconstruir imágenes a partir de múltiples proyecciones.

En 1971 construyó el primer prototipo ubicado en Londres, la primera paciente fue una mujer con un tumor cerebral, en donde se evidenció el tumor con mayor claridad, a diferencia que los rayos x convencionales que no permite diferenciar los tejidos.

En 1979 Hounsfield y Cormack recibieron el premio nobel de la medicina.

La tomografía se utiliza principalmente para evaluar ACV, hemorragias, tumores, aneurismas, permite evaluar el flujo sanguíneo con ayuda de un medio de contraste, es ideal para utilizar en casos de emergencia, por su alta eficiencia y rapidez, también para el seguimiento de enfermedades y planificaciones quirúrgicas.

Generaciones de los Tomógrafos

A partir de eso salen las diferentes generaciones de los tomógrafos:

Thomas Flohr (2013) explica que la primera generación de tomógrafos usaba un haz estrecho tipo lápiz y un único detector, con movimientos de traslación y rotación que hacían los estudios muy lentos, limitados principalmente a imágenes craneales.

La segunda generación de TC introdujo haces en abanico y múltiples detectores, lo que permitió reducir tiempos de exploración y ampliar la cobertura anatómica. Este avance representó un gran paso respecto a la tecnología previa (Flohr, 2013).

Thomas Flohr (2013) señala que en la tercera generación tubo y detectores rotaban conjuntamente alrededor del paciente, con haces de abanico más amplios, optimizando la adquisición de datos y mejorando notablemente la calidad diagnóstica.

La cuarta generación de tomógrafos consistió en anillos completos de detectores fijos, mientras el tubo giraba alrededor del paciente. Aunque innovadora, esta tecnología perdió vigencia por sus altos costos y complejidad técnica (Flohr, 2013).

Thomas Flohr (2013) destaca que la evolución hacia la tomografía multidetector (MDCT) incorporó múltiples filas de detectores y nuevas configuraciones como doble fuente, incrementando la velocidad de adquisición, resolución espacial y cobertura en un solo barrido detectores, genera un mayor costo y número de artefactos por esa razón no se utiliza actualmente.

En los equipos de quinta generación se empleó un haz electrónico estacionario con detectores fijos, alcanzando resoluciones temporales de 50–100 ms para aplicaciones cardíacas. Esto redujo el tiempo, y permitió escanear estructuras como tórax y abdomen en segundos, escaneo en hélice o espiral

Para los equipos de sexta generación se empezaron a evidenciar diversas reconstrucciones en 2D y 3D, además de contar con múltiples filas de detectores.

Para los equipos de séptima generación, se han utilizado diferentes niveles de energía para distinguir materiales y tejidos, además de detectar fotones de manera individual, optimizando la aplicabilidad en el contexto clínico.

Tabla 2

Generaciones del Tomógrafo

Generación	Año aproximado	Tipo de haz y detectores	Movimiento tubo	Tiempo por corte	Aplicaciones clave / Limitaciones
Primera generación	1971	Haz de lápiz, 1–2 detectores	Translate-Rotate	5 min (25–30 min escaneo completo)	Cerebral; muy lento; demostró viabilidad
Segunda generación	1974	Haz en abanico estrecho, 5–30 detectores	Translate-Rotate	20–90 s por corte	Más rápido; aún limitado en velocidad
Tercera generación	1975-1976	Haz abanico amplio, 100–	Rotate-Rotate	1–5 s por corte	Base de la CT moderna;

Cuarta generación	1976-1978	1000+ detectores Haz en abanico, >2000 detectores (anillo fijo)	Rotate-Stationary	1 s por corte	helicoidal, multidetector Menos artefactos de anillo, equipo más costoso
Quinta generación	1982-1984	fuelle y detectores fijos, haz electrónico	Stationary-Stationary	50–100 ms por corte	Ultra-rápido (cardíaco); muy especializado
Sexta generación	1990	Haz abanico continuo (helicoidal), multidetector	Rotate-Rotate	25 ms por corte	Barrido helicoidal continuo; base de todos los equipos modernos
Séptima generación	1999-2000	Múltiples detectores en array (MDCT)	Rotate-Rotate	0.5 s por corte (varía según filas)	Permite obtener varios cortes simultáneos, mayor aprovechamiento del rayo X

Nota. Generaciones del equipo de tomografía. Tomado de: Flohr, T. (2013). Sistemas de TC.

https://link.springer.com/article/10.1007/s40134-012-0005-5?utm_sourc

Tomografía Computarizada en Colombia

La tomografía computarizada (TC) en Colombia ha tenido un desarrollo significativo desde su introducción en los años 70. Inicialmente, la tecnología se centró en grandes centros urbanos como Bogotá y Medellín, expandiéndose progresivamente hacia otras regiones. Actualmente, Colombia cuenta con una infraestructura instalada que supera los estándares internacionales en ciertos departamentos, aunque persiste una distribución desigual que afecta el acceso en zonas rurales y periferias urbanas.

Los avances tecnológicos en tomografía digital y multislice han sido adoptados principalmente en centros de referencia, mejorando el diagnóstico médico y la investigación clínica en el país (Camargo, 2024).

En Colombia la tomografía computarizada llega a finales de los años 80, los dos primeros tomógrafos llegaron a las ciudades de Medellín y Bogotá, eran tomógrafos de una sola fila de

detectores, requerían mucho tiempo para el escaneo y se realizaban en mayor medida para estudios craneales. En las universidades se empezó a implementar la tomografía para los médicos radiólogos, desde 1995 al 2005 comienzan a llegar los tomógrafos multicortes y helicoidales, de 4, 16 y 64 canales. Ya con esta tecnología, se podían realizar estudios de mayor complejidad y tamaño, como estudios de tórax, abdomen, flujo sanguíneo, etc.

La regulación para el uso de la radiación ionizante la realiza el Ministerio de Salud y Protección Social, el Invima y secretarías de salud. Actualmente, las principales ciudades cuentan con equipos de tomografía computarizada, ya que se busca garantizar el acceso de toda la población en caso de que requieran el estudio, minimizando la dosis de radiación.

La oferta se concentra en áreas urbanas; departamentos periféricos presentan carencias. Existen 2.295 prestadores de imágenes ionizantes habilitados, con marcada preponderancia privada y desigual distribución regional (Camargo, 2024).

La red privada concentra la mayor capacidad: 88% de IPS de alta complejidad con TAC son privadas; varios departamentos carecen de servicios de alta complejidad, ampliando brechas territoriales y tiempos de acceso (Camargo, 2024).

Aunque la razón nacional radiólogos-TAC resulta adecuada, persisten déficits regionales que limitan el uso efectivo. El estudio destaca la teleradiología como estrategia para compensar ausencia de especialistas y mejorar equidad diagnóstica (Camargo, 2024).

Tomografía Computarizada en Medellín. En la ciudad de Medellín los primeros equipos tomográficos en llegar fueron en los hospitales Pablo Tobón Uribe, el hospital san Vicente de Paul y la Universidad de Antioquia. Con el pasar del tiempo se fueron incorporando a clínicas privadas, y actualmente, se implementan software con IA para imágenes a un alto nivel de calidad con dosis baja de radiación implementando además la tele radiología.

Generalidades de la Tomografía Computarizada

Las aplicaciones de la tomografía son muy amplias, para el área de neurología, cardiología, estudios de tórax, abdomen, pelvis, oncología, traumatología, Angiotac, entre otros. Entre sus ventajas encontramos la rapidez de adquisición, proporcionando imágenes en 3D muy útiles en casos de emergencia y la desventaja principal es la alta dosis de radiación y su costo es mayor.

La formación de los rayos x en tomografía se da por un tubo de rayos x, el tubo gira alrededor del paciente emitiendo radiación ionizante, en el lado contrario al tubo existen filas de detectores. Esta creación de la imagen radiográfica permite visualizar a partir del uso de un software los tres planos anatómicos (sagital, coronal y axial). Cada tejido absorbe de manera diferente la radiación según su propia composición anatómica.

Actualmente encontramos como elemento principal y de mayor tamaño el gantry, dentro de él, se encuentra el tubo de rayos x y los detectores. Además, tenemos la mesa de exploración donde se ubica el paciente, la sala de control donde se ubican los equipos de mando y los computadores donde se revisan las imágenes generadas por el tomógrafo.

El inyector está ubicado al interior de la sala, allí, también ubicamos los elementos de protección personal como chaleco, protector tiroideo y demás. Debido a la alta radiación que emite el equipo de tomografía, es necesario una puerta plomada y ventanal plomada para bloquear la radiación y no exponer el exterior de estas dosis dispersas durante la ejecución de los estudios.

Figura 10*Inicios de la Tomografía*

Nota. Inicios de la tomografía. Tomado de: *Argentinian Journal of Radiology*, 76(4), 331–341.

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922012000400008.

Hrescak, M. C. O., & Socolsky, G. (2012)

Resonancia Magnética

La resonancia magnética (RM) tiene sus inicios en 1937, cuando se descubrió el principio físico que la sustenta: los núcleos atómicos, al ser expuestos a un campo magnético, pueden absorber y reemitir ondas de radio.

La resonancia magnética nuclear se originó como un fenómeno físico en los años treinta y cuarenta, cuando científicos como Rabi y Bloch estudiaron propiedades magnéticas de núcleos atómicos, sentando las bases para su posterior aplicación médica (Minsky & Yáñez, 2019).

En 1946, Purcell y Bloch observaron transiciones de resonancia en hidrógeno, lo que permitió medir con gran precisión momentos magnéticos nucleares. Este hallazgo consolidó a la resonancia magnética como técnica de análisis espectroscópico (Minsky & Yáñez, 2019).

A partir de los años setenta, los avances de Ernst y Lauterbur posibilitaron que la resonancia magnética pasara de ser solo un método químico a convertirse en una herramienta de obtención de imágenes para el diagnóstico médico no invasivo (Minsky & Yáñez, 2019).

Hoy en día, la resonancia magnética es esencial tanto en investigación como en medicina clínica, reconocida por su capacidad de generar imágenes detalladas de tejidos blandos y estructuras moleculares sin recurrir a radiación ionizante (Minsky & Yáñez, 2019).

Resonancia Magnética en Colombia

La resonancia magnética (RM) fue introducida en Colombia durante la década de los años 80, inicialmente en grandes hospitales de ciudades como Bogotá y Medellín. Su adopción representó un avance significativo en el diagnóstico médico, especialmente para estudios neurológicos y musculoesqueléticos, permitiendo obtener imágenes de alta resolución sin exposición a radiación ionizante. A lo largo de los años, la tecnología ha evolucionado incorporando secuencias avanzadas y equipos multicorte, ampliando las aplicaciones clínicas en el país.

Resonancia Magnética en Medellín. En 1993, el Instituto de Alta Tecnología Médica de Medellín instaló un equipo de resonancia magnética de 0,5 Teslas, convirtiéndose en uno de los pioneros en introducir esta tecnología en la ciudad (Periódico El Pulso, 2025).

La apertura del servicio en la sede Prado significó un avance fundamental para la atención médica en Medellín, al facilitar diagnósticos más precisos en neurología, oncología y cardiología mediante imágenes de alta resolución (Periódico El Pulso, 2025).

Este hecho marcó un hito en la modernización de la infraestructura hospitalaria local, consolidando a Medellín como centro de referencia regional en el acceso a resonancia magnética clínica (Periódico El Pulso, 2025).

Generalidades de la Resonancia Magnética

La formación académica en RM ha evolucionado para incluir no solo aspectos técnicos, sino también investigación aplicada, favoreciendo la innovación y la mejora continua de la práctica clínica. Varias universidades y entidades médicas en Colombia ofrecen programas especializados que han contribuido a la consolidación de esta disciplina en el país.

La RM también puede utilizarse para estudios de flujo sanguíneo mediante diferentes técnicas. Entre ellas se encuentra la angiorrsonancia, que permite evaluar arterias y venas; la resonancia por perfusión, que analiza la llegada del flujo sanguíneo a los tejidos; y la resonancia cardíaca funcional, que valora el flujo en las arterias coronarias, así como el funcionamiento de las cámaras y válvulas del corazón.

Entre sus principales ventajas se destacan la ausencia de radiación ionizante y la excelente resolución para visualizar tejidos blandos. No obstante, presenta algunas desventajas, como el tiempo prolongado de adquisición y su elevado costo.

La formación de la imagen por resonancia magnética, a diferencia de otras modalidades de diagnóstico por imágenes, no emplea radiación ionizante. En su lugar, utiliza un campo magnético que alinea los protones del cuerpo. Posteriormente, se emite un pulso de radiofrecuencia que excita dichos protones, permitiendo generar imágenes en diferentes escalas de grises según las propiedades de los tejidos.

Actualmente, en una sala de RM se encuentran diversos elementos fundamentales. El componente principal es el gantry, un túnel cilíndrico que contiene el imán. También están presentes las bobinas, que actúan como antenas especializadas según la región anatómica a estudiar, y la mesa donde se recuesta el paciente. Además, se proporcionan tapones para los oídos debido al ruido generado durante la adquisición de las imágenes.

En la sala de control se ubican los equipos informáticos, el inyector de contraste, el sistema de comunicación entre el personal y el paciente, y la jaula de Faraday, la cual aísla la sala para evitar interferencias externas en la señal.

Figura 11

Inicios de la Resonancia Magnética



Nota. Inicios de la Resonancia Magnética. Tomado de: Grupo Gamma (2011).

<https://grupogamma.com/historia-resonancia>.

