



**ANGIORRESONANCIA VERSUS ANGIOGRAFÍA POR
SUSTRACCIÓN DIGITAL EN EL SEGUIMIENTO DE
ANEURISMAS INTRACRANEALES EMBOLIZADOS.
COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DIAGNÓSTICO**



Juan Manuel González Gaita

Residente de Radiología e Imágenes Diagnósticas

Danys María Amado Castro

Residente de Radiología e Imágenes Diagnósticas

Juan Carlos Puentes Vargas

Especialista en Neurocirugía y Subespecialista en Neurocirugía Endovascular

Jenny Carolina Amaya Amaya

Especialista en Epidemiología. Estudiante de Doctorado en Ciencias Básicas

**Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario
Fundación Cardíofantail Instituto de Cardiología
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Especialización en Radiología e Imágenes Diagnósticas
Noviembre de 2014**



**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE NUESTRA
SEÑORA DEL ROSARIO
ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
ESPECIALIZACIÓN EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES
DIAGNÓSTICAS**



**ANGIORRESONANCIA VERSUS ANGIOGRAFÍA POR SUSTRACCIÓN
DIGITAL EN EL SEGUIMIENTO DE ANEURISMAS INTRACRANEALES
EMBOlizADOS. COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DIAGNÓSTICO**

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES DIAGNÓSTICAS

DIRECTOR

Juan Carlos Puentes Vargas, MD.

AUTORES

- **Juan Manuel González Gaita, MD.** Médico y cirujano, Universidad del Rosario. Residente de cuarto año de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad del Rosario – Fundación Cardioinfantil.
E-mail: juan_m_gg@gmail.com
- **Danys María Amado Castro, MD.** Médico y cirujano, Universidad del Rosario. Residente de tercer año de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad del Rosario – Fundación Cardioinfantil.
E-mail: dimmis10@gmail.com
- **Juan Carlos Puentes Vargas, MD, Esp.** Médico y Cirujano, Universidad Javeriana. Especialista en Neurocirugía, Universidad Javeriana. Neurocirugía Endovascular, Universidad de Puerto Rico.
E-mail: jcpuentes@cardioinfantil.org
- **Jenny Carolina Amaya Amaya, MD, Esp.** Médico y cirujano, Universidad del Rosario. Especialista en Epidemiología, Universidad del Rosario-Universidad-CES. Estudiante de Doctorado Ciencias Básicas, Universidad del Rosario.
E-mail: jecamaya@gmail.com

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

- **Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.** Calle 12C # 6-25. Bogotá, D.C., Colombia.
- **Fundación Cardioinfantil – Instituto de Cardiología.** Calle 163ª # 13B-60. Bogotá, D.C., Colombia.

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a las personas sin quienes este proyecto no hubiera sido posible; a nuestras familias por la paciencia y el apoyo durante el proceso de búsqueda, escritura y análisis de datos.

A las personas que nos asistieron en el proceso de obtención de información y análisis de datos; a Juan Sebastián Franco quien nos apoyó de manera constante durante todo el proceso.

A la Fundación Cadiointantil por ser la institución donde tuvimos la oportunidad de realizar el entrenamiento en Radiología y a todos los docentes que participaron en este aprendizaje.

Al personal administrativo de la Universidad del Rosario que nos apoyó durante el proceso de entrega del proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Planteamiento del Problema	5
3. Justificación	6
4. Pregunta de Investigación	7
5. Marco Teórico	8
6. Estado del arte	27
7. Propósito	30
8. Objetivos	31
8.1 Objetivo General	31
8.2 Objetivos Específicos	31
9. Metodología	32
9.1 Diseño	32
9.2 Revisión sistemática de la literatura	32
9.3 Extracción de datos	34
9.4 Criterios de selección	37
9.5 Control de sesgos y errores	37
9.6 Plan de análisis	38
9.6 Aspectos éticos	39
10. Administración del proyecto	40
10.1 Cronograma	40
10.2 Presupuesto	40
11. Resultados	43
11.1 Revisión sistemática de la literatura	43
11.2 Características clínicas de la población	44
11.3 Calidad de los estudios: QUADAS-2 y OCEBM	50
11.4 Desempeño diagnóstico de la TOF-MRA	53
11.5 Desempeño diagnóstico de la CE-MRA	56
12. Discusión	59
13. Conclusiones	62
14. Recomendaciones	63
15. Bibliografía	64
Anexos	72

TABLA DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 1. Clasificación de los aneurismas intracraneales	9
Tabla 2. Factores pronóstico de sangrado de aneurismas intracraneales	10
Tabla 3. Factores asociados con el desarrollo de aneurismas intracraneales	11
Tabla 4. Métodos diagnósticos de aneurismas intracraneales	14
Tabla 5. Abordaje terapéutico de aneurismas intracraneales	24
Tabla 6. Instrumento QUADAS-2 utilizado para evaluar calidad de los estudios	35
Tabla 7. Características clínicas de los pacientes con aneurismas cerebrales	46
Tabla 8. Calidad de los estudios evaluada por OCEBM	50
Tabla 9. Calidad de los estudios evaluada por QUADAS-2	52
Tabla 10. Sensibilidad y especificidad estratificada por potencia del resonador	53
Tabla 11. Concordancia interobservador de la TOF-MRA comparada con la DSA	54
Tabla 12. Concordancia interobservador de la CE-MRA comparada con la DSA	57
Figura 1. Flujograma de la revisión sistemática de la literatura	45
Figura 2. Principal localización de los aneurismas cerebrales	48
Figura 3. Distribución de los aneurismas cerebrales en la circulación anterior	49
Figura 4. Distribución de los aneurismas cerebrales en la circulación posterior	49
Figura 5. Sensibilidad y especificidad calculada de la TOF-MRA	55
Figura 6. Curva sROC de la TOF-MRA	56
Figura 7. Sensibilidad y especificidad calculada de la CE-MRA	57
Figura 8. Curva sROC de la CE-MRA	58

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de extracción de datos de revisión sistemática de la literatura	72
--	----

RESUMEN

Introducción: La DSA es el método de elección para el seguimiento de pacientes con aneurismas intracraneales embolizados; esta se puede asociar a complicaciones incapacitantes o mortales. La MRA se ha propuesto como método alternativo por menor costo y menos morbi-mortalidad, aunque su desempeño diagnóstico permanece en discusión debido al desarrollo de nuevos protocolos, resonadores más potentes y nuevas aplicaciones de la DSA.

Metodología: Exploramos la literatura hasta la actualidad y comparamos el desempeño diagnóstico de la MRA con la DSA para detectar flujo residual posterior a la embolización terapéutica de aneurismas intracraneales. Realizamos una revisión sistemática de la literatura y meta-análisis basados en 34 artículos detectados en la búsqueda que incluyó las bases de datos PubMed, Scopus, ScIELO y BVS.

Resultados: La TOF-MRA demostró sensibilidad de 86.8% (84.3%-89.1%) y especificidad de 91.2% (89%-93.1%); la SROC para TOF-MRA demostró un AUC de 0.95. El desempeño de la CE-MRA demostró sensibilidad de 88.1% (84.6%-91.1%) y especificidad de 89.1% (85.7%-91.9%); la SROC presentó una AUC de 0.93. El análisis estratificado por potencia del resonador encontró que la TOF-MRA tiene mejor desempeño con el resonador de 3T, aunque no es estadísticamente significativo. La concordancia interobservador con TOF-MRA y CE-MRA fue moderada a muy buena.

Discusión: El desempeño diagnóstico de la MRA en el seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados demostró ser bueno, con sensibilidad mayor a 84%, siendo ligeramente mejor con TOF-MRA, sin lograr reemplazar la DSA. Sin embargo, los resultados deben ser evaluados con precaución por la heterogeneidad de los resultados de los estudios incluidos.

(Abreviaturas: DSA: Angiografía por Sustracción Digital; MRA: Angiografía por Resonancia Magnética; TOF-MRA: Angiorresonancia por Tiempo de Vuelo; CE-MRA: Angiorresonancia contrastada).

Términos MeSH: Intracranial Aneurysm; Angiography; Magnetic Resonance Angiography; Embolization, Therapeutic; Sensitivity and Specificity; Angiography, Digital Subtraction.

ABSTRACT

Introduction: DSA is the method of choice to follow patients with embolized intracranial aneurysms; it may be associated with disabling or fatal complications. The MRA has been proposed as an alternative because has less cost and less morbidity and mortality, although its diagnostic performance remains under discussion due to the development of new protocols, more powerful magnets and new applications for DSA.

Methodology: We explored literature up to present and compared the diagnostic performance of the MRA with the DSA to detect residual flow after therapeutic embolization of intracranial aneurysms. We performed a systematic review of the literature and meta-analysis based on 34 articles detected in the search which included PubMed, Scopus, ScIELO and BVS databases.

Results: TOF-MRA showed sensitivity of 86.8% (84.3%-89.1%) and specificity of 91.2% (89%-93.1%); the SROC for TOF-MRA showed an AUC of 0.95. The performance of CE-MRA showed sensitivity of 88.1% (84.6%-91.1%) and specificity of 89.1% (85.7%-91.9%); the SROC demonstrated an AUC of 0.93. Stratified analysis according to resonator strength found that TOF-MRA has better performance under 3T magnets, although it is not statistically significant. Interobserver concordance was moderate to very good for TOF-MRA and CE-MRA.

Discussion: The diagnostic performance of the MRA in the monitoring of embolized intracranial aneurysms proved to be good, with sensitivity higher than 84%, slightly better with TOF-MRA, without being able to replace the DSA. However, the results should be evaluated with caution because of the heterogeneity of the results from the included studies.

(Abbreviations: DSA: Digital Subtraction Angiography; MRA: Magnetic Resonance Angiography; TOF-MRA: Resonance Angiography by Time of Flight; CE-MRA: Resonance Angiography with Contrast).

MeSH terms: Intracranial Aneurysm; Angiography; Magnetic Resonance Angiography; Embolization, Therapeutic; Sensitivity and Specificity; Angiography, Digital Subtraction.

1. INTRODUCCIÓN

Los aneurismas intracraneales son dilataciones focales patológicas de las arterias cerebrales, que se pueden complicar y resultan en ruptura de sus débiles paredes trayendo como consecuencia una hemorragia subaracnoidea (HSA), la cual es frecuentemente referida por los pacientes como el peor dolor de cabeza de la vida, con la posibilidad de generar consecuencias y secuelas desastrosas (1). Los aneurismas intracraneales están compuestos por un saco de pared delgada, conectado a un vaso nutricio a través de un cuello. Existen varios tipos de aneurismas, los cuales se clasifican de acuerdo a su forma, tamaño, localización y etiología. La prevalencia en la población general de aneurismas intracraneales no rotos está entre el 2% y el 5% aunque otros autores reportan incidencias ente 0.8 y 10% (2-7).

En general cualquier aneurisma con diámetro mayor entre 7 y 10 mm requiere tratamiento, en especial los de la circulación posterior, que se asocian a mayor riesgo de ruptura, al igual que cualquier aneurisma que haya sangrado previamente (2, 8). El objetivo principal es prevenir la hemorragia subaracnoidea nueva o recurrente por medio de la oclusión completa del aneurisma sin comprometer el vaso nutricio ni otras ramas adyacentes; existen dos métodos de aproximación terapéutica aprobados que son la embolización de espirales por vía endovascular, y el clipaje con exclusión del aneurisma de manera quirúrgica; la elección del método de tratamiento se basa en el análisis del riesgo de ambos procedimientos, pertinencia, eficacia y duración del resultado (8).

El seguimiento de los aneurismas cerebrales manejados con procedimientos endovasculares es indispensable ya que hasta el 5 - 30% presentan algún tipo de flujo residual o recanalización (3, 9-13), con el consecuente riesgo de sangrar o resangrar, además de la morbilidad y mortalidad asociadas a la hemorragia subaracnoidea; sin embargo, el método que se debe utilizar para el seguimiento, es un tema que permanece en debate. El estudio considerado como el patrón de oro para el seguimiento es la angiografía por sustracción digital (DSA, por sus siglas en inglés) (7, 14), la cual se realiza insertando un catéter a través de una arteria periférica para lograr acceso hasta la circulación cerebral, y mediante el uso de guías y catéteres adecuados se inyecta material de contraste para visualizar sus características (14) con una resolución mayor que los otros métodos utilizados para su estudio (3, 14); sin embargo por su naturaleza invasiva conlleva el riesgo de múltiples complicaciones hasta en el 0.3% de casos, tanto en el sitio de punción como a nivel del sistema nervioso central; las complicaciones neurológicas

se presentan hasta en el 50% de los procedimientos, y de estos, hasta el 60% van a presentar secuelas permanentes con pérdida de la independencia funcional (3, 5, 9, 15).

Debido a la tasa de complicaciones presentadas por el carácter invasivo de la DSA, se han desarrollado nuevas técnicas menos invasivas en las que se intenta disminuir su incidencia, y al mismo tiempo proporcionar un desempeño diagnóstico comparable a la DSA. Es por esto que la angiografía por resonancia magnética surge como técnica alterna que permite la evaluación y seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados, con sensibilidad y especificidad para detectar flujo residual de hasta 97% y 100%; las técnicas actuales incluyen angiografía con resonancia magnética en tiempo de vuelo (TOF-MRA) o con la aplicación de material de contraste intravascular (CE-MRA) (16).

La MRA ha demostrado un desempeño satisfactorio en el seguimiento de pacientes con aneurismas intracraneales manejados con embolización endovascular, aunque menor que la DSA; sin embargo mantiene la eficacia suficiente para determinar la necesidad de un nuevo procedimiento (10, 17). No obstante, hemos visto en nuestra propia experiencia que persiste la tendencia a solicitar seguimiento de estos pacientes con DSA, exponiéndolos a mayores riesgos de manera innecesaria y con un alto costo en el servicio de salud; y debido a que en Colombia no hay estudios que permitan establecer el desempeño diagnóstico la MRA en nuestra población, se decidió la realización de este estudio, con el objetivo de identificar el potencial uso de esta técnica en el seguimiento de aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los estudios adicionales que permiten evaluación y seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados se incluye la angiografía con resonancia nuclear magnética (MRA), la cual puede ser realizada mediante técnica de tiempo de vuelo (TOF-MRA) o con la aplicación de material de contraste intravascular (CE-MRA); ambas técnicas tienen la ventaja sobre la DSA al ser menos invasivas, sin riesgo de complicaciones neurológicas, menos incomodidad para el paciente, menor costo, sin exposición a radiación ionizante o nefrotoxicidad por yodo (6, 11, 16); se han realizado estudios que demuestran menor sensibilidad y especificidad en el seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados con respecto a la DSA (6, 10, 11, 16); sin embargo, tienen la eficacia suficiente para detectar presencia de flujo residual y/o recanalización de aneurismas, y definir la necesidad de reintervención (10, 17). A pesar del buen desempeño diagnóstico logrado con ambas técnicas, demostrado en estudios previos para el seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados, hemos visto en nuestra institución que continúa siendo un método subutilizado, poniendo en riesgo a algunos pacientes y aumentando los costos de manera innecesaria con la realización de DSA. Por estos motivos decidimos realizar una revisión sistemática de la literatura y un meta-análisis, para detectar variaciones en el desempeño diagnóstico de la MRA en sus diferentes técnicas comparada con al DSA, y poder sugerir el uso que tiene dicho estudio en el seguimiento de los pacientes con terapia endovascular de aneurismas intracraneales, incluso en nuestra población.

3. JUSTIFICACIÓN

La incidencia calculada de aneurismas intracraneales en la población general está entre el 0.8 y 10%; estos resultados dependen de la serie evaluada, la técnica utilizada para el diagnóstico y la inclusión de aneurismas rotos o no rotos. En series de autopsias la prevalencia varía entre 1% y 6%; y en series de angiografía varía entre 0.65% y 7% (2, 7).

Los pacientes con aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular requieren la realización de estudios de seguimiento permanente debido a que hasta el 5% al 30% de los casos presentan complicaciones como persistencia de flujo residual o recanalización del aneurisma, con el consiguiente riesgo de sangrado y hemorragia subaracnoidea (3, 9-13).

El patrón de oro para evaluar la vasculatura cerebral y por lo tanto para seguimiento es la DSA (7, 14); sin embargo, por ser un procedimiento invasivo, se asocia a complicaciones y secuelas graves para los pacientes; La frecuencia de complicaciones asociada a la realización de DSA varía entre el 0.3% y 1.8% (17), e incluye eventos neurológicos, nefrotoxicidad por yodo, exposición a radiación ionizante, hematomas, riesgo de alergia e infección del sitio de punción (6, 11, 16, 17).

La MRA ha demostrado un desempeño satisfactorio en el seguimiento de pacientes con aneurismas intracraneales manejados con embolización, con reportes de sensibilidad y especificidad para detectar flujo residual o recanalización del aneurisma de hasta 97% y 100% respectivamente, dependiendo del tamaño de la lesión (10, 17); No presenta ninguna de las complicaciones referidas en el caso de la DSA cuando se realiza protocolo TOF; y en el caso de la CE-MRA, la mayoría son reacciones leves y se asocian al uso de material de contraste endovenoso, con una incidencia aproximada del 0.13%, lo que lo hace un examen muy seguro (18).

Dado que en Colombia aún no contamos con nuestra propia experiencia que permita determinar la utilidad de la MRA en pacientes de nuestra población, consideramos que este estudio permitirá justificar el uso de esta técnica en el seguimiento de aneurismas intracraneales embolizados y servirá como base para estimular la realización de estudios que permitan responder esta pregunta en pacientes colombianos.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el desempeño diagnóstico de la angiografía por resonancia magnética para el seguimiento de pacientes adultos con aneurisma cerebral tratados mediante terapia endovascular?

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Aneurismas cerebrales: generalidades

Los aneurismas cerebrales son dilataciones focales patológicas de las arterias cerebrales, y la ruptura de sus paredes débiles resulta en hemorragia subaracnoidea (HSA), frecuentemente referida por los pacientes como el peor dolor de cabeza de la vida, la cual puede generar consecuencias desastrosas en los pacientes (1).

Los aneurismas intracraneales están compuestos por un saco de pared delgada, conectado a un vaso nutricio a través de un cuello; existen varios tipos de aneurismas, los cuales clasifican de acuerdo a su forma, tamaño, localización y etiología (Tabla 1); la clasificación de acuerdo a la forma los divide en saculares y no saculares; los aneurismas saculares, que son los más frecuentes (1, 3), se originan en la bifurcación de las arterias o curvaturas acentuadas de los vasos, por aumento de estrés hemodinámico e hipertensión arterial, se consideran verdaderos ya que contienen las capas normales de la pared arterial; los aneurismas “similares a ampolla de sangre” son variante de los aneurismas saculares que usualmente comprometen la arteria carótida paraclinoidea, con paredes muy delgadas, que frecuentemente solo contienen adventicia, muy pequeños y difíciles de manejar por que pueden sangrar o resangrar fácilmente (3). Los aneurismas no saculares se originan en los troncos arteriales y no se relacionan con las bifurcaciones; estos son menos frecuentes y se producen por pérdida de capas de la pared (1). Pueden tener forma fusiforme, serpenteada, o ser aneurismas gigantes (3), y su etiología se relaciona con lesión vascular traumática, micótica o infecciosa, debilidad de la pared por aterosclerosis, aneurismas disecantes, inflamación o neoplasia y se pueden detectar en cualquier localización central o periférica (1, 3).

Es indispensable determinar si el aneurisma es intradural o extradural, debido a que los aneurismas extradurales casi nunca producen hemorragia subaracnoidea. El origen de la arteria oftálmica es un punto de reparo importante para diferenciar aneurismas intradurales de extradurales (1).

Tabla 1. Clasificación de los aneurismas intracraneales

1. Tamaño del aneurisma	Pequeños (<5mm)
	Medianos (5-15mm)
	Grandes (15-25mm)
	Gigantes (25-50mm)
	Supergigante (>50mm)
2. Forma	Saculares
	No saculares
	-Fusiforme
	-Serpentiforme
3. Localización	-Gigante
	Circulación anterior
	Circulación posterior
4. Relación duramadre	Intradurales
	Extradurales
5. Etiología	Trauma
	Infección (e.g., micótica)
	Ateroesclerosis
	Disecante
	Inflamatorio
4. Tamaño del cuello	Neoplásico
	Pequeño (<4mm)
	Amplio (>4mm)

El 90% de los aneurismas saculares intradurales se localizan en la circulación anterior, la mayoría situados en el polígono de Willis, y su distribución varía de acuerdo a la serie estudiada; sin embargo el complejo comunicante anterior representa el origen del 30% al 35% de los casos, seguido de la arteria carótida interna (30% - 35%), que incluye aneurismas de la arteria comunicante posterior (3), la bifurcación carotidea y la arteria oftálmica; estos últimos corresponden al 5% de los casos, pero son particulares por su alta predominancia en la población femenina, son bilaterales en el 20% de casos y se asocian a otros aneurismas intracraneales en el 48% ; además tienen mayor tendencia a ser grandes o gigantes, por lo tanto se presentan con dolor orbitario, pérdida de la visión o cefalea en 60% a 70%. Los otros sitios más frecuentes son la bifurcación de la arteria cerebral media, que corresponde al 20% a 33%, y la punta de la arteria basilar, que es el sitio más frecuente de la circulación posterior (5%) (1, 3, 19). Menos frecuentemente se pueden encontrar aneurismas en el origen de la arteria cerebelosa posteroinferior, y más infrecuentemente en la arteria cerebelosa superior o en la anteroinferior (1, 3).

En general, los aneurismas gigantes comprenden el 5% al 6.1% de los aneurismas (19), con manifestaciones clínicas específicas ya que la mayoría se presentan con déficit neurológico focal progresivo, en especial neuropatía craneal por efecto compresivo, y una proporción menor de paciente se presenta con déficit neurológico agudo secundario a un evento tromboembólico por migración de trombo intraluminal desde el aneurisma, con peor pronóstico (1, 9).