Historia de la Hemodinamia

“Por definición, la hemodinamia (del griego *hemo*: sangre y *dynamos*: movimiento) es el estudio del flujo sanguíneo a través del sistema vascular” (Echeverri et al., 2016, p.1).

Es difícil concebir la comprensión actual de las enfermedades cardiovasculares sin los avances obtenidos en los últimos 60 años en los laboratorios de cateterismo cardíaco, que aportaron conocimientos fisiológicos y anatómicos esenciales (Echeverri et al., 2016).

En 1956, André Cournand recibió el Premio Nobel y describió al catéter cardíaco como “la llave en la cerradura”, enfatizando que su uso abrió una nueva era en el estudio de la función cardíaca (Echeverri et al., 2016).

Décadas después, Swan y Ganz introdujeron un catéter con balón en su extremo, que al ser impulsado por el flujo sanguíneo alcanzaba la arteria pulmonar, facilitando nuevas formas de medición intracardíaca (Echeverri et al., 2016).

Hoy la medición rutinaria de presiones, flujos y resistencias en cavidades cardíacas y territorios vasculares constituye una herramienta fundamental para diagnóstico, tratamiento y seguimiento en múltiples enfermedades cardiovasculares, incluyendo hipertensión pulmonar y valvulopatías.

Hoy en día, la medición rutinaria de presiones, flujos y resistencias en las distintas cámaras del corazón y en los lechos sistémico y pulmonar permite evaluar objetivamente el compromiso hemodinámico en diversas condiciones fisiopatológicas. Este enfoque también facilita la toma de decisiones para el tratamiento temprano y el seguimiento de pacientes con hipertensión pulmonar, así como con enfermedades cardíacas congénitas, valvulares y estructurales.

La comprensión de condiciones hemodinámicas específicas, como el bajo gasto y flujo en la estenosis aórtica o el gradiente de presión intramiocárdico en la miocardiopatía hipertrófica, hace de la hemodinamia una herramienta clave para tratar múltiples patologías (Echeverri et al., 2016).

Línea de Tiempo de Hemodinamia e Intervencionismo

En las primeras décadas del siglo XX, el abordaje de aneurismas intracraneales se limitaba casi exclusivamente al clipaje quirúrgico. Sin embargo, la morbilidad era elevada, lo que motivó la búsqueda de técnicas menos invasivas para preservar el tejido cerebral (Laurent et al., 2022).

Durante los años sesenta y setenta, se exploraron métodos como la oclusión de arterias parentales y los primeros intentos de embolización experimental con microcatéteres. Estos avances sentaron las bases de las técnicas endovasculares modernas para tratar aneurismas cerebrales (Lee et al., 2021).

La introducción de coils desprendibles en la década de los noventa representó un cambio radical, pues permitió el tratamiento endovascular de aneurismas saculares complejos previamente inoperables, reduciendo significativamente la morbimortalidad asociada a la cirugía abierta (Laurent et al., 2022).

En la actualidad, los divisores de flujo se han consolidado como una herramienta esencial para aneurismas de cuello ancho y fusiformes. Su capacidad de remodelar el flujo sanguíneo y promover trombosis estable ha mejorado considerablemente los resultados clínicos (Dandapat et al., 2021).

Angiógrafo

Es un equipo que emite rayos X y que permite observar los vasos sanguíneos. Para lograr esto se usa una sustancia llamada “medio de contraste”, que al inyectarla en un vaso sanguíneo (arteria o vena) permite hacer visible la anatomía vascular y los defectos de ella en una pantalla de alta resolución mediante el procesamiento por un computador.

Los sistemas de angiografía están diseñados para llevar a cabo procedimientos diagnósticos e intervencionistas en el ámbito vascular, proporcionando imágenes en tiempo real del flujo sanguíneo y de la actividad en órganos vasculares, con el fin de identificar enfermedades, estenosis, dilataciones u obstrucciones en los vasos.

Tipos de Angiógrafos

Angiógrafos Convencionales. Los angiógrafos convencionales emplean rayos x para obtener imágenes en tiempo real del sistema vascular, lo que los convierte en herramientas prácticas para procedimientos de menor complejidad y de corta duración. Una de sus principales ventajas radica en su menor costo en comparación con equipos más avanzados, lo que facilita su accesibilidad en distintos entornos clínicos y hospitales generales. Aunque están orientados principalmente a diagnósticos básicos, cumplen un papel relevante en la detección de patologías frecuentes como la enfermedad arterial coronaria, ayudando a valorar la presencia de estenosis u obstrucciones. Su sencillez y disponibilidad continúan siendo factores que los mantienen vigentes como recurso de apoyo diagnóstico en la práctica médica.

Figura 12

Equipo de Angiografía



Nota. Equipo de Angiografía. Tomado de: SAVALnet (2016). <https://www.savalnet.bo/mundo-medico/reportajes/5249.html>

Angiógrafos Digitales. Los angiógrafos digitales utilizan detectores avanzados que permiten capturar imágenes de alta resolución, ofreciendo una visualización más clara y precisa de la anatomía vascular. Entre sus principales ventajas se destacan la mejor resolución de las imágenes radiográficas, la reducción significativa en la exposición a la radiación para el paciente y el personal de salud, así como la posibilidad de almacenar y recuperar los estudios de manera digital, lo que facilita el seguimiento clínico. Gracias a estas características, son ampliamente empleados en procedimientos intervencionistas complejos, como la colocación de stents, angioplastias y otras técnicas de alta especialización, contribuyendo a una mayor seguridad y eficacia en el tratamiento de patologías cardiovasculares.

Angiógrafos con Sustracción Digital (DSA). La angiografía con sustracción digital (DSA) sigue siendo considerada el estándar de oro en la evaluación vascular, ya que proporciona alta resolución espacial y precisión diagnóstica, especialmente frente a métodos no invasivos como la angiografía por tomografía computarizada (Meyer et al., 2024).

Estudios recientes destacan que el DSA permite visualizar con claridad lesiones cerebrovasculares tras trauma penetrante, superando limitaciones de la CTA en detección de lesiones pequeñas, y asegurando una evaluación más completa del compromiso hemodinámico cerebral (Meyer et al., 2024).

Los angiógrafos con sustracción digital (DSA) utilizan un sistema de procesamiento de imágenes que elimina estructuras no relevantes, como huesos o tejidos circundantes, para resaltar de manera nítida y precisa los vasos sanguíneos. Esta técnica ofrece una alta precisión en la visualización del árbol vascular, lo que permite identificar alteraciones que podrían pasar desapercibidas con otros equipos. Gracias a su capacidad para mostrar con gran detalle vasos de

pequeño calibre, resulta especialmente útil en la evaluación de malformaciones vasculares, estenosis complejas y otras patologías que requieren un análisis minucioso del flujo sanguíneo.

Figura 13

Angiógrafo Digital



Nota. Equipo de Angiografía Digital. Tomado de: Medical-x-Ray.com. (2025).

<https://www.medical-x-ray.com/es/info-detail/what-is-digital-subtraction-angiography-dsa>

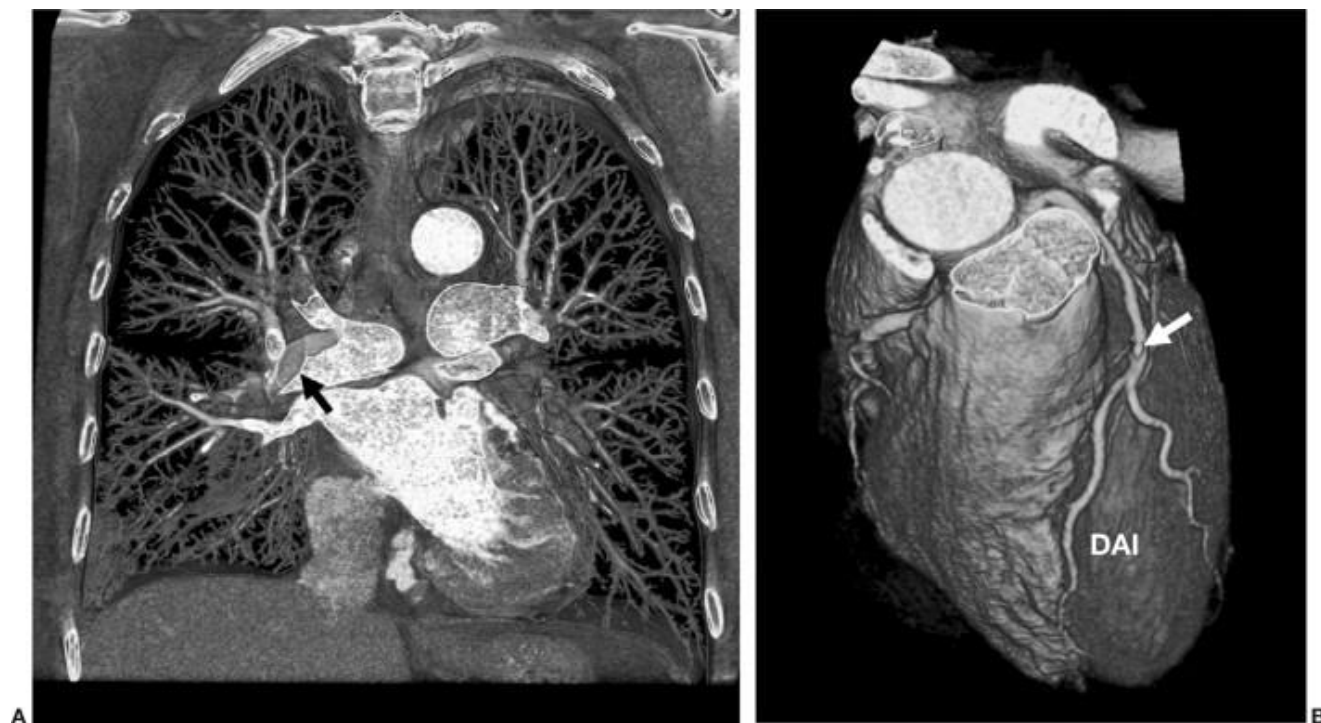
Angiógrafos 3D y por Tomografía Computarizada (CTA). Los angiógrafos tridimensionales y por tomografía computarizada (CTA) se apoyan en la tecnología de la tomografía para generar imágenes volumétricas de alta definición, que permiten observar el sistema vascular desde diferentes ángulos. Esta capacidad de reconstrucción tridimensional proporciona una visión integral de los vasos sanguíneos, facilitando la identificación de anomalías estructurales que no siempre son evidentes en estudios bidimensionales.

Entre sus principales ventajas se encuentra la posibilidad de obtener una representación detallada y completa del árbol vascular, lo que incrementa la precisión diagnóstica y reduce la incertidumbre clínica. Estas características hacen que el CTA sea especialmente valioso en la

planificación de procedimientos complejos, como la cirugía de aneurismas, el tratamiento de malformaciones arteriales y la preparación de intervenciones endovasculares que requieren una evaluación exhaustiva de la anatomía vascular.

Figura 14

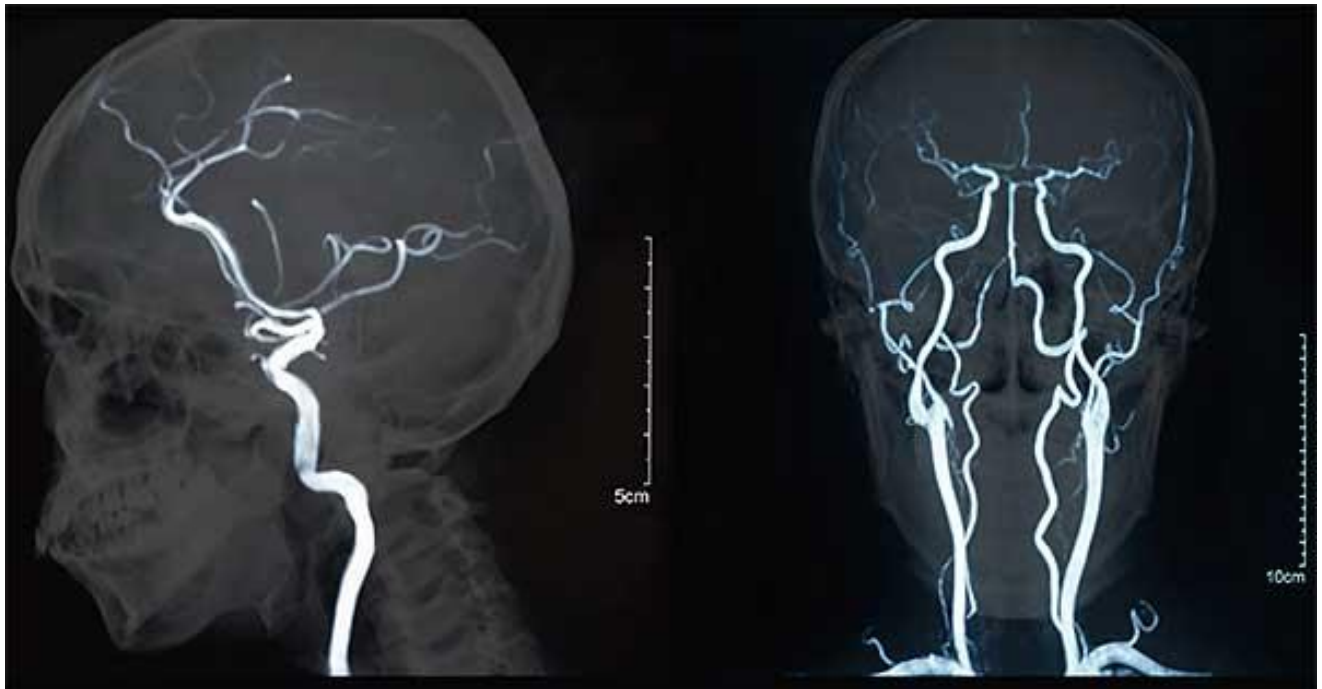
Angiografía Coronaria por TC



Nota. Angiografía por tomografía computarizada coronaria. Tomado de: *Radiología*, 50(2), 113–130. (2008). [https://doi.org/10.1016/s0033-8338\(08\)71945-3](https://doi.org/10.1016/s0033-8338(08)71945-3).

Angiógrafos con Resonancia Magnética (RMN). Las angiografías por resonancia magnética (RMN) emplean campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia para obtener imágenes detalladas de los vasos sanguíneos sin necesidad de radiación ionizante, lo que los convierte en una opción más segura para determinados pacientes. Su capacidad para generar estudios de alta resolución resulta especialmente útil en la valoración de estructuras vasculares complejas, como las del cerebro, y en regiones anatómicas de difícil acceso mediante rayos X, favoreciendo diagnósticos más precisos y una mejor planificación terapéutica.

Además de su alta resolución, permiten realizar angiografías no invasivas mediante la administración de medios de contraste basados en gadolinio, menos agresivos que los yodados, reduciendo el riesgo de reacciones adversas o nefrotoxicidad. Esta modalidad es especialmente valiosa para la evaluación de la vasculatura cerebral, la detección de aneurismas, malformaciones arteriovenosas y estenosis en vasos profundos, así como en el seguimiento a largo plazo de pacientes que requieren controles periódicos sin aumentar la exposición acumulada a radiación.

Figura 15*Angiografía por RM*

Nota. Angiografía por resonancia magnética. Tomado de: ClikiSalud.net | Fundación Carlos Slim. (2021). <https://www.clikisalud.net/corazon-angiografia-resonancia-magnetica-que-es-para-que-utiliza/>.

Figura 16*Partes del Angiógrafo*

Nota. Partes de un equipo de angiografía. Tomado de: LinkedIn. (2025). LinkedIn.com.

https://www.linkedin.com/posts/geelectromedico_geexperience-conociendolaelectromedicina-activity-7061943364362858496-6nM5/?originalSubdomain=es

Partes del Angiógrafo

El angiógrafo es un equipo complejo diseñado para obtener imágenes en tiempo real del sistema vascular y facilitar procedimientos diagnósticos e intervencionistas. Su funcionamiento se basa en la integración de varias partes, cada una con un papel fundamental para garantizar la calidad de la imagen y la seguridad del paciente.

El arco en C constituye la estructura principal del angiógrafo, ya que sostiene tanto el tubo de rayos X como el detector de imágenes. Su diseño permite moverse alrededor del paciente en diferentes ángulos, facilitando la visualización de la anatomía vascular desde distintas perspectivas.

El monitor de imagen es la pantalla donde el equipo médico observa las imágenes obtenidas en tiempo real. Esto resulta esencial para guiar procedimientos intervencionistas, ya que brinda una retroalimentación inmediata de lo que ocurre dentro de los vasos sanguíneos.

El intensificador de imagen desempeña la función de transformar los rayos X en imágenes visibles y amplificadas, lo que incrementa la nitidez y mejora la capacidad diagnóstica. Gracias a este componente, se pueden detectar detalles vasculares con mayor precisión.

Los controles de mesa permiten ajustar la posición de la superficie donde se encuentra el paciente, facilitando la alineación adecuada con el haz de rayos X y asegurando la obtención de imágenes en el ángulo más favorable para el diagnóstico o la intervención.

La pantalla táctil brinda al operador una forma práctica e intuitiva de interactuar con el sistema, regulando parámetros técnicos como la intensidad de los rayos, la captura de imágenes o el manejo de funciones específicas del procedimiento.

El colimador de rayos X es el dispositivo encargado de controlar el área de exposición del haz, reduciéndolo únicamente a la zona de interés. Esto no solo optimiza la calidad de la imagen, sino que también disminuye la dosis de radiación al paciente.

El pedal de control permite al operador activar la emisión de rayos X de manera precisa durante el procedimiento, ofreciendo seguridad y evitando exposiciones innecesarias. Es una herramienta clave para coordinar la captura de imágenes en momentos críticos.

Finalmente, la mesa constituye la plataforma donde se coloca al paciente para la realización del examen. Está diseñada para ser ajustable y cómoda, permitiendo un posicionamiento estable que garantiza tanto la seguridad del paciente como la efectividad del procedimiento.

Fluoroscopia

¿Qué es la Fluoroscopia?

La fluoroscopia es una técnica radiológica que permite visualizar en tiempo real el movimiento de órganos, tejidos y otras estructuras internas del cuerpo. A diferencia de las radiografías convencionales, que capturan imágenes fijas, la fluoroscopia funciona como una grabación en video, mostrando el funcionamiento dinámico de distintos sistemas corporales, como el cardiovascular (corazón y vasos sanguíneos), digestivo y reproductivo. Gracias a esta herramienta, los profesionales de la salud pueden observar procesos fisiológicos en acción, como los latidos del corazón, la expansión de los pulmones o el tránsito de los alimentos a través del tracto digestivo.

La fluoroscopia brinda importantes beneficios al permitir obtener imágenes en tiempo real del cuerpo durante múltiples procedimientos. Se utiliza para estudios del tracto gastrointestinal, guiar catéteres, colocar stents, realizar angiogramas y asistir en cirugías ortopédicas. Esta capacidad de visualización inmediata mejora la precisión diagnóstica y la seguridad de las intervenciones.

No obstante, implica riesgos asociados a la exposición a radiación, que pueden ser mayores en procedimientos largos o complejos. Entre ellos se encuentran lesiones cutáneas tempranas o, en casos poco frecuentes, cáncer a largo plazo. Aun así, el riesgo es bajo y suele ser superado por los beneficios clínicos, siempre que se empleen las dosis mínimas necesarias.

Aplicaciones de la Fluoroscopia

La fluoroscopia se emplea ampliamente en procedimientos intervencionistas mínimamente invasivos, ofreciendo imágenes en tiempo real que permiten guiar con precisión la colocación de stents, realizar biopsias bajo control visual y efectuar cirugías endovasculares como la embolización de tumores.

En el ámbito gastrointestinal, esta técnica resulta muy valiosa en estudios como el tránsito esofágico o la deglución con bario, donde se observa el paso de los alimentos a lo largo del tracto digestivo, facilitando la detección de alteraciones funcionales o estructurales.

Su utilidad también se extiende a la ortopedia, ya que permite visualizar el movimiento de huesos y articulaciones en directo. De igual forma, se emplea como guía en la aplicación de inyecciones de contraste en la columna vertebral, optimizando la precisión y seguridad del procedimiento.

En cardiología, la fluoroscopia es clave en la angiografía coronaria, posibilitando la visualización de vasos sanguíneos y el flujo sanguíneo en tiempo real para identificar bloqueos o malformaciones. Asimismo, en el sistema musculoesquelético, se utiliza para guiar la inserción de agujas en inyecciones o tratamientos en articulaciones y columna.

Ventajas de la Fluoroscopia

La fluoroscopia permite obtener imágenes en tiempo real, lo que facilita observar el movimiento de las estructuras internas durante distintos procedimientos médicos y diagnósticos.

Ofrece gran precisión, ayudando en intervenciones como la colocación de stents o la guía de biopsias, al reducir errores y mejorar la seguridad del paciente.

Se aplica en técnicas mínimamente invasivas, lo que significa menos dolor, menor riesgo y una recuperación más rápida en comparación con procedimientos quirúrgicos tradicionales.

Además, posibilita una clara visualización de procesos dinámicos, como el paso del contraste por los vasos sanguíneos o el movimiento de las articulaciones, aportando información detallada y útil para la práctica clínica.

Desventajas de la Fluoroscopia

La fluoroscopia implica exposición a radiación que, aunque suele ser de baja intensidad, puede representar un riesgo cuando los procedimientos son prolongados o repetidos. Los equipos modernos reducen este impacto, pero la precaución siempre es necesaria.

En cuanto a la calidad de imagen, resulta útil para procedimientos en tiempo real, aunque no alcanza la nitidez de otras modalidades como la tomografía computarizada o la resonancia magnética según el área de estudio y la patología que esté en estudio, lo que puede limitar el nivel de detalle diagnóstico.

Otra desventaja es la dependencia de medios de contraste, que en algunos casos pueden provocar reacciones adversas o complicaciones en pacientes con problemas renales o antecedentes de alergias, restringiendo su uso en ciertos grupos poblacionales.

Fundamentos Conceptuales Clave

Aneurisma intracraneal

Dilatación anómala de una arteria cerebral con potencial para causar hemorragias catastróficas si no se trata adecuadamente.

Diversor de flujo

Dispositivo endovascular que se utiliza para desviar el flujo sanguíneo del aneurisma, promoviendo su oclusión progresiva sin cirugía abierta.

Trombosis

Formación de un coágulo dentro de un vaso sanguíneo, que puede ser perjudicial si se produce dentro del divisor o la arteria adyacente.

Calidad de vida

Percepción de bienestar del paciente, que se ve influenciada tanto por los resultados médicos como por los aspectos emocionales y sociales post-tratamiento.

Angiografía cerebral

Es un estudio de diagnóstico por imágenes que utiliza un medio de contraste y rayos X para visualizar los vasos sanguíneos del cerebro. Se emplea para detectar anomalías como aneurismas, malformaciones arteriovenosas, estenosis o trombosis.

Complicaciones

Son efectos adversos o no deseados que pueden surgir durante o después de un procedimiento médico o tratamiento.

Hemodinamia

Es la rama de la medicina que estudia la circulación de la sangre a través del sistema cardiovascular, analizando factores como la presión arterial, el flujo sanguíneo y la resistencia vascular. Relacionándose con procedimientos de diagnóstico y terapéuticos para tratar enfermedades cardiovasculares.

Tratamiento endovascular

Es una técnica mínimamente invasiva utilizada para tratar enfermedades de los vasos sanguíneos mediante catéteres y dispositivos insertados a través del sistema vascular. Se utiliza en patologías como aneurismas, estenosis arteriales y trombosis, con procedimientos como la colocación de stents o divisores de flujo.

Metodología

Enfoque de la Investigación

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, centrado en un meta-análisis de estudios clínicos previos sobre el tratamiento de aneurismas intracraneales con divisores de flujo, publicados entre los años 2016 y 2022. Este enfoque se basó en la recopilación, comparación y análisis de datos numéricos de estudios clínicos previamente publicados en diversos servicios de hemodinamia a nivel nacional e internacional.

El meta-análisis tuvo como objetivo consolidar la evidencia disponible sobre la efectividad de los stents divisores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, evaluando la relación entre el tratamiento y las complicaciones postoperatorias, a través de un análisis comparativo de los resultados de estudios previos.

Se seleccionaron estudios que cumplieron con criterios estrictos de calidad y relevancia, y se extrajeron los datos cuantitativos disponibles relacionados con la efectividad clínica, los efectos adversos y las complicaciones postoperatorias.

El análisis se centró en la comparación de parámetros hemodinámicos y resultados clínicos, con el fin de determinar los beneficios, las tasas de complicación y los factores que influyeron en los resultados clínicos.

Fuente de Datos

La fuente principal de datos fue la revisión sistemática de estudios clínicos previos que utilizaron divisores de flujo en pacientes con aneurismas intracraneales. Se recopilaron datos de diversas bases de datos científicas, artículos revisados por pares, ensayos clínicos y otras fuentes relevantes. Los estudios seleccionados fueron realizados entre los años 2016 y 2022. La información extraída se refirió únicamente a datos cuantitativos, garantizando la

confidencialidad y anonimización de cualquier dato personal que pudiera haber sido utilizado en los estudios originales.

Población Muestra

La población de estudio estuvo conformada por pacientes diagnosticados con aneurismas intracraneales tratados con diversores de flujo, cuyas condiciones y resultados fueron documentados en los estudios incluidos en el meta-análisis.

Criterios de Inclusión

Estudios clínicos que reportaron pacientes con diagnóstico confirmado de aneurisma intracraneal tratado con diversores de flujo.

Estudios que proporcionaron resultados cuantitativos relacionados con la efectividad de los diversores de flujo, incluyendo tasas de oclusión, reducción del tamaño del aneurisma y complicaciones postoperatorias.

Estudios que reportaron complicaciones y efectos secundarios de los procedimientos realizados.

Criterios de Exclusión

Estudios que no reportaron resultados cuantitativos o cuyos datos fueron insuficientes para realizar un análisis comparativo.

Estudios sin un enfoque claro en el tratamiento con diversores de flujo o que se centraron en otras intervenciones.

Estudios que no contaron con datos relevantes sobre complicaciones postoperatorias o la efectividad clínica del tratamiento.

Instrumentos de Medición

El objetivo principal fue medir variables clínicas objetivas basadas en los datos extraídos de los estudios seleccionados.

Instrumentos de Medición Cuantitativo

Se utilizaron fichas de recolección de datos para extraer las variables de los estudios seleccionados, tales como parámetros hemodinámicos y resultados clínicos cuantitativos.

Variables Medidas

Parámetros Hemodinámicos. Incluyeron la medición del flujo sanguíneo cerebral, la reducción del aneurisma y otros cambios observados antes y después del tratamiento con diversores de flujo.

Complicaciones Postoperatorias. Como trombosis, hemorragias, reintervenciones y otros eventos adversos reportados en los estudios incluidos.

Tasa de Oclusión del Aneurisma. Tanto total como significativa, según lo informado por cada estudio.