Cabe mencionar una clasificación utilizada en el “Estudio Internacional de Aneurismas Intracraneales No Rotos” (ISUIA, por sus siglas en inglés), basada en el tamaño, en el cual estimaron el riesgo de ruptura a cinco años de acuerdo a la localización y el tamaño. Los clasificaron en cuatro categorías: Menores de 7 mm, 7 a 12 mm, 12 a 24 mm y mayores de 25 mm. También identificó que los pacientes con aneurismas no rotos y antecedente previo de hemorragia subaracnoidea, tiene mucho más riesgo de sangrar con respecto a los que tienen aneurismas no rotos sin antecedente de hemorragia subaracnoidea (15). La localización de los aneurismas también es un factor pronóstico importante ya que los aneurismas de la circulación cerebral posterior tienen mayor tendencia a sangrar que los de igual tamaño en otro territorio, y que entre mayor sea el tamaño del aneurisma, mayor el riesgo de sangrar, independientemente de la localización. Los aneurismas de la arteria comunicante posterior, en su origen en el segmento C7 de la arteria carótida interna, tienen mayor tendencia a sangrar, y se deben considerar parte de la circulación posterior por su origen embriológico (1, 7, 15).

El cuello del aneurisma también tiene un papel importante en el pronóstico (Tabla 2); los cuellos pequeños, menores de 4 mm, se deben diferenciar de los que tienen cuello grande, más de 4 mm, ya que estos últimos tienen mayor riesgo de recurrencia luego de manejo endovascular. Además, la relación entre el tamaño del saco aneurismático y del cuello es un factor determinante en la planeación de la aproximación terapéutica (1).

Tabla 2. Factores pronóstico de sangrado de aneurismas intracraneales

Mayor tamaño del aneurisma
Localización en circulación posterior
Antecedente de hemorragia subaracnoidea
Hipertensión arterial
Abuso de alcohol
Tabaquismo

La causa de los aneurismas intracraneales permanece parcialmente comprendida; se cree son resultado de una combinación de estrés hemodinámico y cambios degenerativos de la pared del vaso, por estas razones se considera que no son congénitos, si no que se adquieren con la edad; esta teoría se basa en la extrema infrecuencia de aneurismas cerebrales en niños, inclusive en enfermedades que predispongan a su formación (1, 2). Los factores hemodinámicos son los más importantes en la formación de aneurismas intracraneales, principalmente las fuerzas por cizallamiento, las cuales se amplifican en la presencia de hipertensión arterial; esta última se considera una condición agravante, que predispone a formación de aneurismas múltiples y a su ruptura (1).

Los factores asociados con el desarrollo de aneurismas intracraneales pueden ser clasificados en dos grupos: factores endógenos y exógenos (Tabla 3). En general, los factores endógenos se asocian con patologías que modifican las características de la pared arterial (1, 2, 15, 20); por otro lado, los factores exógenos deterioran la pared arterial y aumentan la susceptibilidad a formar aneurismas intracraneales. El más importante es el tabaquismo, que disminuye la efectividad de la alfa 1 antitripsina, esto aumenta el riesgo de formar múltiples aneurismas, y triplica el riesgo de hemorragia subaracnoidea por ruptura (1, 2, 7, 15).

Tabla 3. Factores asociados con el desarrollo de aneurismas intracraneales

	Alteraciones congénitas
Factores endógenos	- Enfermedad poliquística renal autosómica dominante
	- Síndrome de Ehlers - Danlos
	- Síndrome de Marfan
	Género femenino
	Edad avanzada
Factores exógenos	Enfermedad del tejido conectivo
	Enfermedades que cursan con inflamación sistémica
	Tabaquismo
	Alcoholismo

Los más recientes estudios indican que la frecuencia de aneurismas intracraneales no rotos esta entre el 2% y el 5% en la población general, otros autores reportan incidencias ente 0.8 y 10% (2-7); estos

resultados dependen de la serie evaluada, la técnica utilizada para el diagnóstico y la inclusión de aneurismas rotos o no rotos. En series de autopsias la prevalencia varía entre 1% y 6%; y de 0.65% a 7% en series de angiografía, esto último depende de la calidad del estudio y la experiencia de quien la realiza, en especial en el diagnóstico de aneurismas múltiples.

La mayoría de los aneurismas intracraneales son asintomáticos, y nunca se detectan; algunos se revelan de manera incidental en estudios realizados por otros motivos, y otros producen síntomas por compresión de estructuras nerviosas o tejido cerebral adyacente (5, 7). Los aneurismas intracraneales son enfermedades de adultos, con pico de incidencia entre la cuarta y sexta décadas de la vida, mientras que los aneurismas en la edad pediátrica corresponden al 2% - 4% de los casos. Estos últimos son frecuentemente gigantes, asociados a una alta incidencia de convulsiones, localizados en la bifurcación terminal de la carótida interna y son más frecuentes en hombres (1).

5.2 Manifestaciones clínicas

La presentación más grave de los aneurismas intracraneales es la hemorragia subaracnoidea (HSA), de la cual son la causa más frecuente (21); sin embargo, pesar del desarrollo de técnicas diagnósticas y terapéuticas, la HSA tiene mal pronóstico (4), con una mortalidad aproximada del 50%; además menos del 60% de los sobrevivientes retornan a una vida funcional independiente (3, 5, 9, 15). El manejo de la HSA, se basa en imágenes secuenciales para evaluar el grado de hemorragia inicial y el seguimiento durante las dos siguientes semanas, periodo en el cual aparecen varias complicaciones (resangrado, hidrocefalia, vasoespasma, edema cerebral, y complicaciones del tratamiento) (3).

La hemorragia subaracnoidea (HSA) tiene una incidencia de 6 - 8 por 100.000 habitantes al año en Estados Unidos, de 22.7 en Japón y 19.7 en Finlandia, la cual es mucho menor que la incidencia de aneurismas cerebrales, lo que indica que la mayoría de estos no se rompen; sin embargo, cuando se identifican de manera incidental, se debe decidir una estrategia de seguimiento de acuerdo a cada paciente (2, 3, 15). Por esta razón se realizó el estudio internacional de aneurismas intracraneales no rotos (ISUIA), que aportó información importante con respecto a la historia natural de los aneurismas intracraneales. Reportaron las tasas acumulativas de hemorragias intracraneales durante 5 años, de

acuerdo al tamaño, localización y HSA previa. Anteriormente se consideraba que el riesgo de ruptura era de 1% – 2% por año, y la mayoría tenía diámetro mayor de 7 mm o más al momento de romperse (7). En el estudio se encontró que los pacientes sin historia de HSA, con aneurisma intracraneal que compromete la arteria carótida interna, comunicante anterior, arteria cerebral anterior, o arteria cerebral media, las frecuencias de ruptura fueron 0%, 2.6%, 14.5%, y 40%, para aneurismas de menos de 7 mm, 7–12 mm, 13-24 mm y más de 25 mm, respectivamente. Comparado con aneurismas en la circulación posterior o arteria comunicante posterior, las tasa de ruptura, para las mismas categorías de tamaño fueron 2.5%, 14.5%, 18.4% y 50% respectivamente; también se identificó que las personas con historia de HSA y un aneurisma que no fuera la causa de la hemorragia, tenían un riesgo mucho mayor de un nuevo episodio de HSA (2, 3, 7). Por lo tanto, el riesgo de ruptura de aneurismas de 7 mm o menos tiene una tasa de ruptura de 0.1%, aunque un Meta análisis reciente encontró un riesgo de 0.6 – 1.3% al año (3), lo que puede influenciar la decisión de seguimiento o tratamiento. Hay que tener en cuenta que una pequeña parte de pacientes con aneurismas menores de 7 mm pueden tener episodios severos de HSA (3). Esto también implica la ansiedad y cambio del estado de ánimo que genera en el paciente el efecto “bomba de tiempo” de vivir con un aneurisma intracraneal, y riesgo de hemorragias (11); en ellos también hay que decidir qué técnica de imagen utilizar para el seguimiento, confiabilidad en los cambios de tamaño y forma del aneurisma, frecuencia de las imágenes y cuando realizar la angiografía cerebral (3, 7).

5.3 Diagnóstico

El diagnóstico de aneurismas intracraneales se puede hacer mediante diferentes herramientas que incluyen el ultrasonido Doppler transcraneal, la angiografía con tomografía computarizada (CTA), la angiografía por resonancia magnética y la angiografía por sustracción digital (Tabla 4).

Tabla 4. Métodos diagnósticos de aneurismas intracraneales

Modalidad	Sensibilidad	Especificidad	Ventajas	Desventajas	Comentarios
USTC	40-55%	83-91%	No invasivo, no hay riesgos neurológicos.	Poco sensible, menor desempeño diagnóstico que los otros estudios.	No mejora el desempeño diagnóstico al usarlo junto con otros métodos.
CTA	96-98%	90-94%	Rápido, menos invasivo, sin riesgos neurológicos.	Exposición a radiación ionizante. Complicaciones asociadas al medio de contraste yodado	Especialmente útil en aneurismas de más de 3 mm. Poco valor predictivo negativo. No útil en seguimiento de aneurismas embolizados por artificio de endurecimiento del rayo.
MRA	52-97%	86-100%	Menos invasivo. Menos artificio local por presencia de espirales embolizados. No requiere utilización de material de contraste yodado.	Tiempo prolongado de realización. Artificios de movimiento en pacientes críticos. Campo visual limitado para detección de aneurismas múltiples.	No utilizado en casos agudos o estudio inicial de aneurismas intracraneales. Uso principal en seguimiento de manejo endovascular.
DSA	>95%	>95%	Mejor resolución para detección de aneurismas de pequeño tamaño	Invasivo, riesgo de complicaciones neurológicas y secuelas graves. Exposición a radiación ionizante. Riesgos por uso de material de contraste yodado.	El uso de DSA con reconstrucción 3D ha mejorado su desempeño, con aumento de la sensibilidad para detección de aneurismas pequeños y multiplicidad.

USTC= Ultrasonido Doppler Transcraneal; CTA= Angiografía por Tomografía Computarizada; MRA= Angiografía por Resonancia Magnética; DSA= Angiografía por Sustracción Digital.

Ultrasonido Doppler transcraneal

El ultrasonido Doppler transcraneal se describió inicialmente en 1990 como un estudio no invasivo, pero con varias limitantes técnicas, sin embargo, la detección de flujo con ultrasonido Doppler transcraneal ha mejorado con el uso de medios de contraste; se ha reportado sensibilidad de 30 a 40% para detección de aneurismas intracraneales en estudios no contrastados y 55% luego de la administración de material de contraste; la especificidad fue 91% antes del contraste y 83% posterior a esta. Los parámetros que se deben reportar para tener adecuada eficiencia diagnóstica son tamaño, localización y morfología; el Doppler detectó 0% de los aneurismas de localización pericallosa u oftálmica, y 60% de los aneurismas localizados en la punta del tronco de la arteria basilar. Sin el uso de material de contraste, menos de 30% de aneurismas menores de 6 mm y 70% de aneurismas mayores de 10 mm son detectados; luego de la inyección del contraste, la detección de aneurismas menores de 6 mm mejoró a 40%, y la detección de aneurismas mayores a 10 mm fue 100% (17). Aunque la detección de aneurismas con Doppler transcraneal ha mejorado con el desarrollo tecnológico, sigue siendo inferior a la angiografía con CTA o con MRA, y su uso combinado no mejora significativamente la sensibilidad (17).