Duración de la Hospitalización. Incluyó el tiempo de estancia postoperatoria y la necesidad de reingreso hospitalario.

Tasa de Mortalidad y Morbilidad. Relacionadas con el uso de diversores de flujo, comparando los resultados entre estudios.

Análisis de los Datos Análisis Estadístico Descriptivo. Se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo de los datos cuantitativos extraídos, con el objetivo de identificar tendencias y patrones comunes entre los estudios seleccionados. Este análisis incluyó la media, mediana, desviación estándar y otros parámetros relevantes sobre la efectividad de los diversores de flujo.

Análisis de Efectividad. Se calcularon las tasas de oclusión del aneurisma, la reducción del tamaño del aneurisma y otros parámetros clínicos basados en los datos obtenidos de los estudios seleccionados. También se analizó la tasa de complicaciones postoperatorias, como trombosis, hemorragias y reintervenciones.

Modelos de Regresión Multivariada. Para explorar las relaciones entre factores de riesgo (como edad, comorbilidades, etc.) y las complicaciones postoperatorias, se llevó a cabo un análisis multivariado utilizando modelos de regresión. Este análisis permitió identificar los factores que influyeron en los resultados clínicos y realizar comparaciones significativas entre los estudios incluidos.

Metaanálisis. Los resultados de los estudios seleccionados fueron combinados para calcular un efecto global sobre la efectividad de los diversores de flujo en aneurismas intracraneales. Este metaanálisis proporcionó una estimación más precisa de la tasa de éxito y de las complicaciones asociadas al uso de estos dispositivos.

Resultados

Género de los Pacientes

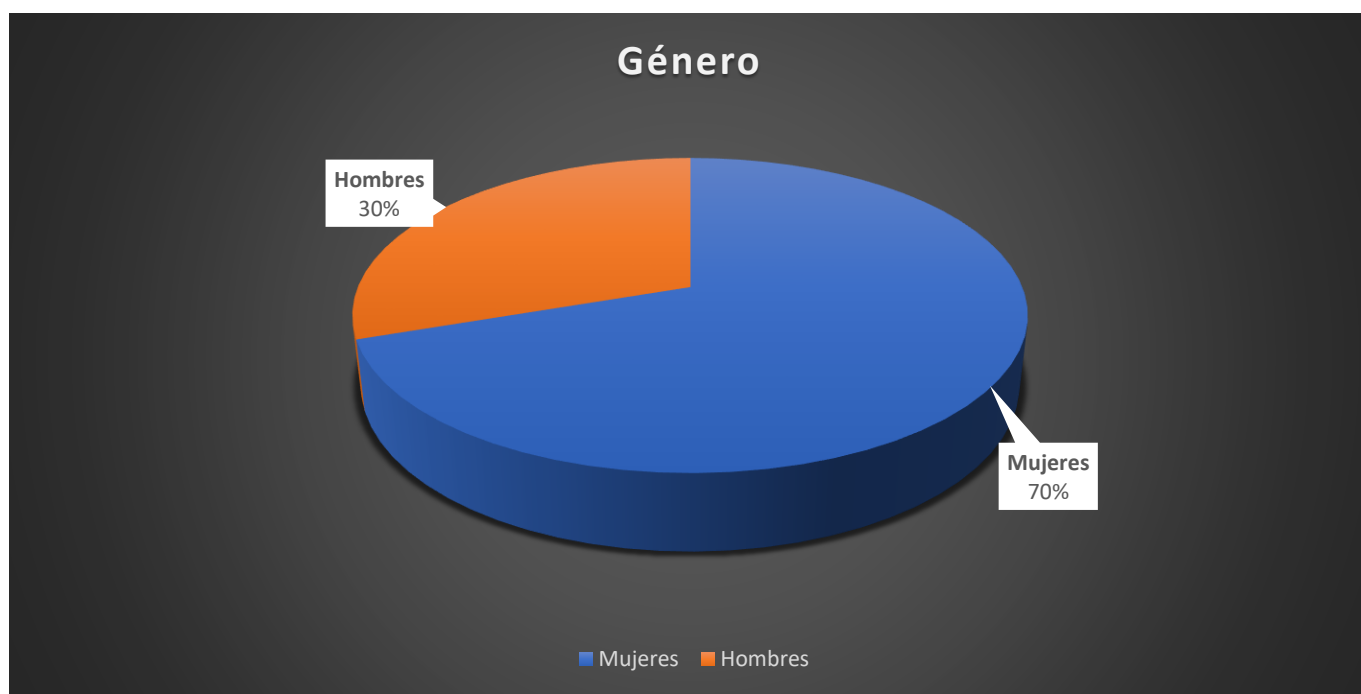
En los seis estudios analizados, se incluyó un total de 886 pacientes. La distribución por género fue:

Un total de 618 pacientes eran mujeres (70 %).

Un total de 268 pacientes fueron hombres (30 %).

Figura 17

Género de los Pacientes



Nota. Gráfica con género de los pacientes. (2025)

Se evidenció un predominio del género femenino (70%) en los pacientes tratados con dispositivos de flujo, lo cual coincide con lo reportado en la literatura, donde se ha descrito una mayor incidencia de aneurismas intracraneales no rotos en mujeres, especialmente a partir de la quinta década de vida. Este fenómeno puede estar relacionado con cambios hormonales que

afectan la integridad de la pared arterial, especialmente por la disminución del estrógeno postmenopáusico, lo que incrementa la susceptibilidad a desarrollar aneurismas.

Además, esta diferencia por género tiene implicaciones en la elección terapéutica y el seguimiento, ya que se ha documentado que las mujeres pueden presentar mayor riesgo de complicaciones trombóticas posimplantación, lo que subraya la importancia de ajustar protocolos de antitrombosis según el perfil del paciente.

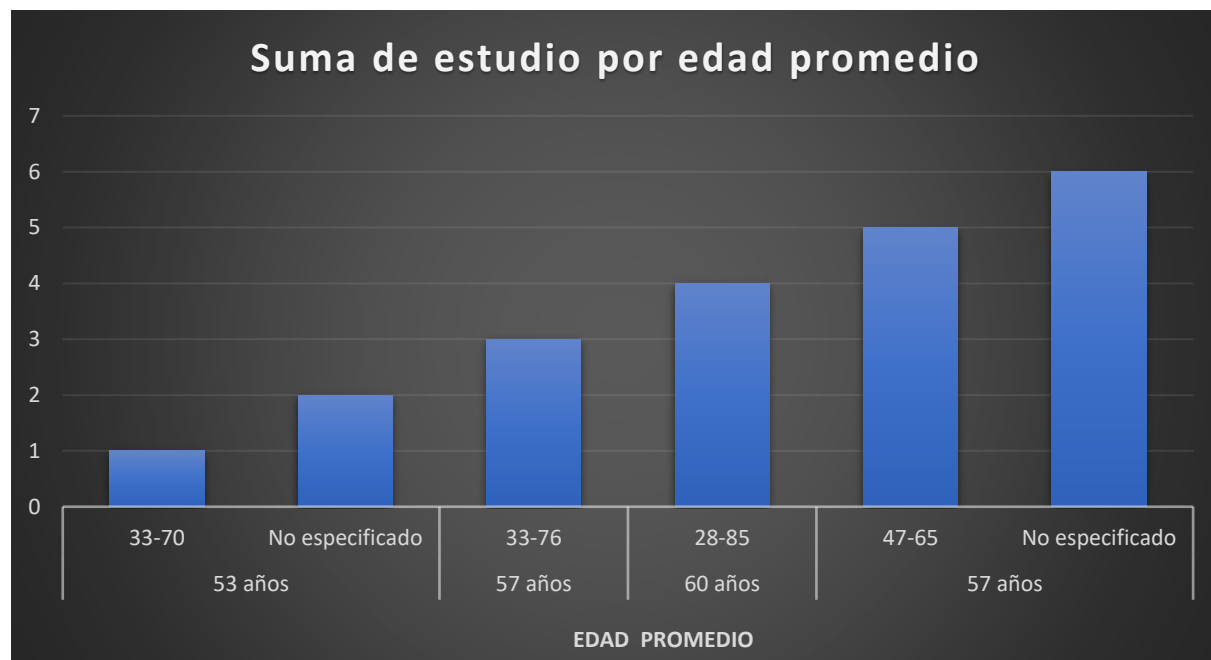
Edad Promedio y Rango

La Edad promedio ha sido de 54 años

El rango de edad fue de 41 a 70 años

Figura 18

Edad Promedio



Nota. Gráfica con edad promedio de los pacientes. (2025)

El grupo de pacientes incluidos en los estudios analizados mostró una edad promedio de 54 años, con un rango de 41 a 70 años. Este hallazgo es consistente con la epidemiología conocida de los aneurismas intracraneales, ya que su incidencia aumenta a partir de los 40 años y alcanza su pico entre los 50 y 60 años.

La edad no solo es un factor de riesgo para el desarrollo de aneurismas, sino también para complicaciones postoperatorias, especialmente trombosis del stent o deterioro neurológico. Por ello, en este grupo etario, se vuelve esencial un abordaje multidisciplinario que incluya la valoración de comorbilidades como hipertensión, diabetes y dislipidemias, las cuales pueden modificar la evolución clínica y la respuesta al tratamiento endovascular.

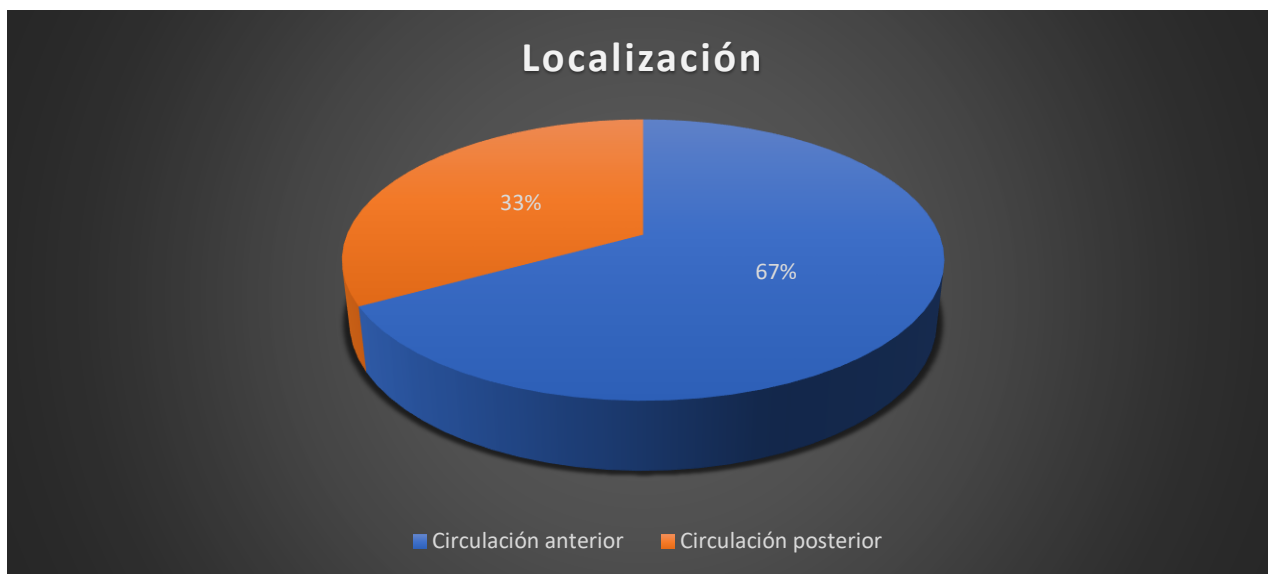
Además, en pacientes mayores de 65 años, debe considerarse una mayor vigilancia postintervención, dado que el riesgo de recanalización del aneurisma o complicaciones isquémicas puede ser superior.

Localización de los Aneurismas

Los aneurismas tratados se localizaron mayoritariamente en la circulación anterior:

Un 67 % de aneurismas fueron localizados en la circulación anterior.

En la Circulación posterior se halló el 33 % de aneurismas restantes.

Figura 19*Localización de los Aneurismas*

Nota. Localización de los aneurismas por medio de un estudio. (2025)

Los datos muestran que la mayoría de los aneurismas tratados con stents diversores de flujo se ubicaron en el sistema arterial anterior (67%), mientras que el 33 % se encontraron en la circulación posterior. Esta distribución coincide con la prevalencia anatómica descrita en la literatura, donde los aneurismas saculares predominan en la arteria carótida interna y sus ramas, especialmente en el polígono de Willis.

El tratamiento de aneurismas en la circulación anterior suele asociarse con mejores resultados clínicos y menor tasa de complicaciones, en comparación con los ubicados en la circulación posterior, como el sistema vértebro-basilar, donde el acceso es más complejo y existe un mayor riesgo de isquemia secundaria.

Además, la anatomía vascular del territorio posterior implica arterias más pequeñas, con flujo más sensible a alteraciones hemodinámicas, lo que eleva la probabilidad de trombosis, infartos o déficit neurológicos posprocedimiento. Por tanto, aunque los diversores de flujo han

mostrado efectividad en ambas regiones, se recomienda mayor precaución y seguimiento más estricto en casos de aneurismas localizados en la circulación posterior.