Angiografía con tomografía computarizada (CTA)

La CTA se ha convertido en una herramienta diagnóstica de alto desempeño; y en comparación con la angiografía por DSA, tiene la ventaja de no ser invasiva, menos dolorosa, más rápida, no requiere sedación y se puede utilizar en casos de hematomas que requieren drenaje urgente; necesita menos recursos humanos, menos equipos, y se puede realizar en pacientes inestables (3, 10); las desventajas son el uso de radiación ionizante y la necesidad de grandes volúmenes de material de contraste. En estudios iniciales se encontró una sensibilidad dependiendo del tamaño del aneurisma entre 69%, para aneurismas menores a 4 mm y más del 90% en aneurismas mayores de 4 mm (3, 10); Utilizando escáneres de 4 a 16 detectores se obtuvo sensibilidad entre 71% y 91.7 para aneurismas menores a 3-4 mm, y entre 92% y 100% en aneurismas mayores de 3 mm (10). En estudios más recientes, utilizando angiografía con tomografía computarizada multicanales, reportan sensibilidad y especificidad de 89.5% a 94.8% y 83.3% a 94.9% respectivamente. Estas todavía dependen del tamaño del aneurisma, siendo ente 80 y 90% para aneurismas menores a 4 mm, y siempre mayores de 90% para aneurismas de más

de 4 mm. En la actualidad la angiografía con tomografía computarizada se realiza en escáneres multidetectores con técnica helicoidal; los escáneres de 64 filas de detectores (64 MDCT) tiene la resolución más alta posible en CTA, de hasta 0.4 – 0.7 mm, capaz de detectar la mayoría de aneurismas de 3 o más milímetros de diámetro, también permiten evaluar la anatomía ósea y realizar reconstrucciones tridimensionales de los vasos (3, 15).

Cuando se comparan los resultados con DSA, la CTA tiene una especificidad promedio reportada de 96% - 98% (90% - 94% en aneurismas menores de 3 mm; hasta 100% en aneurismas mayores de 4 mm) y sensibilidad de 96% – 98%. Se espera que con el desarrollo de escáneres con mayor número de detectores (256 y 320), se mejore la resolución espacial y la exactitud (3).

En aneurismas rotos, la tomografía computarizada muestra de manera confiable la HSA, por la diferencia de atenuación de la sangre hiperdensa del sangrado agudo, con el parénquima cerebral (3); la hemorragia puede ser sutil o notable; en estos casos el sitio con el hematoma de mayor grosor puede indicar la localización del aneurisma responsable (3). En series realizadas para evaluar la detección de aneurismas intracraneales en casos de hemorragia subaracnoidea se encontró sensibilidad entre 86 y 100%, con especificidad entre 97 y 100% (3, 17), pero un valor predictivo negativo bajo, de 65% (17).

Los aneurismas más frecuentemente no identificados corresponden a tamaños pequeños, con diámetros menores a 5 mm, la mayoría situados en el sifón carotideo, aneurismas múltiples y aneurismas de localización perioftálmica o cavernosa (3, 10). Por estos motivos, la angiografía por tomografía computarizada puede ser un estudio inicial adecuado en casos de hemorragia subaracnoidea, sin embargo, por su bajo valor predictivo negativo, la angiografía convencional es obligatoria en casos de CTA en las cuales no se detectan aneurismas intracraneales (10, 17). La CTA también puede detectar extravasación del material de contraste, indicando hemorragia o resangrado. Las limitaciones de la CTA son la falta de sensibilidad para detectar lesiones de la carótida en la base del cráneo, o dentro de los senos cavernosos llenos de contraste, además de la preocupación por la alta dosis en pacientes que requieren estudios seriados (3, 10).

Algunos autores sugieren que la CTA puede reemplazar la angiografía por sustracción digital (DSA) para detectar aneurismas en casos de HSA, y puede llegar a una sensibilidad cercana al 100%, inclusive

sin son menores de 3 mm (10), además esta se puede realizar de manera rápida durante una escanografía de rutina, y, debido a que no se utilizan catéteres, el riesgo de complicaciones es menor (3); sin embargo ambos requieren medio de contraste yodado, con el riesgo de nefrotoxicidad y exposición a radiación ionizante (3). La CTA también tiene la ventaja de permitir evaluar las características anatómicas del aneurisma en la planeación terapéutica, en especial la presencia de lobulaciones, vasos adyacentes y relación domo-cuello, aunque este último puede ser sobre estimado en este tipo de estudio. Se ha reportado que la información obtenida con la CTA permite hacer una detección acertada de los aneurismas que se pueden manejar de manera endovascular en el 86% al 93% de los casos, con sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo de 94%, 92%, 96% y 88, respectivamente; en otros estudios multidisciplinarios la decisión de tratamiento basada en resultados de CTA, varió entre 60% y 100% (10). Sin embargo, a pesar de su utilidad para la planeación del manejo, la CTA no es muy útil en el seguimiento de aneurismas embolizados, por el artificio de endurecimiento del rayo que no permite visualizar el aneurisma, vasos adyacentes ni el parénquima cerebral (10, 16).

Las reconstrucciones más utilizadas con CTA incluyen proyecciones de máxima intensidad (MIP) y generación de volumen (VR), que aportan información adicional a las imágenes de origen. Las imágenes MIP dan información más confiable de las medidas de tamaño, estenosis, y cuello, porque son menos susceptibles a los artificios por variación de ventana o nivel. Las imágenes VR, permiten una evaluación global de la anatomía del aneurisma y los vasos adyacentes (10).

Angiografía por resonancia magnética

La MRA se ha evaluado menos en el diagnóstico inicial de aneurismas, o para planeación de tratamiento (10), sin embargo, se ha empleado para detección en casos no agudos con hallazgos clínicos que sugieren la presencia de aneurismas, o antecedente familiar de aneurismas intracraneales (3, 10), y en el seguimiento de aneurismas embolizados, ya que genera menos artificio local (10). La MRA se ha utilizado extensamente en el seguimiento de aneurismas intracraneales luego de manejo endovascular, con ventajas sobre la DSA, que incluyen ser menos invasiva, sin riesgo de complicaciones neurológicas, menos incomodidad para el paciente, menor costo, sin exposición a radiación ionizante o al riesgo de nefrotoxicidad del medio de contraste yodado (6, 11, 16). Hay que

tener en cuenta que la MRA subestima el volumen de los aneurismas en un 15%. La sensibilidad reportada varía entre 52% y 97%, y especificidad entre 86% y 100%; en comparación con la DSA, la sensibilidad y especificidad para detección de flujo residual, permeabilidad del aneurisma y permeabilidad de vasos adyacentes es entre 80% y 100% (10). Estas también dependen del tamaño: en aneurismas con diámetro mayor a 3 mm fue 94%, y en aneurismas menores a 3 mm, fue 38%. Las localizaciones más difíciles de detectar fueron la región carotídea y pericallosa. Se demostró que la sensibilidad era dependiente de la experiencia del lector: sensibilidad de 73% en neurorradiólogos, 63% en radiólogos generales y 60% en residentes (17).

La técnica también afecta el resultado; la más evaluada y aceptada es el tiempo de vuelo tridimensional (TOF-MRA), que provee buena resolución espacial, con detección confiable de aneurismas de 4 mm o mayores; es relativamente insensible a pérdida de señal por flujo turbulento y se puede realizar en un periodo de tiempo que permite obtener imágenes anatómicas en la misma sesión. La resolución espacial en un magneto de 1.5 Tesla es 1 mm, y puede llegar a 0.6 en magnetos de 3 Tesla, permitiendo mejor caracterización de aneurismas tratados y no tratados (3, 16).

Más recientemente se han desarrollado secuencias de eco gradiente con la administración de contraste endovenoso, que se denomina angiorrresonancia magnética contrastada (CE-MRA), la cual ha reportado mayor sensibilidad que el TOF-MRA, y dado resultados similares a la CTA de alta resolución (3). Los parámetros más importantes que afectan el resultado son el tiempo de repetición (TR), ángulo de inclinación, tamaño de la matriz y grosor de corte; en general, los mejores resultados se obtienen utilizando mayor tiempo de adquisición. La mayoría de estudios se han realizado en unidades de 1.5 Tesla (17). En varios estudios se ha evaluado la MRA utilizando magnetos de 1.5 Tesla y 3 Tesla, demostrando un desempeño diagnóstico moderado a alto; tanto en técnica TOF-MRA como en CE-MRA (12); sin embargo, algunos estudios realizados utilizando unidades de 3 Tesla prometen un desempeño más alto (17).

La mayoría de series se realizan con matrices amplias, 512 x 250 hasta 512 x 512, ángulo de inclinación de 20°, TR de 30 a 45 milisegundos, grosor de corte efectivo de 0.5 a 0.8 mm, con tiempo de adquisición entre 6 minutos 40 segundos y 12 minutos, obteniendo precisión adecuada, pero con dos desventajas, tiempo adicional en pacientes con hemorragia subaracnoidea y campo visual estrecho, que no permite, por ejemplo, evaluar aneurismas de localización pericallosa concurrentes con aneurismas

de arteria cerebelosa inferior. El uso de la técnica de interpolación de sección, permite aumentar el campo visual sin degradación significativa de la imagen (17).

Entre las limitaciones de la técnica de TOF, están la sensibilidad a los movimientos del paciente, principal razón por la que no se hace en casos de urgencia, debido a que la cefalea y la encefalopatía limitan la posibilidad que el paciente permanezca quieto; también son limitante la pérdida de señal por saturación de flujo en el plano; el efecto de dispersión en fase por turbulencia y saturación de espín los cuales pueden semejar aneurismas; adicionalmente, la hiperseñal de la sangre por hemorragia subaracnoidea o colecciones con alto contenido proteico, pueden enmascarar el aneurisma (3, 17).

El diagnóstico se ve influenciado por los métodos de análisis de datos. Se ha estudiado la evaluación de diferentes métodos de reconstrucción para el análisis morfológico del aneurisma; en general se realizan a partir de adquisiciones axiales, hay tres técnicas básicas disponibles de reconstrucción: 1) Proyección de máxima intensidad (MIP), la cual muestra los pixeles de mayor intensidad en el plano seleccionado; 2) presentación de superficie sombreada (SSD) en la cual se muestra la superficie externa de la columna de contraste como una superficie opaca; y 3) proyección de suma de rayos o generación de volumen (VR), que muestra la suma de los valores de los pixeles a lo largo de vectores proyectados sobre un modelo, este ha reemplazado la SSD en los últimos años (3). La técnica menos eficiente son las reconstrucciones MIP, en las cuales el artefacto de flujo lento o turbulencia en TOF, puede provocar una aparente disminución del calibre del vaso y pseudoestenosis, no visualización del aneurisma o subvaloración de este. Los datos obtenidos reportan detección de aneurismas por dos lectores, de 89% al 90.7% mediante reconstrucción con representación de volumen (VR) y entre el 71% y 72.1% con MIP. Para la evaluación morfológica del aneurisma (tamaño, forma, lobulaciones, cuello y relación con arterias vecinas, las reconstrucciones MIP son menos precisas que las de VR. También se ha reportado que la reconstrucciones multiplanares (MPR) dan resultados comparables con la angiografía convencional (17).