Tamaño de los Aneurismas

El tamaño de los aneurismas visualizados se distribuyó en varios tamaños:

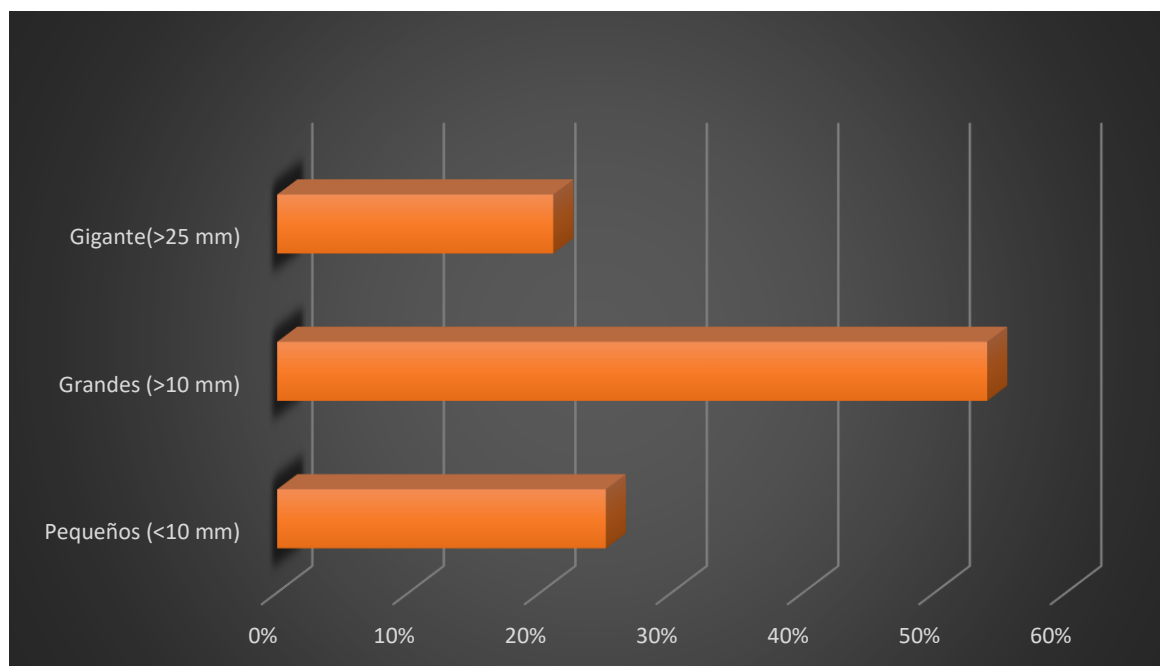
Un 25% de los AI fueron pequeños (<10 mm).

Los AI grandes (10–25 mm) constituyeron un 54%.

Los AI gigantes (>25 mm) tuvieron un consolidado del 21%

Figura 20

Tamaños de los Aneurismas



Nota. Gráfica de los tamaños de los aneurismas reportados por medio de un estudio. (2025)

Los resultados revelan que el 54% de los aneurismas tratados eran de tamaño grande (entre 10 y 25 mm), el 21% eran gigantes (>25 mm), y solo el 25% correspondían a aneurismas pequeños (<10 mm). Esta distribución es coherente con el hecho de que los stents diversores de flujo están indicados principalmente para el tratamiento de aneurismas grandes y gigantes,

especialmente aquellos de cuello ancho, morfología fusiforme o de localización compleja.

El predominio de aneurismas grandes y gigantes en los estudios analizados reafirma el papel de estos dispositivos como alternativa a técnicas tradicionales como los coils o el clipaje, las cuales resultan menos eficaces o técnicamente limitadas en lesiones de este tipo. Estos aneurismas, además de su mayor tamaño, suelen estar asociados a un mayor riesgo de ruptura y a una evolución clínica más agresiva si no se tratan de manera oportuna.

Cabe resaltar que el tratamiento de aneurismas gigantes representa un reto clínico por su alta tasa de recanalización y complicaciones trombóticas. Por ello, el uso de diversores de flujo en este contexto requiere una planificación cuidadosa, protocolos antiplaquetarios estrictos y seguimiento por imagen a largo plazo.

Diversores de Flujo Utilizados

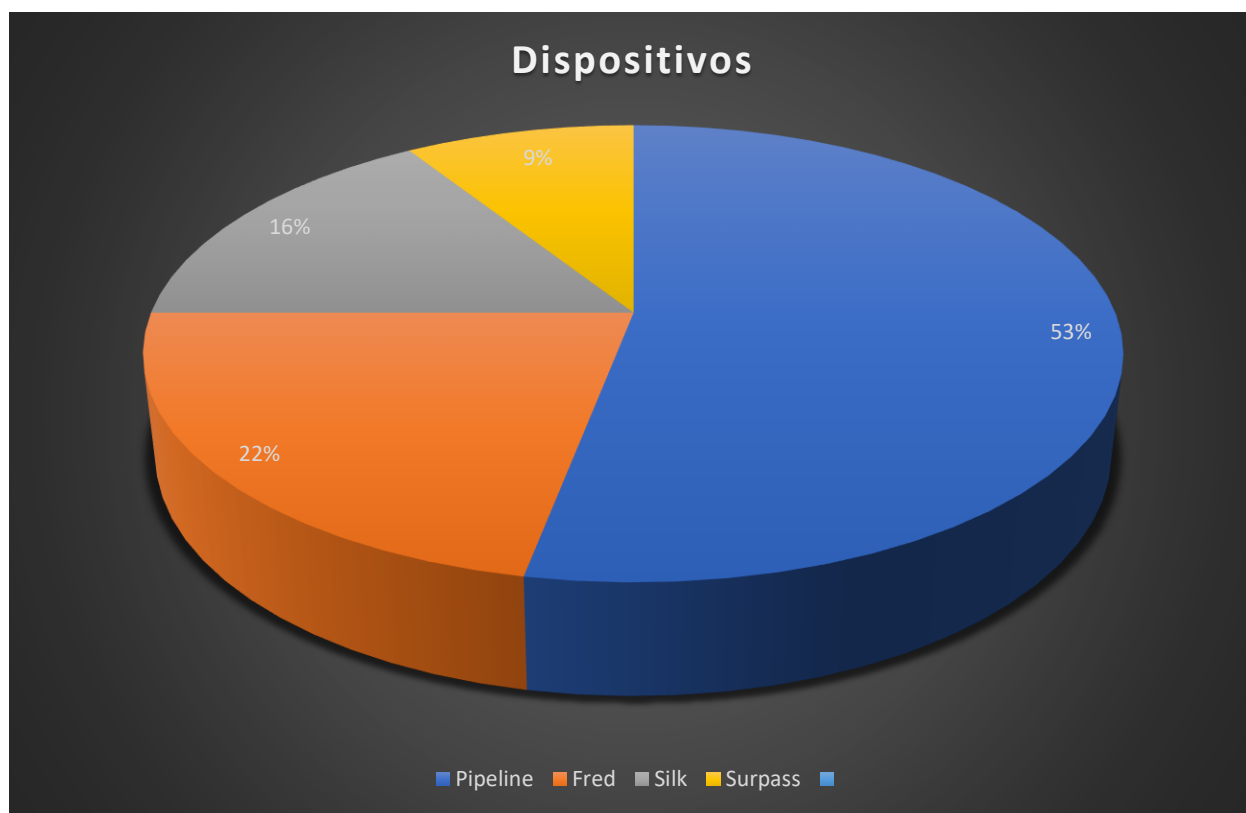
Los datos recopilados arrojaron resultados diversos:

Los datos mostraron que el Pipeline™ fue el dispositivo más utilizado, con un 53 %, evidenciando su predominio en la práctica clínica.

El FRED™ representó el 22 % de los casos, consolidándose como una alternativa relevante en determinados escenarios.

Por su parte, el SILK™ alcanzó un 16 %, manteniendo su importancia, aunque con menor frecuencia de uso.

Finalmente, el Surpass™ registró un 9 %, siendo el menos empleado dentro de los diversores analizados.

Figura 21*Dispositivos Utilizados*

Nota. Diversores de flujo utilizados en el estudio reportado. (2025)

Los resultados muestran que el Pipeline™ fue el dispositivo más utilizado (53%) en los estudios incluidos, seguido por FRED™ (22%), SILK™ (16%) y Surpass™ (9%). Esta distribución concuerda con la evidencia internacional, donde el Pipeline™ se ha consolidado como el estándar de oro en el tratamiento de aneurismas intracraneales complejos, gracias a su alta tasa de oclusión, facilidad de implantación y sólida evidencia clínica a largo plazo.

El segundo dispositivo más empleado, FRED™, destaca por su diseño de doble capa, lo cual le confiere mayor estabilidad y un mejor perfil de cobertura, facilitando el tratamiento en anatomías más tortuosas. Por su parte, el SILK™, aunque fue pionero en Europa, ha sido menos adoptado en América Latina, probablemente debido a restricciones regulatorias o preferencias

clínicas. Finalmente, Surpass™, aunque técnicamente avanzado, parece estar reservado para casos muy específicos o para centros con mayor experiencia.

Este patrón de uso refleja no solo la efectividad de cada dispositivo, sino también su disponibilidad y la familiaridad del equipo médico con sus características técnicas. La elección del stent adecuado debe basarse en una evaluación individualizada del aneurisma, considerando el diámetro del vaso, la ubicación, la tortuosidad y la presencia de ramas perforantes.

Tabla 3

Complicaciones Reportadas

Tipo de complicación	Total de casos
Complicaciones técnicas	75
Eventos tromboembólicos (Accidentes isquémicos (ictus, AIT) y trombosis intrastent)	22
Eventos hemorrágicos	9
Isquemia cerebral	15
Otras complicaciones neurológicas (Disartria transitoria, vasoespasma sintomático u otros síntomas focales)	4
Estenosis intrastent	15
Oclusión vaso principal (Pérdida completa de permeabilidad en el vaso “madre”)	9
Oclusión de rama cubierta (Oclusión de ramas perforantes o laterales por el dispositivo)	6
Mortalidad neurológica (Muertes secundarias a ruptura o complicaciones cerebrovasculares.)	2

Nota. Complicaciones reportadas en las intervenciones de aneurismas intracraneales. (2025)

En general, las tasas de complicaciones fueron bajas, siendo las más comunes las de tipo menor. No se presentaron diferencias significativas entre dispositivos.

En la tabla 3, titulada “Complicaciones Reportadas”, se evidencia un predominio de las complicaciones técnicas (75 casos), lo cual coincide con lo reportado en la literatura, donde se describe que las dificultades técnicas durante el despliegue de los stents diversores de flujo son relativamente frecuentes debido a la compleja anatomía del árbol vascular intracraneal. Así mismo, estudios recientes han documentado la incidencia de complicaciones técnicas durante los procedimientos, siendo las fallas más frecuentes aquellas relacionadas con una apertura inadecuada del stent, seguidas por la perforación causada por el alambre guía.

Por otro lado, se reportaron 22 casos de eventos tromboembólicos, incluyendo accidentes isquémicos transitorios (AIT) y trombosis intrastent, y 15 casos de estenosis intrastent. Estos eventos están relacionados con la formación de trombos en el interior del dispositivo, especialmente cuando no se mantiene una adecuada terapia antiagregante, o cuando existe mala adherencia a la pared arterial.

Aunque los DF ofrecen una opción terapéutica muy eficaz, su colocación conlleva, aunque con baja incidencia, el riesgo de complicaciones isquémicas y hemorrágicas. Dichos eventos pueden ocasionar secuelas neurológicas permanentes, siendo imprescindible considerarlos en la planificación y seguimiento clínico (Zhou et al., 2017).

La isquemia cerebral fue reportada en 15 casos, siendo una de las complicaciones neurológicas más relevantes, seguida por los eventos hemorrágicos (9 casos) y la oclusión del vaso principal (9 casos), que implica una pérdida total de permeabilidad en la arteria tratada. También se documentaron 6 casos de oclusión de ramas cubiertas, principalmente de pequeñas ramas perforantes, y 4 casos de otras complicaciones neurológicas como disartria transitoria o vasoespasma sintomático.

Finalmente, se documentaron 2 casos de mortalidad neurológica, los cuales estuvieron relacionados con la ruptura del aneurisma o con complicaciones cerebrovasculares que surgieron después del procedimiento.

Eficacia del Tratamiento

Arrojó una tasa de oclusión promedio de 80–85%.

El alta hospitalaria en general se dio dentro de las primeras 24 a 72 horas.

La menor invasividad fue predominante en técnicas por punción radial.

Alta eficacia en aneurismas complejos (cuello ancho o fusiformes).

Los diversores de flujo muestran una alta eficacia clínica, con recuperación temprana y menor necesidad de hospitalización prolongada.

El uso de diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales ha constituido un avance positivo para el neurointervencionismo, especialmente en casos donde las técnicas convencionales como los coils o los stents simples presentaban limitaciones e incluso resultados menos positivos. Los datos recopilados en este estudio, denotan una tasa de oclusión promedio del 80–85 %, ratificando su alta eficacia clínica, incluso en aneurismas de mayor complejidad en su abordaje.

El análisis detallado de este metaanálisis revela que diversos estudios multicéntricos han demostrado tasas elevadas de oclusión progresiva mediante el uso de diversores de flujo, alcanzando aproximadamente un 85 % a los 6 meses y hasta un 95 % al año, según algunos reportes. Este alto grado de eficacia se atribuye tanto al mecanismo hemodinámico único de estos dispositivos como al avance continuo en las modalidades radiológicas, que han mejorado significativamente la capacidad de seguimiento, evaluación y control en estos casos.

Los diversores de flujo han demostrado especial utilidad en aneurismas de cuello ancho, fusiformes, o localizados en segmentos arteriales acceso mucho más difícil, donde las técnicas convencionales presentan mayores tasas de fracaso o recanalización. En estos casos, los dispositivos como Pipeline, FRED o Silk (los más usados en los estudios) han mostrado tasas de éxito cercanas al 90 % sin recurrencia significativa. Esto se traduce en una alternativa efectiva incluso para pacientes que antes no eran considerados candidatos a tratamiento quirúrgico o endovascular.

El acceso radial se ha consolidado como la vía preferida en los procedimientos endovasculares debido a sus múltiples beneficios clínicos. Entre ellos, destaca una menor tasa de complicaciones locales como hematomas o pseudoaneurismas, en comparación con el acceso femoral.

El acceso radial favorece la deambulación temprana, ya que no requiere inmovilización prolongada tras el procedimiento, permitiendo el alta en 24 a 72 horas. Además, suele disminuir la necesidad de anestesia general y reducir la duración quirúrgica (Borja Romero et al., 2018).

Estas ventajas, al disminuir el impacto fisiológico y agilizar la recuperación funcional, convierten al acceso radial en una alternativa muy beneficiosa, especialmente en pacientes jóvenes, ambulatorios o con comorbilidades, optimizando recursos hospitalarios y mejorando la experiencia asistencial (Borja Romero et al., 2018).

Tabla 4*Abordaje para Tratamiento Endovascular*

Característica	Abordaje radial	Abordaje femoral
Complicaciones	Menor tasa de complicaciones, especialmente en sangrados y hematomas	Mayor riesgo de complicaciones (Sangrados, hematomas, fístulas)
Recuperación	Recuperación más rápida	Recuperación más lenta debido al sitio de punción más profundo.
Alta Voluntaria	Permite alta voluntaria temprana	Generalmente requiere hospitalización más larga
Acceso para dispositivos grandes	Limitado para dispositivos grandes debido al tamaño de la arteria radial	Mejor acceso a dispositivos grandes, adecuado para aneurismas complejos
Uso tradicional	Menos común, pero en aumento debido a sus ventajas de seguridad	Técnica tradicional con mayor experiencia en su uso

Nota. Acceso radial para procedimientos diagnósticos y terapéuticos, comparación con el acceso femoral. Tomado de: *Revista Española de Cardiología*, 50(6), 481–489.

El abordaje radial se está convirtiendo en una opción preferida debido a su menor tasa de complicaciones, recuperación más rápida, y la posibilidad de alta ambulatoria temprana (Borja Romero et al., 2018; Dandpat et al., 2019).

Sin embargo, faltan estudios y evidencia que puedan verificar la buena adecuación para el uso de los DF en el tratamiento aneurismas más complejos que requieren dispositivos más grandes. No obstante, en los últimos años, el acceso radial ha ganado una aceptación progresiva en el campo del neurointervencionismo. Esta transición responde a múltiples factores que combinan beneficios clínicos, mejoras en la experiencia del paciente y optimización de recursos hospitalarios.

Diversos estudios han documentado una reducción significativa en las complicaciones relacionadas con el sitio de punción, así como una disminución en el riesgo de sangrados

mayores, eventos cardiovasculares adversos y mortalidad, en comparación con el acceso femoral (Satti & Vance, 2020).

Aunque aún faltan ensayos controlados aleatorizados en el ámbito neurovascular, los datos observacionales muestran resultados favorables en procedimientos diagnósticos e intervencionistas.

Otro aspecto relevante y no menos importante, es la preferencia del paciente. El abordaje radial permite una movilización más rápida, menor incomodidad, y evita la exposición de la región inguinal, que requiere un tiempo de observación más prolongado, y debido a la zona, mayores riesgos de sangrados o hematomas postprocedimiento.

Esto, se traduce en menor estrés y una recuperación más confortable. Estudios previos han demostrado que los pacientes perciben este acceso como menos doloroso y más conveniente, haciendo más cómoda la experiencia del paciente en su tratamiento (Satti & Vance, 2020).

Tabla 5

Modalidades Radiológicas Usadas por Estudios

Estudio	Modalidad Radiológica	Descripción
Estudio 1	Angiografía por sustracción digital (DSA) (Pre y Post)	Visualización de anatomía y oclusión postratamiento
Estudio 2	Angiografía por sustracción digital (DSA) (Pre y Post)	Visualización de aneurismas y su oclusividad postratamiento
Estudio 3	Angiografía por sustracción digital (DSA) (Pre y Post), Resonancia Magnética (RM), Angio tomografía	Diagnóstico de aneurismas y seguimiento postoperatorio (DSA), cambio de flujo cerebral (RM), seguimiento y complicaciones (Angio-TC)

Estudio 4	DSA (Pre y Post), Angio-TC	Visualización de aneurismas y oclusión postoperatoria (DSA), verificación de permeabilidad y complicaciones (Angio-TC)
Estudio 5	DSA (Pre y Post), ARM, Angio-TC	Visualización de aneurismas y seguimiento a largo plazo (DSA), monitoreo de flujo cerebral (RM), verificación de oclusión (Angio-TC)
Estudio 6	DSA, ARM	

Nota. Esta tabla muestra las diferentes modalidades por imágenes utilizadas en los estudios.

(2025)

La Angiografía por sustracción digital (DSA) es la modalidad principal utilizada para diagnóstico y seguimiento postoperatorio en todos los estudios, debido a su capacidad para visualizar aneurismas y verificar la oclusividad. Por el contrario, la ARM se utiliza solo en algunos estudios como complemento para monitoreo postoperatorio y seguimiento del flujo cerebral, sin la necesidad de contrastes invasivos. La Angio-TC se utiliza principalmente postprocedimiento para verificar la oclusión y observar la ausencia de complicaciones.

La angiografía con sustracción digital (DSA) continúa siendo el estándar de oro para el diagnóstico de aneurismas intracraneales, gracias a su capacidad para obtener imágenes en tiempo real con alta resolución espacial y dinámica (Kapsas et al., 2015).

Kapsas et al. (2015) destacan que la DSA alcanza sensibilidades y especificidades superiores al 98 %, incluso en aneurismas menores de 3 mm, superando a modalidades como la Angio-RM y la Angio-TC en resolución espacial y flujo dinámico.

Las bondades que ofrece la DSA durante el despliegue del divisor de flujo, guían y fortalecen la confirmación intraoperatoria, esto debido a que la DSA no solo documenta la posición precisa del dispositivo, sino que también visualiza el cambio inmediato en el llenado

aneurismático, ideal para garantizar una colocación óptima antes de finalizar el procedimiento (Saavedra et al., 2019).

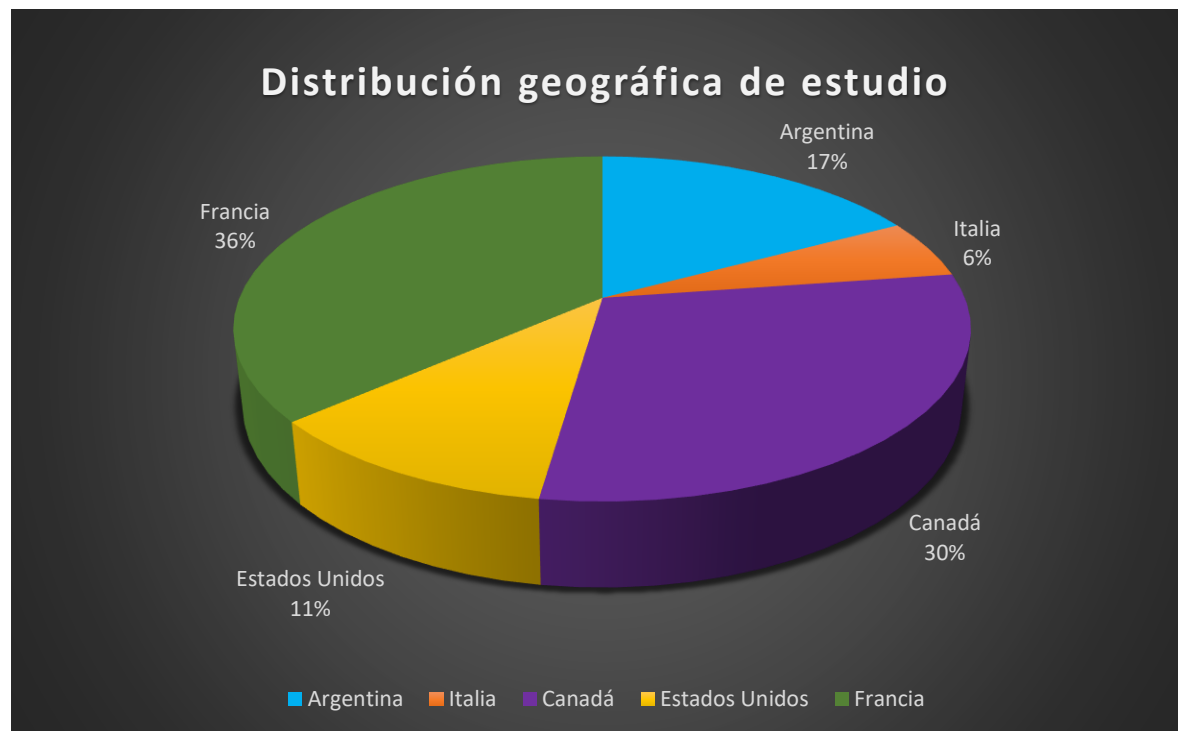
El uso de DSA presenta limitaciones por su carácter invasivo y la exposición a radiación. Es fundamental emplear la mínima dosis posible y realizar un control estrecho de los pacientes para reducir complicaciones dérmicas (Badel et al., 2018).

Badel et al. (2018) advierten que la DSA, aunque efectiva, implica riesgos por fluoroscopia, por lo que resulta indispensable aplicar dosis mínimas de radiación y vigilar cuidadosamente a los pacientes, siempre evaluando el riesgo-beneficio del procedimiento.

Distribución Geográfica de Estudios en Aneurisma Cerebral, Tratados con el Dispositivo

Figura 22

Distribución Geográfica de Estudio



Nota. Distribuciones geográficas del estudio. (2025)

Los estudios revisados cubren una amplia gama geográfica, proporcionando información

valiosa sobre los tratamientos de aneurismas intracraneales en diferentes regiones. La distribución geográfica refleja tanto diferencias regionales en la prevalencia de aneurismas intracraneales como en el acceso a tecnologías y las prácticas clínicas.

La distribución geográfica de los estudios analizados muestra una concentración significativa en Francia (36 %) y Canadá (30 %), seguidos por Argentina (17 %), Estados Unidos (11 %) e Italia (6 %). Esta variabilidad responde a factores tanto epidemiológicos como estructurales del sistema de salud e innovación tecnológica.

En países con mayor desarrollo como Canadá, Estado Unidos y Francia, los índices destacan históricamente por su liderazgo en neurorradiología intervencionista.

Banguero (2014) afirma que el primer stent diseñado específicamente para uso intracraneal con aprobación por la FDA en Norte América, fue el Neuroform (Boston Scientific Corporation Natick, USA) en el año 2002.

Así mismo, se tiene el dato que, en Europa, el primer stent fue el Leo, precisamente en Francia, introducido en 2003, seguido por el Enterprise (Cordis Neurovascular I, Miami Lakes, EE. UU.), aprobado por la FDA en 2007 (Banguero, 2014).

Aunque América Latina, representada por Argentina con un 17 % de las publicaciones en este campo, no alcanza el mismo volumen de estudios que otros países, ha demostrado un crecimiento sostenido en su capacidad para realizar procedimientos de alta complejidad, como el uso de diversores de flujo. Este avance ha sido particularmente evidente en centros terciarios ubicados en ciudades como Buenos Aires y Córdoba.

De hecho, los primeros estudios sobre el uso de estos dispositivos en la región datan de la década de 2000 a 2010. En ese periodo, ya se concluía que la terapia endovascular con la colocación de stents es un método mínimamente invasivo, seguro y eficaz, permitiendo el

tratamiento de este tipo de patología con excelentes resultados clínicos y morfológicos (Trabajos Orales, 2025).

Esta distribución evidencia un acceso desigual a las tecnologías de punta, siendo más prevalente en países con sistemas sanitarios altamente tecnificados. No obstante, también refleja la expansión progresiva del uso de diversores de flujo en países de ingresos medios, lo que contribuye a la generación de evidencia desde múltiples contextos clínicos.

Discusión

El presente metaanálisis, fundamentado en seis estudios internacionales publicados entre 2016 y 2022, permitió evaluar de manera integrada la efectividad y las complicaciones asociadas al uso de diversores de flujo en pacientes con aneurismas intracraneales. A través de la consolidación de una muestra total de 886 pacientes, se identificaron patrones clínicos y técnicos relevantes para el abordaje de esta patología mediante técnicas de hemodinamia.

En cuanto al perfil demográfico, se evidenció una mayor proporción de pacientes de sexo femenino (70%), lo cual concuerda con la literatura que describe una mayor prevalencia de aneurismas intracraneales en mujeres, atribuida a factores hormonales y estructurales vasculares. La edad promedio fue de 55 años, con un rango de 33 a 76 años, confirmando que esta condición afecta principalmente a adultos mayores, grupo etario en el cual los procedimientos mínimamente invasivos resultan especialmente valiosos por su menor riesgo perioperatorio.

Desde el punto de vista anatómico, el 92.5% de los aneurismas tratados se localizaron en la circulación anterior, con predominio en la arteria carótida interna y sus segmentos. Esta distribución es esperable, ya que los aneurismas de la circulación anterior son más comunes y técnicamente más accesibles para el tratamiento endovascular. La baja proporción de aneurismas en la circulación posterior (7.5%) refleja tanto su menor prevalencia como la complejidad técnica que implican.