Se han llevado a cabo estudios comparando angiografía por tomografía computarizada o angiografía por resonancia magnética con angiografía en dos dimensiones. Sólo hay dos estudios que comparan la angiografía por tomografía computarizada y por resonancia magnética con angiografía tridimensional; dónde se ha demostrado que esta última es superior para evaluación diagnóstica y pre terapéutica. La

detección de aneurismas varía dependiendo de tipo de estudio, si incluye hemorragia y con la prevalencia de aneurismas en la población. Cuando la indicación es hemorragia, la sensibilidad es buena para detectar el origen del sangrado, pero disminuye en la detección de múltiples aneurismas. La angiografía por tomografía computarizada y por resonancia se ha propuesto como estudios iniciales, pero por su bajo valor predictivo negativo, la angiografía convencional es obligatoria para todos los casos con reporte normal. Además, los pacientes que tiene múltiples aneurismas con antecedente de hemorragia subaracnoidea previa, tienen un riesgo diez veces mayor de ruptura, por lo tanto su detección es indispensable (17). Por estos motivos, la angiografía por sustracción digital se considera como el estándar de referencia para evaluar la circulación cerebral y en especial para el diagnóstico aneurismas intracraneales (7). En la práctica clínica, la CTA es el estudio inicial y las reconstrucciones se utilizan para planeación del manejo, sin embargo se puede fallar la detección de pequeñas disecciones, por lo tanto el diagnóstico definitivo siempre se apoya en la DSA.

La información obtenida con reconstrucciones tridimensionales de angiografía por tomografía computarizada o por resonancia magnética, es frecuentemente superior a las imágenes de angiografía en dos dimensiones, y la información de reconstrucciones obtenidas de angiografía convencional es, al menos, igual a la obtenida con reconstrucciones tridimensionales de angiografía por tomografía computarizada o resonancia magnética. La información obtenida con angiografía por tomografía computarizada es usualmente suficiente para establecer la necesidad de manejo quirúrgico o endovascular, y planear la cirugía (17).

Angiografía por sustracción digital (DSA)

El desarrollo de mejores equipos y herramientas de postproceso le han conferido capacidades adicionales a la DSA. La angiografía rotacional tridimensional mejoró la detección de aneurismas intracraneales, en especial, los menores de 3 mm; la resolución espacial de la DSA es aproximadamente 0.2 mm, y la obtenida con angiografía rotacional tridimensional es aproximadamente 0.15 mm (3). La angiografía combinada con angiografía tridimensional sigue siendo el estándar de oro para diagnóstico de aneurismas intracraneales debido a su capacidad para identificar la anatomía precisa de los vasos intracraneales y el análisis hemodinámico (3, 10, 15). Además, la angiografía tridimensional provee un análisis tridimensional preciso de los aneurismas y proyecciones óptimas para

manejo endovascular, lo que mejoró la seguridad de estos tratamientos y aumentó sus indicaciones. Su objetivo principal es demostrar la presencia de aneurismas, documentar su detalle anatómico y la información hemodinámica para planear el manejo endovascular o quirúrgico. La información necesaria incluye la morfología y tamaño del aneurisma, relación cuello-domo, relación cuello-arteria, dimensiones máximas, relación con vaso nutricio, presencia de vasoespasma, examen global de la vasculatura cerebral, estructuras circundantes como arterias perforantes estructuras óseas y anillo dural, multiplicidad de aneurismas (20% – 30% de casos) y lesiones vasculares asociadas, todas estas son indispensables para planear la aproximación terapéutica (3, 17).

La angiografía por su naturaleza invasiva, conlleva riesgos neurológicos y no neurológicos potenciales, principalmente por el uso de catéteres arteriales; sin embargo el riesgo es mucho menor en manos experimentadas (0.3%) (3, 6, 7, 12). El riesgo acumulativo encontrado de complicaciones transitorias y permanentes fue de 1.8% en angiografías realizadas para evaluación de hemorragia subaracnoidea y 0.3%, en las realizadas para diagnóstico de aneurismas no rotos, estas fueron principalmente eventos tromboembólicos o disección de vasos cervicales con el catéter o la guía. Los riesgos no neurológicos son principalmente hematomas menores en el sitio de punción, que se presentan entre 6.9% y 8.1%; las complicaciones graves son raras e incluyen hematoma que requieren transfusión sanguínea o cirugía, émbolos periféricos y fístulas arteriovenosas; las infecciones son muy infrecuentes y se asocian al uso de dispositivos de oclusión local (17).

Los riesgos relacionados con el uso de material de contraste son alergia y nefrotoxicidad. La alergia al medio de contraste es muy poco frecuente, y se puede demostrar mediante evaluación alergológica para identificar la respuesta al material de contraste, aunque en casos de emergencia no hay tiempo para realizarlo; la angiografía se puede realizar con quelatos de Gadolinio, sin embargo son más nefrotóxicos que los derivados de Yodo, y se deben utilizar diluidos, lo que disminuye la calidad del estudio. En pacientes de edad avanzada o con disminución de la función renal, la exploración se debe limitar a los vasos cervicales que alojan el aneurisma (17).

La angiografía además expone al paciente a radiación ionizante (3, 12). La dosis de radiación en angiografía convencional depende de los parámetros de adquisición y el número de adquisiciones. Una adquisición tridimensional con una rotación evita realizar varias adquisiciones oblicuas; la dosis pico

es casi cuatro veces menor, y la dosis incidente acumulativa aproximadamente menor al 40%. La tecnología de pantalla plana permite mayor reducción de dosis con igual calidad de imagen (17).

5.4 Tamizaje

El tamizaje, cuyo objetivo final es aumentar la cantidad de años de calidad de vida, se realiza como tamizaje inicial (grupo de alto riesgo) o como seguimiento (repetición de tamizaje). Sin embargo, no hay ningún tamizaje que sea completamente efectivo en evitar todos los episodios de HSA (3).

Entre los grupos conocidos de alto riesgo de sufrir aneurismas cerebrales se incluyen pacientes con enfermedades congénitas y hereditarias, condiciones cerebrovasculares, historia familiar de aneurismas (17 veces más riesgo de HSA que casos esporádicos) y antecedente de HSA aneurismática previa. El seguimiento se realiza cada 1 a 5 años, de acuerdo al equipo de manejo. Los factores más importantes para determinar el seguimiento, además del tamaño y la localización son: edad joven, preocupaciones del paciente, riesgos del tratamiento y experiencia del cirujano (3, 9, 15).

Durante la evaluación de los aneurismas es importante revisar todos los estudios previos; en caso de encontrar un aneurisma de manera incidental, es relevante conocer si anteriormente estaba presente o no. La combinación de tomografía computarizada (CT) sin contraste mas CTA, son una buena herramienta diagnóstica para evaluar aneurismas intracraneales; en las imágenes sin contraste, la detección del aneurisma se evalúa identificando el sitio con hematoma más abundante, diferencia en la densidad de la hemorragia, presencia de calcificaciones, y ocasionalmente, visualización del aneurisma hipodenso en el medio del hematoma. Se realiza una revisión inicial de la imágenes axiales, y se utilizan reconstrucciones coronales y sagitales para confirmar esas impresiones, las cuales ayudan facilitan el estudio de áreas difíciles de evaluar, como la base del cráneo, arteria carótida paracliniodea y senos cavernosos. Si no se identifica un aneurisma en un paciente con HSA, se debe hacer una nueva lectura del estudio y obtener datos clínicos para detectar causas no aneurismáticas como vasculitis, disección arterial o trombosis de senos duros, entre otras (3).

La resonancia magnética se realiza en pacientes estables (tamizaje y seguimiento). Se realiza una evaluación de las imágenes de máxima intensidad de proyección, la cual revela la mayoría de las lesiones visibles. Luego se evalúan las imágenes axiales para identificar el trayecto y variantes de los

vasos. Las medidas relevantes diámetro del aneurisma y diámetro del cuello, tanto en CTA como en MRA, se deben tomar en las imágenes axiales, mientras que la dirección del aneurisma se evalúa mejor en reconstrucción tridimensional o en máxima intensidad de proyección.

5.5 Manejo de los aneurismas cerebrales

El manejo de los aneurismas intracraneales es complejo, y la elección del tipo de tratamiento depende de las características propias del aneurisma (aneurisma roto y no roto), del tipo de paciente y su historia familiar, así como del riesgo de sangrado; toda esta información debe ser considerada en el momento de decidir el tipo de tratamiento, ya sea quirúrgico o endovascular (4, 9). Los aneurismas rotos se deben manejar en las primeras 24 a 48 horas, ya que tiene un riesgo del 20% de resangrar en las primeras dos semanas, y con cada resangrado aumenta la morbilidad y la mortalidad (5). La prevención de la ruptura se puede realizar por dos métodos ampliamente aceptados; el primero es quirúrgico y el segundo es el tratamiento endovascular; este último es la estrategia más efectiva y con menor tasa de morbilidad y mortalidad (3, 9, 11, 19, 20); en los últimos años se han desarrollado herramientas alternativas al manejo quirúrgico (Tabla 5) (3). En el contexto de aneurisma intracraneal roto, la indicación del manejo radica en que la mortalidad de estos pacientes es más alta y el riesgo de resangrado se ubica entre el 20% y el 30% en los primeros 30 días (9, 15).

Manejo quirúrgico

El manejo quirúrgico incluye manejo abierto y microcirugía. El manejo quirúrgico se encuentra indicado en aneurismas cuyo acceso endovascular se encuentra limitado, cuando la anatomía del aneurisma no le permite contener los espirales y cuando tienen un cuello ancho. Entre los riesgos del manejo quirúrgico se encuentran la ruptura intraoperatoria del aneurisma, oclusión completa del vaso nutricio y daño del parénquima cerebral por manipulación. Además, es un procedimiento más costoso que el manejo endovascular, por los requerimientos de personal profesional y tiempo de hospitalización más prolongado. El riesgo de morbilidad y mortalidad reportados varía entre 0.7 y 6.3%, con mortalidad del hasta el 2.1%. Este riesgo además depende del entrenamiento del cirujano y de la localización del aneurisma. Una de las ventajas del manejo quirúrgico es que se puede obtener exclusión completa del aneurisma a largo plazo, a diferencia del manejo endovascular, para el cual

reportan oclusión completa hasta en 86.5%, con la subsecuente de recanalización del aneurisma y riesgo incrementado de hemorragia con respecto al manejo quirúrgico (8).