Respecto al tamaño, la mayoría de los aneurismas tratados fueron pequeños (<10 mm), representando el 85% de los casos. Si bien los diversores de flujo fueron inicialmente concebidos para el manejo de aneurismas grandes o de cuello ancho, los datos del presente análisis evidencian su creciente uso en aneurismas de menor tamaño, posiblemente por su efectividad comprobada y el refinamiento de las técnicas endovasculares.

En relación con los dispositivos utilizados, se destaca el uso predominante del Pipeline y el FRED, con 359 y 212 casos estimados respectivamente. Esta tendencia refleja tanto la eficacia clínica demostrada como la amplia disponibilidad de estos dispositivos en centros especializados. La elección del divisor parece estar influenciada por la localización, morfología del aneurisma y experiencia del equipo médico.

En cuanto a las complicaciones, si bien los estudios no siempre cuantifican con precisión los eventos adversos, se identificaron principalmente eventos isquémicos y hemorrágicos, así como algunas dificultades técnicas relacionadas con el despliegue del dispositivo. No obstante, la tasa de complicaciones graves fue baja, lo cual respalda la seguridad del procedimiento cuando se realiza en centros con experiencia.

Los beneficios clínicos fueron consistentes en todos los estudios analizados: una tasa de oclusión promedio del 80-85%, alta hospitalaria en las primeras 24-72 horas, y una recuperación postoperatoria rápida. Estos hallazgos reafirman las ventajas del tratamiento endovascular con divisores de flujo frente a técnicas quirúrgicas más invasivas, especialmente en pacientes con aneurismas complejos o localizados en zonas de difícil acceso quirúrgico.

Finalmente, el uso predominante del abordaje radial en lugar del femoral destaca un cambio en las prácticas clínicas que favorece una menor invasividad, menores complicaciones en el sitio de punción y una recuperación más expedita, especialmente en pacientes tratados en modalidad ambulatoria.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que los divisores de flujo representan una herramienta altamente eficaz y segura en el tratamiento de aneurismas intracraneales, tanto en términos de resultados clínicos como de optimización de recursos hospitalarios. La evidencia consolidada en este metaanálisis ofrece una base sólida para reforzar

su indicación en guías clínicas y protocolos institucionales, siempre bajo una adecuada selección de pacientes y en contextos de alta experticia técnica.

Consideraciones Éticas

De acuerdo con los principios del Reporte Belmont y la Resolución 8430 del 4 de octubre de 1993, y dado que esta investigación se clasifica como de bajo riesgo y cumple con el Artículo 6 de dicha resolución, el estudio se llevará a cabo siguiendo los siguientes criterios:

Considerando que la investigación se clasifica como de bajo riesgo, y conforme al Artículo 11 de la resolución, que establece criterios axiológicos, se incluye en la categoría de: Estudios que utilizan técnicas y métodos de investigación documental, retrospectiva y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los participantes, como revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros métodos que no abordan ni tratan aspectos sensibles de la conducta (Ministerio de Salud, 1993, p. 3).

El objetivo de este estudio es estimar la efectividad y las complicaciones asociadas al uso de stents diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, mediante un meta-análisis de estudios clínicos previos que empleen diversos métodos de diagnóstico y tratamiento en servicios de hemodinamia.

De acuerdo con el primer párrafo del Artículo 16 de la resolución, en investigaciones de riesgo mínimo, el Comité de Ética en Investigación puede permitir que el Consentimiento Informado no se obtenga por escrito si hay razones justificadas. Para investigaciones sin riesgo, se puede eximir al investigador de obtener dicho consentimiento por escrito (Ministerio de Salud, 1993, pp. 5-6). Por lo tanto, de acuerdo con lo mencionado, este proyecto no requiere el uso del Consentimiento Informado por escrito.

Conclusiones

El presente metaanálisis permitió evaluar la efectividad y las complicaciones asociadas al uso de stents diversores de flujo en el tratamiento de aneurismas intracraneales, basándose en seis estudios clínicos relevantes desarrollados entre 2016 y 2022. Los resultados obtenidos demuestran que estos dispositivos constituyen una alternativa eficaz, segura y mínimamente invasiva, especialmente en aneurismas complejos, de cuello ancho y de difícil acceso quirúrgico.

En términos de efectividad, se observó una alta tasa de oclusión aneurismática, alcanzando porcentajes superiores al 85% a medio y largo plazo. Asimismo, se evidenció una reducción significativa en la necesidad de reintervenciones y una mejora en los resultados clínicos de los pacientes, expresados mediante escalas funcionales como la escala de Rankin modificada.

Las complicaciones más frecuentes reportadas incluyeron trombosis in-stent, hemorragias postoperatorias e isquemia cerebral, las cuales, si bien son relevantes, se presentaron en una proporción menor frente a los beneficios obtenidos. Estos eventos estuvieron relacionados principalmente con factores de riesgo preexistentes como hipertensión arterial, tabaquismo, edad avanzada y antecedentes de enfermedad vascular.

El análisis también evidenció que el seguimiento postoperatorio mediante técnicas avanzadas de imagen, como la Angio-RM y la Angio-TC, juega un papel fundamental en la detección temprana de complicaciones y en la evaluación del éxito terapéutico, reforzando la necesidad de protocolos de control estandarizados.

En síntesis, los stents diversores de flujo han revolucionado el abordaje endovascular de los aneurismas intracraneales, mostrando altos niveles de eficacia, una notable reducción del riesgo de ruptura y una mejor calidad de vida para los pacientes tratados. No obstante, su

implementación debe estar acompañada de una adecuada selección del paciente, experiencia del equipo tratante y un seguimiento riguroso.

Recomendaciones

Fortalecer los protocolos de selección de pacientes, es fundamental para establecer criterios clínicos y radiológicos estrictos para la indicación de stents DF, considerando factores como la morfología del aneurisma, su localización, el estado neurológico del paciente y sus comorbilidades.

Para optimizar el seguimiento postoperatorio mediante imagenología avanzada se recomienda implementar protocolos de seguimiento sistemáticos con Angio-TC y Angio-RM para evaluar la exclusión del aneurisma, la permeabilidad del stent y la aparición de complicaciones tardías.

La capacitación continua del talento humano en servicios de hemodinamia ayuda al éxito del procedimiento. Estos dependen en gran medida del conocimiento técnico y la experiencia del equipo. Se sugiere fomentar programas de actualización para profesionales de radiología, neuro intervencionismo y cuidados postoperatorios.

Estandarizar el registro de complicaciones y desenlaces clínicos, creando bases de datos institucionales y multicéntricas, ya que esto facilitaría una mejor comprensión de los factores asociados a resultados exitosos o adversos, permitiendo comparar prácticas clínicas y mejorar la toma de decisiones terapéuticas.

Se recomienda promover investigaciones multicéntricas con seguimiento a largo plazo. Aunque los resultados del presente metaanálisis son prometedores, persisten vacíos de evidencia respecto a la efectividad sostenida en el tiempo y la seguridad en contextos clínicos variados. Se recomienda impulsar estudios prospectivos que integren variables clínicas, técnicas y socioeconómicas.

Incluir enfoques multidisciplinarios para el manejo integral del paciente, ya que el tratamiento del aneurisma debe ir más allá de la intervención. Se requiere un enfoque integral que contemple rehabilitación, control de factores de riesgo vascular, atención psicológica y educación al paciente y su familia

Referencias Bibliográficas

- AANC. (2016). Tratamiento endovascular de aneurismas por abordaje radial. 50 casos. Técnica y resultados. Trabajo premio senior. Neuropinamar 2016. *Revista Argentina de neurocirugía*. Aanc.org.ar. <https://aanc.org.ar/ranc/items/show/224>
- Almeida, R., Orozco, F., Rosa, & Cure, C. (2021). Experiencia en el tratamiento de tres pacientes con diagnóstico de aneurismas tipo ampolla (blister-like) de circulación posterior con stent de celdas cerradas (Ivis blue). *Neurociencias journal*, 28(1), 35–49. <https://medcytjournals.com/index.php/neurocienciasjournal/article/view/215>
- Badel, A. E., Rico-Mesa, J. S., Gaviria, M. C., Arango-Isaza, D., & Chica, H. (2018). Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica. *Revista colombiana de cardiología*, 25(3), 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2017.10.008>
- Banguero, A. (2014). Eficacia de los “flow diverter” en el tratamiento de los aneurismas cerebrales complejos. Tesis Doctoral. Santiago de Compostela. <https://core.ac.uk/download/pdf/75992927.pdf>
- Borja Romero, H., Gil-Rojas, Y., Senior, J. M., Castañeda-Cardona, C., & Rosselli, D. (2018). Costo-efectividad del abordaje radial comparado con el femoral en la arteriografía coronaria diagnóstica e intervencionista. *Revista colombiana de cardiología*, 25(5), 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2018.03.007>
- Botero Botero, Luis Manuel, Pérez Perez, Juliana Marcela, Duque Vasquez, Diego Alejandro, & Quintero Reyes, Carlos Alfredo. (2021). Factores de riesgo para enfermedad cerebrovascular en el adulto mayor. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). Epub 01 de septiembre de 2021. Recuperado en 01 de diciembre de 2024, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300013&lng=es&tlng=pt.

- Briganti, F., Leone, G., Cirillo, L., Oreste de Divitiis, Solari, D., & Cappabianca, P. (2017). Postprocedural, midterm, and long-term results of cerebral aneurysms treated with flow-diverter devices: 7-year experience at a single center. *Neurosurgical focus*, 42(6), E3–E3. <https://doi.org/10.3171/2017.3.focus1732>
- Busch, U. (2016). Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos x y la creación de una nueva profesión médica. *Revista Argentina de radiología / Argentinian Journal of radiology*, 80(4), 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.rard.2016.08.003>
- Callejas, L. (2021). Eficacia y seguridad en el tratamiento endovascular de aneurismas carotídeos no rotos con diversores de flujo. Experiencia institucional. *Unab.edu.co*. <http://hdl.handle.net/20.500.12749/15761>
- Camargo Muñoz, J. A. (2024). Aproximación a la capacidad instalada de equipos de tomografía computarizada en Colombia. *Revista cife: lecturas de economía social*, 26(44), 8-42. <https://doi.org/10.15332/22484914.10545>
- Campos Gamarra, R. N., Astudillo Palacios, M. G., Gallo Guerrero, M., Rojas Delgado, G., & Palacios García, J. (2024). Manejo de aneurismas cerebrales: Revisión de la literatura pasada, presente y futura. *Acta neurológica colombiana*, 40(1). <https://doi.org/10.22379/anc.v40i1.1216>
- Carolina, J. (2019). Monitoreo de la tasa de dosis equivalente ambiental en procedimientos intervencionistas en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. *Espacech.edu.ec*. <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/13032>

- Castrillón-Giraldo, W. S., Morales-Aramburo, J., & Jaramillo-Garzón, W. (2020). Control de calidad en equipos de rayos x en intervencionismo. *Revista colombiana de cardiología*, 27, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.09.009>
- Cerda, Carlos Ubeda de la, Soffia-Sánchez, Pablo, Inzulza-Contardo, Alonso, Miranda-Gonzalez, Patricia, Aragón-Caqueo, Gonzalo, & Aragón-Caqueo, Diego. (2021). Ethical values of radiological protection in radiodiagnostic and radiological interventionism procedures. *Revista chilena de radiología*, 27(4), 164-169. <https://dx.doi.org/10.24875/rchrad.m21000008>
- Colegio Americano de Radiología (ACR). (2021). Enfermedades cerebrovasculares: aneurisma, malformación vascular y hemorragia subaracnoidea. Actualización 2021. <https://acsearch.acr.org/list/PdfView?vendorID=3149013>
- Cruz, P., Rivero, S., Clausell, B., Jorge, C., Cruz, P., Rivero, S., Clausell, B., & Jorge, C. (2020). La enfermedad cerebrovascular y sus factores de riesgo. *Revista cubana de medicina militar*, 49(3), -. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572020000300009
- Dandapat, S., Mendez-Ruiz, A., Martínez-Galdámez, M., Macho, J., Shahram Derakhshani, Torres, G. F., Pereira, V. M., Anil Arat, Wakhloo, A. K., & Ortega-Gutierrez, S. (2020). Review of current intracranial aneurysm flow diversion technology and clinical use. *Journal of neuroInterventional surgery*, 13(1), 54–62. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-015877>
- Díaz, M. (2024). Riesgos asociados a la radiación en procedimientos de hemodinamia e intervencionismo cardiovascular. Revisión sistemática. Universidad regional autónoma de los andes “uniandes”.