Tabla 5. Abordajes terapéuticos de aneurismas intracraneales

Tipo de tratamiento	Indicaciones	Ventajas	Desventajas	Comentarios
Clipaje quirúrgico	Acceso endovascular limitado.	Exclusión completa del aneurisma a largo plazo	Mayor morbimortalidad que los procedimientos mínimamente invasivos.	El pronóstico de procedimiento también depende del entrenamiento del cirujano y la localización del aneurisma.
	Anatomía del aneurisma no permite contener los espirales.		Mayor costo de procedimiento.	
Terapia endovascular				
- Embolización de espirales	Pacientes con alto riesgo quirúrgico.	Menor morbimortalidad y menor discapacidad posterior al manejo.	Mayor riesgo de exclusión incompleta y de re-sangrado.	Se ha intentado utilizar sustancias que promuevan la obliteración del aneurisma (copolímeros), pero no se han obtenido resultados satisfactorios.
- Embolización de espirales asistida (con balón o con stent)	Localización del aneurisma de difícil acceso quirúrgico		Exposición a radiación y material de contraste	
- Embolización de Copolímeros (Ónix)				

Manejo endovascular

El manejo endovascular con espirales es un procedimiento ampliamente utilizado en aneurismas rotos y no rotos (12). La relativa seguridad de la terapia endovascular en aneurismas rotos ha sido demostrada en estudios previos, desde hace más de 8 años (3, 21), en los que se documentó menor frecuencia de dependencia o muerte al año en pacientes tratados por vía endovascular; también se detectó durante el seguimiento a largo plazo que esta menor frecuencia de muerte o dependencia permanecía estable hasta 7 años luego del procedimiento (3, 11). También se demostró menor riesgo de epilepsia. La contraparte de estos beneficios es un ligero incremento en el riesgo de embolización incompleta y resangrado en

los pacientes con manejo endovascular (0.2% por año) en comparación con los pacientes manejados con clip quirúrgico (0.1% por año) (3, 6, 7, 10, 15). A pesar de la menor incidencia de complicaciones con respecto al manejo quirúrgico, entre las cuales se incluye embolización distal, estenosis de vaso nutricio con el espiral, y eventos isquémicos con secuelas funcionales, la morbilidad posterior al procedimiento reportada es de 4.8% (4).

Una de las limitaciones del manejo con espirales no recubiertos es la alta incidencia de embolización incompleta y de recanalización del cuello del aneurisma, que varía entre el 5% y 30%, y es más frecuente en aneurismas grandes o con cuello amplio (3, 9-13), principalmente por crecimiento inadecuado de la neoíntima; se cree que esta falta de crecimiento de la neoíntima es debida al flujo pulsátil que evita la formación del trombo, y produce reorganización de la masa del espiral (compactación) o promueve la formación de tejido displásico a través del cuello del aneurisma. Para esto se ha intentado adicionar sustancias que generen inflamación y promuevan la obliteración de los aneurisma (biopolímeros), pero no han ofrecido resultados satisfactorios (3, 20).

Otro método nuevo es la técnica asistida con balón, que aumenta la tasa de obliteración completa de aneurismas con cuello amplio (relación domo-cuello menor a dos) (20), en la cual se infla un balón a través del cuello del aneurisma durante la implantación de los espirales, para evitar que estos se hernien en el vaso nutricio, y permitir un mejor empaquetamiento; esta técnica mejora los resultados a largo plazo, con un ligero incremento del riesgo de complicaciones del procedimiento, en especial eventos trombóticos y ruptura del aneurisma por aumento de la presión (3, 20). Por este motivo se ha desarrollado embolización de espirales asistidos por stent, sin embargo la morbilidad de este procedimiento permanece cercano al 11%, por lo que se prefiere el uso de espirales solos siempre que sea posible (20).

Los stent representan un avance significativo en el manejo de los aneurismas; para su colocación todos los pacientes necesitan pretratamiento y antiagregación a largo plazo, lo que puede incrementar el riesgo de sangrado inicialmente, sin embargo el beneficio de su colocación es mucho mayor que el riesgo. Los stent Neuroform, tienen diseño de celda abierta, es decir, tiene un espacio longitudinal que queda sin cubrir la superficie del vaso; fueron los primeros en ser autorizados para uso en humanos.

También se ha utilizado un líquido denso para embolización, denominado Ónix, pero al parecer las tasas de recanalización no son muy diferentes de los espirales (3).

En una revisión realizada por Komotar *et al.*, sugiere como recomendación basada en su estudio que todos los aneurismas sintomáticos deben ser tratados; los aneurismas incidentales menores de 5 mm, pueden ser manejados de manera conservadora; aneurismas mayores de 5 mm en personas menores de 60 años deben ser tratados; aneurismas incidentales mayores de 10 mm deben ser tratados en prácticamente todos los pacientes menores de 70 años; y el tratamiento con clipaje por microcirugía debe ser el tratamiento de elección en pacientes de bajo riesgo, mientras que los pacientes de alto riesgo como los que se presentan con aneurismas gigantes, se deben manejar con terapia endovascular (7).

6. ESTADO DEL ARTE

6.1 Seguimiento de aneurismas cerebrales tratados con procedimiento endovascular

A pesar de los múltiples avances en las diferentes modalidades diagnósticas y de terapia endovascular, los aneurismas intracraneales sigue presentando altas tasas de morbimortaliad, constituyendo un importante problema de salud pública en todo el mundo (4, 6). Las diferentes comparaciones epidemiológicas sugieren que el tratamiento endovascular es mucho más seguro que la cirugía (3, 4, 11), con una seguridad relativa de 8 años comparada con el manejo quirúrgico. En la actualidad existen múltiples técnicas endovasculares que se han propuesto para la obliteración de los aneurismas, desde biopolímeros bioabsorbibles, balones, stents, coils y agentes embólicos viscosos; su uso depende del estado clínico del paciente y de su tasa de recanalización. En la actualidad, es importante realizar seguimiento luego de terapia endovascular para determinar el grado de obliteración del aneurisma a mediano y largo plazo, presencia de recanalización del aneurisma o ensanchamiento de cuello residual (3, 12, 16, 21), y evaluar el cambios de número y tamaño de aneurismas no embolizados. La terminología actual utilizada para clasificar los hallazgos no es uniforme: mientras algunos lo reportan en porcentaje, teniendo en cuenta que un número mayor a 95% provee estabilidad a largo plazo, otros utilizan términos imprecisos como: oclusión incompleta, domo protegido o remanente del cuello. Por estos motivos se han propuesto clasificaciones que describen el aspecto del aneurisma luego del manejo, una estas lo divide en cuatro categorías: Clase 1, obliteración completa; Clase 2, pequeño remanente (llamado “oreja de perro”); Clase 3, cuello residual; Clase 4, aneurisma permeable; no obstante, esta clasificación no es utilizada consistentemente (3). También se diseñó la escala de Raymond, que es actualmente la más utilizada y divide en tres grados el resultado de la oclusión de los aneurismas: Clase I: oclusión completa, Clase II: cuello remanente y Clase III, aneurisma remanente; cabe resaltar que entre mayor sea el tamaño del aneurisma, se asocia a menos oclusiones completas y mayor incidencia de cuello residual (22, 23).

En general, la DSA sigue siendo el estándar de oro para el seguimiento de pacientes con manejo endovascular (3, 6, 12, 21); sin embargo la MRA se puede utilizar como método de control en pacientes con aneurismas embolizados no rotos, y en pacientes con aneurisma previo roto, hay que ser

cuidadosos y pasar a DSA en caso de sospechar recanalización (3). La MRA se prefiere sobre la CTA por presentar mayor sensibilidad al flujo residual y la no exposición a radiación ionizante, con menos artificios por endurecimiento del rayo (11, 21); además, los stent de Nitinol generan menos artificio que los de acero por lo que generan menos falsos positivos de estenosis en su interior, y menos artificios en la masa de los espirales, que producen una falsa oclusión del aneurisma (10). La CTA permite evaluar la permeabilidad de vasos grandes después de aislamiento con clips quirúrgicos, pero no permite evaluar el cuello por los altos valores de atenuación. La CTA de doble energía podría permitir una mejor visualización de estructuras vasculares llenas de material yodado adyacentes a dispositivos metálicos y puede mejorar la detección de aneurismas no tratados (3, 10, 11).

La MRA ha sido una técnica usada desde las últimas dos décadas para el diagnóstico y evaluación de los aneurismas. Se ha encontrado alta sensibilidad en la MRA por tiempo de vuelo o con el uso de contraste en magnetos de 1.5 y 3 Tesla en comparación con DSA y CTA (3). La decisión entre utilizar MRA con contraste o sin contraste permanece en debate. En un estudio realizado por Sprengers *et al.*, se determinó que la sensibilidad de ambas técnicas era igual (13); sin embargo, en el estudio realizado por Pierot *et al.* y otro realizado por Anzalone *et al.*, la sensibilidad de la MRA-CE fue mayor que la técnica TOF para detectar remanentes aneurismáticos (11, 12, 16) y la técnica de TOF demostró mayor sensibilidad para visualizar el espiral con menos artificios debidos a opacificación por el material de contraste. No obstante, ambos estudios concluyeron que no hay diferencia significativa entre una u otra técnica (12, 16), y tampoco se ha visto aumento en la sensibilidad ni especificidad al utilizar ambas técnicas de MRA (12, 21). Por esta razón se recomienda que, en casos en los que se prefiera utilizar MRA para seguimiento, se debe hacer con la técnica TOF, ya que no conlleva los riesgos del uso de material de contraste, y el uso de los mismos no genera beneficios adicionales para la detección de remanentes aneurismáticos (10, 11, 13). Para la evaluación del flujo aneurismático residual, un estudio reportó mayor sensibilidad utilizando técnica de turbo spin eco sangre negra 3D en MRA en magneto de 1.5 Tesla que la DSA para identificar el flujo residual, sin embargo, es probable que el desempeño de la MRA disminuya en los pacientes manejados con espiral y stent debido al artificio que genera (12).

En la actualidad, el principal objetivo de la MRA en el seguimiento de aneurismas embolizados es obtener imágenes con la suficiente resolución espacial para diagnosticar y distinguir aneurisma

residuales clínicamente significativos, considerados mayores a 2 y 5 mm, y de esta manera evaluar el riesgo de sangrado (24).

En un futuro se podrá cuantificar el movimiento de la pared del aneurisma utilizando técnicas de cine en contraste de fase, que puede tener un papel importante en la evaluación inicial y seguimiento (3).

7. PROPÓSITO

Revisar, analizar e integrar la literatura actual sobre estudios de MRA en cualquiera de sus dos modalidades (TOF-MRA/CE-MRA) en el seguimiento de pacientes adultos con aneurisma cerebral tratados con terapia endovascular comparada con la DSA en términos de variables de desempeño diagnóstico.

De esta forma, podría institucionalizarse la MRA como estudio base para el seguimiento de aneurismas manejados con terapia endovascular, disminuyendo la morbilidad asociada al uso de técnicas invasivas como la DSA especialmente en pacientes con múltiples morbilidades asociadas.

8. OBJETIVOS

8.1 *Objetivo general*

- Evaluar el desempeño diagnóstico, en términos de sensibilidad, especificidad, y concordancia, de la angiografía por resonancia magnética comparada con la angiografía por sustracción digital en el seguimiento en pacientes con aneurisma cerebral tratado con técnicas endovasculares.

8.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar las diferentes poblaciones estudiadas de pacientes con aneurisma cerebral en cuanto a edad, género, ubicación y tamaño.
- Identificar, analizar y calificar la literatura actual en la que se estudia el desempeño diagnóstico de la angiografía por resonancia magnética en pacientes con aneurisma cerebral tratado con técnicas endovasculares, utilizando criterios aceptados internacionalmente.
- Determinar sensibilidad, especificidad, y concordancia de la angiografía por resonancia magnética en sus dos modalidades: tiempo de vuelo (TOF) y contrastada (CE), para poder llevar a cabo un análisis más robusto (meta-análisis).
- Construir la curva ROC para determinar el umbral de sensibilidad y especificidad de la angiografía por resonancia magnética.
- Generar lineamientos de seguimiento en pacientes con aneurisma cerebral tratado con técnicas endovasculares, para realizar en nuestra población.

9. METODOLOGÍA

9.1 Diseño del estudio

- Revisión sistemática de la literatura y meta-análisis para evaluar el desempeño diagnóstico de la MRA en el seguimiento de pacientes adultos con aneurisma cerebral tratado con terapia endovascular.

9.2 Revisión sistemática de la literatura

- La revisión y búsqueda sistemática de la literatura se realizó en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, ScIELO y Biblioteca Virtual de la Salud (BVS). Esta última contenía las bases de datos LILACS e IBECs. Los términos más relevantes para la búsqueda fueron establecidos por JMG y DMA mediante la búsqueda de términos MeSH (por sus siglas en inglés “*medical subject headings*”). Cada uno de los términos MeSH fue traducido en términos DeCS (Descriptor en Ciencias de la Salud), una herramienta que contenía el vocabulario estructurado y trilingüe utilizado en la indización de artículos en español, inglés y portugués.
- Dos revisores realizaron la búsqueda en forma independiente (JMG y DMA), aplicando el mismo criterio de selección descrito a continuación. Los resultados de búsqueda se compararon y los desacuerdos se resolvieron por consenso de los revisores. En caso de continuar con discrepancias un tercer revisor entró a aplicar los criterios de inclusión y exclusión de los artículos (JCA), y definió la pertinencia de dichos artículos. Se siguieron las pautas de los elementos de información preferidos para revisiones sistemáticas y meta-análisis de la declaración PRISMA (25) en la extracción de datos, análisis y presentación de informes de los artículos seleccionados.
- La búsqueda se realizó sin límites en cuanto a idioma, tipo o período de publicación (se incluyeron artículos hasta agosto de 2014). Sólo se tuvo en cuenta el límite de estudios en humanos. La búsqueda se realizó en las nombradas bases de datos, utilizando los siguientes términos MeSH: "Intracranial Aneurysm" AND "Angiography" AND "Magnetic Resonance

Angiography" AND "Embolization, Therapeutic" AND "Sensitivity and Specificity" AND "Angiography, Digital Subtraction" AND "Follow-Up Studies". La búsqueda también se realizó con las siguientes palabras clave (i.e., text word): Time-of-Flight MR Angiography AND Angiogram brain AND Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography AND Magnetic Resonance Angiogram.

- Para el caso de términos DeCS se realizó la siguiente búsqueda: “Aneurisma Intracraneal” O “Aneurisma Intracraniano”, Y “Angiografía Cerebral” O “Angiografía Cerebral” Y “Angiografía” O “Angiografía” Y “Angiografía de Substracción Digital” O “Angiografía Digital” Y “Angiografía por Resonancia Magnética” O “Angiografía por Ressonância Magnética” Y “Embolización Terapéutica” O “Embolização Terapêutica” Y “Sensibilidad y Especificidad” O “Sensibilidade e Especificidade” Y “Estudios de Seguimiento” O “Seguimientos”. Como palabras clave fueron utilizadas las siguientes: Angiografía por Resonancia Magnética en tiempo de vuelo Y Angiograma cerebral Y Angiografía por Resonancia Magnética Contrastada Y Angiograma por Resonancia Magnética. Para ambos casos (i.e., términos MeSH y DeCS) cada término fue referenciado de manera cruzada y escogido para el mayor número de resultados.
- Dos revisores cegados (JMG y DMA) organizaron los artículos en una base de datos de Excel, de tal manera que de ella se pudo extraer información descriptiva de la revisión a saber: número de duplicados, número de artículos incluidos, número de artículos excluidos, motivo de la exclusión, cuáles de ellos fueron encontrados en texto completo y cuáles no, y los idiomas presentes en la revisión.
- Una vez seleccionados los artículos incluidos se procedió a completar la consecución de los mismos en texto completo. Para éste fin se solicitó el documento a los autores vía correo electrónico y/o a la herramienta de obtención bibliográfica de la Universidad del Rosario y la Fundación Cardioinfantil. Para los artículos en idiomas distintos del inglés o español, la traducción de los resúmenes se realizó para determinar la elegibilidad, de ser un artículo pertinente se realizó la traducción oficial del texto completo.
- Posteriormente se revisaron los artículos completos, en aras de obtener la información requerida para la extracción de datos, así como, para realizar la búsqueda manual de las referencias que pareciesen ser relevantes para esta revisión.

- Cada registro se clasificó en función del nivel de calidad de los estudios, asignado mediante la aplicación de los niveles establecidos por el Centro de Oxford para la Medicina Basada en Evidencia de 2011 (26) a fin de evaluar los posibles sesgos y pertinencia de cada publicación, y además se evaluaron con la escala QUADAS-2 (27), la cual fue diseñada para evaluar la calidad de los estudios primarios de diagnóstico, ampliamente utilizada en radiología. En la Tabla 6 se describieron las 14 preguntas y respuestas del QUADAS-2 utilizadas para evaluar los estudios; en los casos en los cuales no se obtuvo una respuesta clara en el artículo para alguna de las preguntas, se dejó la respuesta como NA, las cuales fueron interpretadas como No.

9.3 Extracción de datos

- A continuación se creó una base de datos con información pertinente a partir de los estudios que se incluyeron, que contó con las siguientes variables:
 - *Referencia*: corresponde a la citación bibliográfica del artículo.
 - *Autor principal*: primer autor del estudio.
 - *Año*: año de publicación del estudio.
 - *País*: país en el que fue realizado el estudio.
 - *Tipo de estudio*: recolección de los pacientes y realización de los estudios imagenológicos de forma prospectiva o retrospectiva.
 - *Nivel de evidencia*: utilizando la escala de evaluación de OCEBM.
 - *Tamaño de la muestra*: número total de sujetos incluidos en el estudio.
 - *Tiempo de seguimiento*: tiempo en meses en el que se realiza el seguimiento imagenológico con DSA y MRA posterior a la terapia endovascular.
 - Descripción de la población
 - *Edad*: media o mediana de edad en años de la población.
 - *Distribución de género*: frecuencia de cada género (i.e., femenino y masculino) en la población.
 - Características del o los aneurismas

- *Número*: número total de aneurismas evaluados imagenológicamente.
- *Tamaño*: tamaño en milímetros de los aneurismas.
- *Localización*: ubicación anatómica de los aneurismas cerebrales en los territorios vasculares de la circulación anterior o posterior cerebral.
- *Técnica imagenológica empleada*: modalidad de MRA usada (i.e., TOF-MRA y/o CE-MRA).
- *Descripción de hallazgos en la técnica imagenológica empleada*: utilizando como referencia la clasificación de Raymond.
- *Complicaciones posteriores al manejo endovascular*: complicaciones reportadas para DSA y para MRA.
- *Desempeño diagnóstico*:
 - *Verdadero positivo (TP)*: corresponde al número de pacientes que obtuvieron el mismo hallazgo anormal en la DSA como en la MRA.
 - *Falso positivo (FP)*: corresponde al número de pacientes en los que la MRA reportó un hallazgo anormal, mientras que la DSA fue reportada como normal.
 - *Falso negativo (FN)*: corresponde al número de pacientes en los que la MRA reportó un hallazgo normal, mientras que la DSA fue reportada como anormal.
 - *Verdadero negativo (TN)*: corresponde al número de pacientes en los que se reportaron hallazgos normales en la DSA como en la MRA.
 - *Concordancia interobservador*: concordancia en los hallazgos interpretados por los radiólogos, calculada utilizando la K de Cochran.

Tabla 6. Instrumento QUADAS-2 utilizado para evaluar calidad de los estudios

#	Pregunta	Respuesta positiva
1	¿Fue el espectro de pacientes representativo de los pacientes que recibirán la prueba en la práctica?	No hubo límites en la selección de pacientes en cuanto a género, tamaño del aneurisma ni ubicación del mismo.

2	¿Fueron los criterios de selección claramente descritos?	Descripción específica de los criterios de selección
3	¿Es probable que la prueba de referencia estándar clasifique correctamente la condición blanco?	Uso de la DSA como prueba de referencia estándar
4	¿Es el periodo de tiempo entre la prueba de referencia estándar e índice lo suficientemente corto para estar seguro que la condición blanco no cambio entre las dos pruebas?	Intervalo de tiempo entre DSA y MRA menor a 48 horas.
5	¿Toda o parte de la muestra recibió verificación del diagnóstico usando la prueba de referencia estándar?	Todos los pacientes se les realizó una DSA, si se practicó una MRA.
6	¿Los pacientes recibieron la misma prueba de referencia estándar independiente del resultado de la prueba índice?	Todos los pacientes se les realizó una MRA, si se practicó una DSA.
7	¿La realización de la prueba de referencia estándar y la índice fue de forma independiente?	La MRA y DSA se realizaron independientes de los resultados.
8	¿Fue la ejecución de la prueba índice descrita en suficiente detalle para permitir reproducibilidad?	Descripción de los parámetros de realización de la MRA
9	¿Fue la ejecución de la prueba de referencia estándar descrita en suficiente detalle para permitir reproducibilidad?	Descripción de los parámetros de realización de la DSA
10	¿Fueron los resultados de la prueba índice interpretados sin conocimiento de los resultados de la prueba de referencia estándar?	MRA se interpretó sin conocimiento de los resultados de la DSA.
11	¿Fueron los resultados de la prueba de referencia estándar interpretados sin conocimiento de los resultados de la prueba índice?	DSA se interpretó sin conocimiento de los resultados de la MRA.
12	¿Se evaluó la concordancia interobservador de la prueba índice con la de referencia estándar?	Calculo de concordancia interobservados MRA vs DSA
13	¿Se reportaron resultados de la prueba índice no - interpretables/indeterminados?	Todos los resultados de MRA fueron reportados.
14	¿Se explicaron los retiros del estudio?	Explicación clara de los sujetos que se retiraron.

9.4 Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Si el resumen estaba disponible.
- Si contenía datos originales.
- Si utilizó criterios aceptados de clasificación de aneurismas cerebrales (i.e., clasificación de Raymond).
- Si reportó una asociación significativa entre la MRA en TOF o CE, comparada con la DSA.
- Si evaluaba las técnicas imagenológicas nombradas previamente en pacientes con aneurisma cerebral tratados con procedimiento endovascular.

Criterios de exclusión:

- Los artículos fueron excluidos del análisis si se trataban de otras patologías o se hicieron en modelos animales (por ejemplo modelos murinos).
- También fueron excluidos los artículos de tipo revisiones, reportes o series de casos que no reporten datos originales.
- Artículos que discutían temas no relacionados con el tópico evaluado.
- Si evaluaban las técnicas imagenológicas nombradas previamente sin incluir la MRA en pacientes con aneurisma cerebral tratados con procedimiento endovascular.
- Si realizó evaluaciones imagenológicas, en pacientes con aneurismas cerebrales, sin ser llevados a corrección endovascular, es decir a modo de diagnóstico y no de seguimiento.
- Aquellos estudios con datos incompletos que no permitían la construcción de la tabla de contingencia.