<https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/18590/1/UA-MQI-EAC-098-2024.pdf>

- Echeverri, D., Peña, I., Suárez, A., & Cabrales, J. (2016). Hemodinamia e intervencionismo cardiovascular: ¿evolución o revolución? *Revista colombiana de cardiología*, 23(3), 159–162. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2015.10.012>
- Fernández-Martínez, A. M., Jose Daniel Samper-Wamba, Valdivia-Ruiz, J., Rosati, S., & Balboa-Arregui, O. (2016). Tratamiento endovascular de aneurismas intracraneales rotos y no rotos: nuestra experiencia en una década. *Revista mexicana de neurociencia*, 16(5), 1–15. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=64943>
- Flohr, T. (2013). CT systems. *Current radiology reports*, 1(1), 52–63. <https://doi.org/10.1007/s40134-012-0005-5>
- G. Ruiz-Ares, P. Martínez-Sánchez, & Fuentes, B. (2015). Enfermedades cerebrovasculares. *Medicine - programa de formación médica continuada acreditado*, 11(71), 4221–4229. [https://doi.org/10.1016/s0304-5412\(15\)30001-9](https://doi.org/10.1016/s0304-5412(15)30001-9)
- Galdámez, M. M., & Casado, R. E. (2015). Patología neurovascular aguda: ¿existe solución mediante técnicas intervencionistas?. *Anales de la real academia de medicina y cirugía de Valladolid*, 52, 117–124. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5530822.pdf>
- Gelder, J. van. (2022). Computed tomographic angiography for detecting cerebral aneurysms: implications of aneurysm size distribution for the sensitivity, specificity, and likelihood ratios. Nih.gov; centre for reviews and dissemination (UK). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK70257/>
- Hijas-Gomez, A. I., Luengo-Matos, S., Garcia-Carpintero, E. E., & Maria, S. (2021). Dispositivo para la embolización de aneurismas cerebrales pequeños y medianos. *Isciii.es; Instituto*

- de salud Carlos III (ISCIII). Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitaria (AETS).
<https://repisalud.isciii.es/entities/publication/11725e2a-200c-4872-85e8-62ed7c7e193c>
- Joshi, K. C., Khanna, R., André Beer-Furlan, McLaughlin, E., Chen, M., Crowley, R. W., & Munich, S. A. (2023). Femoral access site complications following neurointerventional procedures: economic implications at a single center. *Journal of neurosurgery*, 1–5.
<https://doi.org/10.3171/2023.1.jns222171>
- Josué, M., Maylin, M., Calderón, C., & Juliana, M. (2019). Aneurisma cerebral: intervención quirúrgica de microstent, indicaciones y resultados. *Recimundo: revista científica de la investigación y el conocimiento*, 3(1), 259–286.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6796777.pdf>
- Kapsas, G., Budai, C., Toni, F., Patruno, F., Marliani, A. F., Leonardi, M., & Cirillo, L. (2015). Evaluation of CTA, time-resolved 4D CE-MRA and DSA in the follow-up of an intracranial aneurysm treated with a flow diverter stent: Experience from a single case. *Interventional neuroradiology*, 21(1), 69–71. <https://doi.org/10.15274/inr-2014-10092>
- Lagares, A., Gómez, P. A., Alén, J. F., Arian, F., Sarabia, R., Horcajadas, A., Ibañez, J., Gabarros, A., Morera, J., Lama, Ley, L., Gonçalves, J., Maillo, A., Domínguez, J., Llacer, J. L., Arrese, I., Santamarta, D., Delgado, P., Rodríguez Boto, G., & Vilalta, J. (2020). Hemorragia subaracnoidea aneurismática: guía de tratamiento del grupo de patología vascular de la sociedad española de neurocirugía. *Neurocirugía*, 22(2), 93–115.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-14732011000200001
- Laurent, D., Lucke-Wold, B., Leary, O., Randall, M. H., Porche, K., Koch, M., Nohra Chalouhi, Polifka, A., & Hoh, B. L. (2022). The Evolution of Endovascular Therapy for Intracranial

Aneurysms: Historical Perspective and Next Frontiers. *Neuroscience insights*, 17.

<https://doi.org/10.1177/26331055221117560>

Lee, K. S., John, Nguyen, V., Han, J., Johnson, J. N., Ramez Kirolos, & Teo, M. (2021). The evolution of intracranial aneurysm treatment techniques and future directions. *Neurosurgical review*, 45(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01543-z>

Limones, S., Estefanía, S., Rosero, P., & Paulette, S. (2023). Angiografía cerebral. *Reciamuc*, 7(2), 448–456. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.448-456](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.448-456)

M.A. Möhlenbruch, C. Herweh, L. Jestaedt, Stampfl, S., S. Schönenberger, P.A. Ringleb, M. Bendszus, & Pham, M. (2015). The FRED Flow-diverter stent for intracranial aneurysms: clinical study to assess safety and efficacy. *American journal of neuroradiology*, 36(6), 1155–1161. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a4251>

Macdonald, R. L., & Schweizer, T. A. (2017). Spontaneous subarachnoid haemorrhage. *The Lancet*, 389(10069), 655–666. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30668-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30668-7)

Mario, C., Alejandro, M., & Obando, M. J. (2018). Síndrome de moyamoya: una respuesta defensiva al daño crónico de un gran vaso cerebral. Informe de casos y revisión de la literatura. *Acta neurológica colombiana*, 34(1), 45–53.

<https://doi.org/10.22379/24224022178>

Matera, R. F. (2017). Diagnóstico y tratamiento de los aneurismas saculares de la arteria cerebral anterior. *Neuro-psiquiatria (Arg)*, 14(04), 305-315.

<https://www.scielo.br/j/anp/a/Ts6BgkqW5HMQxqHgtyqssKQ/?format=pdf>

- Mayo clinic.* (2025). Aneurisma cerebral - síntomas y causas - MayoClinic.org;
<https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/brain-aneurysm/symptoms-causes/syc-20361483>
- Meyer, R. M., Ramesh Grandhi, Lim, D. H., Salah, W. K., McAvoy, M., Abecassis, Z. A., Bonow, R. H., Walker, M., Ghodke, B. V., Menacho, S. T., Durfy, S., Chesnut, R. M., Kim, L. J., Bell, R. S., & Levitt, M. R. (2024). A comparison of computed tomography angiography and digital subtraction angiography for the diagnosis of penetrating cerebrovascular injury: a prospective multicenter study. *Journal of neurosurgery*, *141*(2), 306–309. <https://doi.org/10.3171/2023.12.jns232070>
- Milène Fréneau, Céline Baron-Menguy, Anne-Clémence Vion, & Gervaise Loirand. (2022). Why Are women predisposed to intracranial aneurysm? *Frontiers in cardiovascular medicine*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.815668>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). Mujeres: las más afectadas por accidente cerebrovascular ACV en Colombia, según cifras del Ministerio de Salud y Protección Social. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/mujeres-las-mas-afectadas-por-accidente-cerebrovascular-en-colombia.aspx>
- Minsky, N. W., & Yáñez, A. S. (2019). Breve historia de la resonancia magnética nuclear: desde el descubrimiento hasta la aplicación en imagenología. *Educación uímica*, *30*(2), 129–129. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.2.68418>
- Noemí Morollón, Arrese, I., Zamora, T., & Sarabia, R. (2015). Histology of a cerebral hemorrhage: AVM as a seat of a metastatic choriocarcinoma. *Neurocirugía*, *26*(3), 143–146. <https://doi.org/10.1016/j.neucir.2014.08.001>

- Oliver, A. A., Carlson, K. D., Cem Bilgin, Arturo, J. L., Ramanathan Kadirvel, Guillory, R. J., Daescu, D. D., & Kallmes, D. F. (2022). Bioresorbable flow diverters for the treatment of intracranial aneurysms: review of current literature and future directions. *Journal of neurointerventional surgery*, *15*(2), 178–182. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2022-018941>
- Ortega, M., Alonso, M. C., Prieto, N. L., Cuba, B. C., Degenhardt, M. T., Núñez, P. P., & Guitián, R. I. (2017). Hemorragia subaracnoidea aneurismática: avances clínicos. *Neurología Argentina*, *9*(2), 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2016.11.002>
- Oswaldo, N., Sánchez, A. N., Enrique, M., Cristian Camilo Páez, & Padilla, A. (2020). Utilidad de la angiografía por sustracción digital 3D en el abordaje endovascular de aneurismas cerebrales. *Revista colombiana de radiología*, *31*(1), 5283–5288. <https://doi.org/10.53903/01212095.53>
- Pérez, M., Roque, D., Lázara, L., Martínez, A., Lidia, O., & Villalonga, R. (2018). ARTÍCULO DE REVISIÓN Panorama actual del aneurisma cerebral Current panorama of brain aneurysm. *Revista universidad médica pinareña. Enero-abril*, *14*(1), 77–88. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revunimedpin/ump-2018/ump181i.pdf>
- Periódico el pulso - Generales. (2025). [Periodicoelpulso.com.co](https://periodicoelpulso.com.co). https://periodicoelpulso.com.co/ediciones-anteriores-2018/html/0705may/general/general-01.htm?utm_source
- Poveda, F., & Plazas, M. C. (2020). Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo. *Revista colombiana de cardiología*, *27*, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.002>

- Raymond, J., Iancu, D., Boisseau, W., J.D.B. Diestro, Klink, R., Chagnon, M., Zehr, J., Drake, B., H. Lesiuk, Weill, A., Roy, D., Bojanowski, M. W., C. Chaalala, Rempel, J. L., C. O’Kelly, Chow, M. M., S. Bracard, & T.E. Darsaut. (2022). Flow diversion in the treatment of intracranial aneurysms: a pragmatic randomized care trial. *American journal of neuroradiology*, 43(9), 1244–1251. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a7597>
- Regla, Roque, D. R., Lázara, L., & Lidia, O. (2018). Panorama actual del aneurisma cerebral. *Universidad médica pinareña*, 14(1), 77–88. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7079893.pdf>
- Revista mexicana de neurociencia. (2017). Retrieved August 1, 2025, from https://previous.revmexneurociencia.com/wp-content/uploads/2017/06/RevMexNeuroci_2017_182-1.pdf
- Ruíz, M. Z., Campos, K. M., Lira, I. H., Pablo, J., & Grau, S. B. (2018). Ensayo pictórico: control imagenológico de aneurismas tratados ¿Qué examen elegir? Deleted, 24(2), 55–62. <https://doi.org/10.4067/s0717-93082018000200055>
- Ruiz, O. (2024). “Factores asociados al desenlace neurológico, posterior al manejo endovascular, en pacientes con aneurismas cerebrales, cohorte retrospectiva.” *Unal.edu.co*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87152>
- Saavedra, C. R., Rangel, C. C., Pichardo, O. A., Benavides, O. C., & Orijel, A. P. (2019). Reconstrucción endovascular de aneurisma intracraneal mediante dispositivo divisor de flujo Pipeline®. *Revista de la facultad de medicina*, 62(3), 20–26. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2019.62.3.04>
- Satti, S. R., & Vance, A. Z. (2020). Radial access for neurovascular procedures. *Seminars in interventional radiology*, 37(02), 182–191. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709173>

- Tan, A., & Roberts, D. (2021). Cerebral circulation 1: anatomy. *BJA education*, 21(10), 390–395. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2021.05.004>
- Tejada, J. H., Sandoval, M. F., Charry, J. D., & Fonnegra, A. (2015). Uso dispositivo diversor de flujo pipeline® para tratamiento endovascular de aneurisma intracraneal distal gigante · Revista Argentina de neurocirugia. Aanc.org.ar. <https://aanc.org.ar/ranc/items/show/134>
- Trabajos orales. (2025). Revista Argentina de radiología, 71(3), 324–338. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382538453015>
- Ubeda, A. C., Nocetti, D. A., & Robles, I. L. (2014). Dosis de radiación a pacientes adultos en procedimientos de intervencionismo. Los primeros datos para la región del biobío. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 2(3-A). <https://doi.org/10.15392/bjrs.v3i1-a.31>
- Ubeda, C., et al. (2015). Magnitudes y unidades para dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico e intervencionismo. Deleted, 21(3), 94–99. <https://doi.org/10.4067/s0717-93082015000300004>
- Vásquez Soplopucó, H., Miraval Toledo, M. L., & Caballero Ñopo, P. (2018). Stent diversor de flujo para tratamiento de aneurisma intracraneal. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Salud Pública. Lima. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/02/970252/ets-009-stent-diversor-de-fujo-aneurisma.pdf>
- Vivanco-Suarez, J., Flores, J. E. B., Rodriguez-Calienes, A., Miranda, J. C., Foa, G., Altschul, D., Aguilar-Melgar, J. A., Dajles, A., Galecio-Castillo, M., Zevallos, C. B., Farooqui, M., Puri, A. S., Baca, H. P., & Ortega-Gutierrez, S. (2023). Flow diverter performance for the treatment of intracranial aneurysms: An international multicenter comparative study. *Stroke: Vascular and interventional neurology*, 3(2). <https://doi.org/10.1161/svin.122.000696>

- Vucevic, D., Djordjevic, D., & Radosavljevic, T. (2016). Nikola Tesla and medicine: 160th anniversary of the birth of the genius who gave light to the world - part I. *Medicinski pregljed*, 69(9-10), 313–322. <https://doi.org/10.2298/mpns1610313v>
- Wafa, H. A., Wolfe, C. D. A., Emmett, E., Roth, G. A., Johnson, C. O., & Wang, Y. (2020). Burden of stroke in Europe. *Stroke*, 51(8), 2418–2427. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.029606>
- World Health Organization. (2024). Cardiovascular diseases (CVDs) fact sheet. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-%28cvds%29?utm_source
- Ypa, P., Doroszuk, G., Leyes, M., & Goland, J. (2022). Tratamiento de aneurismas cerebrales con diversores de flujo a través de la muñeca. Serie de casos y nota técnica. *Revista Argentina de neurocirugía*, 1(01). <https://doi.org/10.59156/revista.v1i01.418>
- Zerega Ruíz, M., Müller Campos, K., Huete Lira, I., Cruz Quiroga, J. P., & Bravo Grau, S. (2018). Ensayo pictórico: control imagenológico de aneurismas tratados ¿Qué examen elegir? *Revista Chilena de radiología*, 24(2), 55–62. <https://doi.org/10.4067/s0717-93082018000200055>
- Zhou, G., Su, M., Yin, Y.-L., & Li, M.-H. (2017). Complications associated with the use of flow-diverting devices for cerebral aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical focus*, 42(6), E17–E17. <https://doi.org/10.3171/2017.3.focus16450>

Apéndice

Apéndice A

Resultado Consolidado



Tabla_Metaanálisis.
final.xlsx