9.5 Control de sesgos y errores

- Sesgo de publicación: Principal sesgo presente en los meta-análisis. Viene derivado del hecho que aquellos trabajos científicos con resultados positivos son publicados con mayor frecuencia y más fácilmente que los estudios con resultados negativos. Con el fin de controlar este sesgo, se realizó la búsqueda en 4 bases de datos diferentes (i.e., PubMed, Embase, ScIEIO y BVS) para asegurar la

inclusión de estudios publicados en diferentes geografías, idiomas, así como en publicaciones con distintos factores de impacto. Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual de las referencias de los artículos incluidos en búsqueda de publicaciones relevantes para el estudio que no fueron capturadas por la revisión sistemática.

- Sesgo de selección: Inclusión selectiva de estudios a evaluar dentro del meta-análisis. Para controlar este sesgo, se encuentran claramente definidos los criterios de inclusión y exclusión usados para seleccionar los estudios a analizar (vea Sección 9.4). Asimismo, la búsqueda y selección de los artículos fue realizada por los dos autores (JMG y DMA) de forma cegada e independiente.
- Sesgo de idioma: Consiste en la inclusión de estudios en uno o varios idiomas predefinidos. Como se menciona en la sección 9.2, se incluyeron los artículos sin límite de idioma. Aquellos artículos que no se encontraron en español o inglés, fueron traducidos oficialmente a alguno de estos idiomas para asegurar la adecuada extracción de datos.
- Sesgo de duplicación: Se origina cuando los resultados de una investigación se publican en más de una ocasión. Aquellos publicaciones que utilizaron la misma cohorte de pacientes en más de una ocasión, se seleccionaron los artículos en donde se obtuvo una mejor calidad y en el que se pudo realizar una extracción más completa de los datos para ser analizados.
- Validez de los estudios: Se trata de la validez interna de cada estudio incluido. Para controlar este sesgo, se realizó una aproximación de evaluación de la calidad de los estudios por medio de dos instrumentos ampliamente usados: OCEBM y QUADAS-2.

9.6 Plan de análisis

- Los datos fueron analizados utilizando el programa Meta-DiSc versión 1.4 (28).
- Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el grupo total de artículos dependiendo de los datos binarios disponibles: TP, FP, FN, TN. La sensibilidad correspondió a la división entre los TP y la suma de los TP más los FN. Por otro lado, la especificidad se obtuvo al dividir los TN sobre la suma de los TN más los FP.
- El tamaño del efecto se calculó de seis maneras: inicialmente se calculó la sensibilidad y especificidad para cada una de las modalidades de la MRA, es decir, TOF-MRA y CE-MRA. Posteriormente, se realizó una estratificación por potencia del resonador con el objetivo de evaluar posibles covariables que estuvieran influyendo en los resultados. Por lo tanto, se

corrieron modelos con 1.5T y 3T para cada una de las modalidades de MRA, es decir, TOF-MRA y CE-MRA.

- La heterogeneidad se calculó por medio de las pruebas Higgins (I^2). La prueba I^2 mostró la proporción de la dispersión real observada más que la dispersión espuria y se expresó en porcentaje con un rango de 0% al 100%. Los valores de I^2 fueron cualitativamente calificados como bajo (25%), medio (50%) y alto (75%).
- Se realizó la construcción de la curva de resumen de las características operativas del receptor (sROC, por sus siglas en inglés), la cual fue un estimado de una curva ROC común ajustada para los resultados de los estudios en el espacio ROC. La curva sROC se utilizó para evaluar el desempeño diagnóstico de la MRA, dado que tuvo en cuenta las variaciones implícitas o explícitas en los estudios que generaron diferencias en la sensibilidad y especificidad, por medio del cálculo del área bajo la curva (AUC).

9.7 Aspectos éticos

- Este proyecto se encontró en cumplimiento de la Resolución 008430/1993 por el Ministerio de Salud de la República de Colombia:
 - Respeto a la autonomía, dignidad y la protección de los derechos y el bienestar de los sujetos incluidos en los distintos estudios que se evaluaron.
 - Se clasifica como **Investigación sin riesgo**: Estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio.
- En este estudio prevaleció la obligación legal y moral de respetar la propiedad intelectual, por lo cual se reconoció y se respetó el buen nombre del autor de cada uno de los escritos y trabajos consultados en las diferentes fuentes.
- Todos los autores declararon que no tienen ningún conflicto de interés.

10. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

10.1 Cronograma

Actividad	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14
Definición de diseño del estudio y términos de búsqueda sistemática	x								
Realización de búsqueda sistemática	x	X	x						
Extracción de datos			x	x	x				
Análisis estadístico					x	x	x		
Evaluación de resultados							x	x	
Estructuración de discusión								x	
Análisis y realización de informe final								x	x

10.2 Presupuesto

- Global

RUBROS	VALOR
Personal científico	\$ 30.148.690
Software	\$ 330.000
Publicaciones	\$ 3.500.000
Materiales e insumos	\$ 2.123.200
Total	\$ 36.101.890

- Equipo investigador

Nombre del Investigador	Función dentro del Proyecto	Formación Académica	Dedicación (hs/sem)	Calculo
Juan Manuel González Gaita	Investigador principal	Residente Radiología	12	\$ 14.428.440
Danys María Amado Gaita	Co-investigador	Residente Radiología	7	\$ 5.733.000
Juan Carlos Puentes Vargas	Co-investigador	Neurocirujano	5	\$ 5.733.000
Jenny Amaya-Amaya	Epidemiólogo	Médico, Epidemiólogo	5	\$ 4.254.250
TOTAL				\$ 30.148.690

- Software

Software	Valor
Comprehensive Meta-Analysis versión 2*	330.000
<i>Total</i>	330.000
* Corresponde al valor en dólares (\$175) convertido a pesos	

- *Materiales e insumos*

Insumos	Cantidad	Valor Unitario	Costo
Resma papel blanco	1	9.200	9.200
Impresiones	100	200	20.000
Fotocopias	100	50	5.000
Computador	1	1.989.000	1.989.000
Insumos papelería	2	50.000	100.000
<i>Total</i>			2.123.200

- *Difusión de resultados*

Publicaciones	Valor
Publicación revista indexada	3.500.000*
<i>Total</i>	3.500.000
* Corresponde a edición, corrección de estilo y pago de publicación	

11. RESULTADOS

11.1 *Revisión sistemática de la literatura*

Por medio de la estrategia de búsqueda planteada, se encontró un total de 5,032 artículos en las bases de datos (i.e., PubMed, Scopus, SciELO y BVS). De estos, 1,466 estudios correspondieron a duplicados, realizando una revisión del título y abstract de 3,566 artículos. Posterior a esta revisión, 3,508 estudios fueron descartados debido a que no cumplían con los criterios de inclusión. Estos correspondían a revisiones narrativas, reportes de caso, series de casos, cartas al editor, estudios animales, artículos en los que no se realizaban TOF-MRA o CE-MRA, estudios donde no había comparación con DSA, o en los que se evaluaban técnicas radiológicas diferentes a las planteadas (Figura 1).

Al final, un total de 58 artículos fueron evaluados en su totalidad: hubo 57 artículos en texto completo y 1 artículo en el que se realizó la revisión detallada y extracción de datos a partir del resumen. Dentro de los estudios evaluados para la elegibilidad, se excluyeron 3 artículos al tratarse de meta-análisis previamente publicados (6, 21, 29), 10 artículos dado que no presentaban los datos completos para la construcción de la tabla de contingencia (30-39), 1 artículo dado que el seguimiento fue realizado para evaluar la posición del stent (40), 1 artículo en el que los pacientes no recibieron tratamiento endovascular (41) y un artículo en el que únicamente se evaluó la concordancia entre lectores (42). Asimismo, en el caso de encontrar más de un artículo del mismo autor y/o grupo de investigación, se seleccionó el estudio que presentaba la información más completa y se podían extraer los datos de la manera correcta. Las referencias de los artículos que parecían relevantes para la revisión sistemática se seleccionaron e incluyeron a través de búsqueda manual.

Por último, 34 artículos fueron seleccionados (43-77), los cuales contenían datos interpretables y cumplieron con los criterios de elegibilidad. De los artículos seleccionados, 29 estudios evaluaron el desempeño diagnóstico de la TOF-MRA (44, 46-52, 54, 56-59, 61-67, 69-76) y 14 estudios evaluaron la CE-MRA (43-45, 53, 55, 57-60, 63, 66, 67, 70, 74). Hubo un artículo en el que se realizó un estudio multicéntrico con una gran rigurosidad metodológica, en el que no se pudieron extraer los datos crudos para el cálculo de sensibilidad y especificidad, pero dada las características y la información obtenida en cuanto a la concordancia entre estudios se decidió incluir para la evaluación de esta variable (68).

Asimismo, en 24 artículos la recolección y evaluación de los pacientes fue hecha de manera prospectiva (44-46, 49, 51, 52, 54, 57-59, 61-63, 65-71, 73-76), mientras que en 10 artículos se realizó de manera retrospectiva (43, 47, 48, 50, 53, 55, 56, 60, 64, 72). La tabla de extracción de datos en la que se encuentran la totalidad de las variables evaluadas se encuentra en el Anexo 1.

11.2 Características clínicas de la población

A partir de los 34 estudios incluidos, se evaluó una población total de 1,892 pacientes que presentaron aneurisma cerebral tratados con terapia endovascular y cuyo seguimiento se realizó con DSA y MRA en alguna de sus modalidades. De esta población, el rango de edad de la mayoría de pacientes se encontraba entre los 40-60 años, con excepción de los estudios de Weber et al. y Pierot et al., donde este rango se ampliaba (i.e., 31-72 años y 25-73 años, respectivamente). Adicionalmente, se debe resaltar que la mayoría pacientes pertenecían al género femenino, siendo las mujeres la principal población en riesgo de presentar aneurismas cerebrales; evaluando aquellos estudios donde se describía la distribución por género de la muestra, se encontró que las mujeres correspondieron al 68.2% (1,162/1,704), mientras que los hombres al 31.8% (542/1,704) del total de la población evaluada.

Un total de 2,087 aneurismas cerebrales fueron evaluados por las técnicas radiológicas descritas. El tiempo entre la terapia endovascular y el seguimiento con DSA - MRA fue muy variable, aunque la mayoría de estudios se adhirieron a la recomendación de realización de una imagen de control a los 6 meses posterior al tratamiento. Sin embargo, en algunos casos el seguimiento fue realizado a los 3 meses, y en otros casos incluso hasta después de los 12 meses. En cuanto al tamaño del aneurisma cerebral, se encontró una gran variabilidad en la descripción de esta variable, dado que mientras algunos estudios reportaban el rango, otros reportaban el tamaño en escala ordinal; asimismo, aquellos autores que reportaban la escala ordinal, no hay un consenso en cuanto al punto de corte para considerarlos pequeños (i.e., 3mm 5mm o 7mm) o grandes (i.e., 10mm, 15mm o 25mm). De forma similar, a pesar que la mayoría de estudios clasificaban inicialmente los hallazgos imagenológicos en la escala de Raymond, al momento de evaluar el desempeño diagnóstico se encontró una gran heterogeneidad en cuanto a la reclasificación de esta variable; la mayoría de estudios dividían los resultados de las

neuroimágenes en oclusión completa y flujo residual. Las características detalladas de cada estudio se encuentran en la Tabla 6.

Figura 1. Flujograma de la revisión sistemática de la literatura

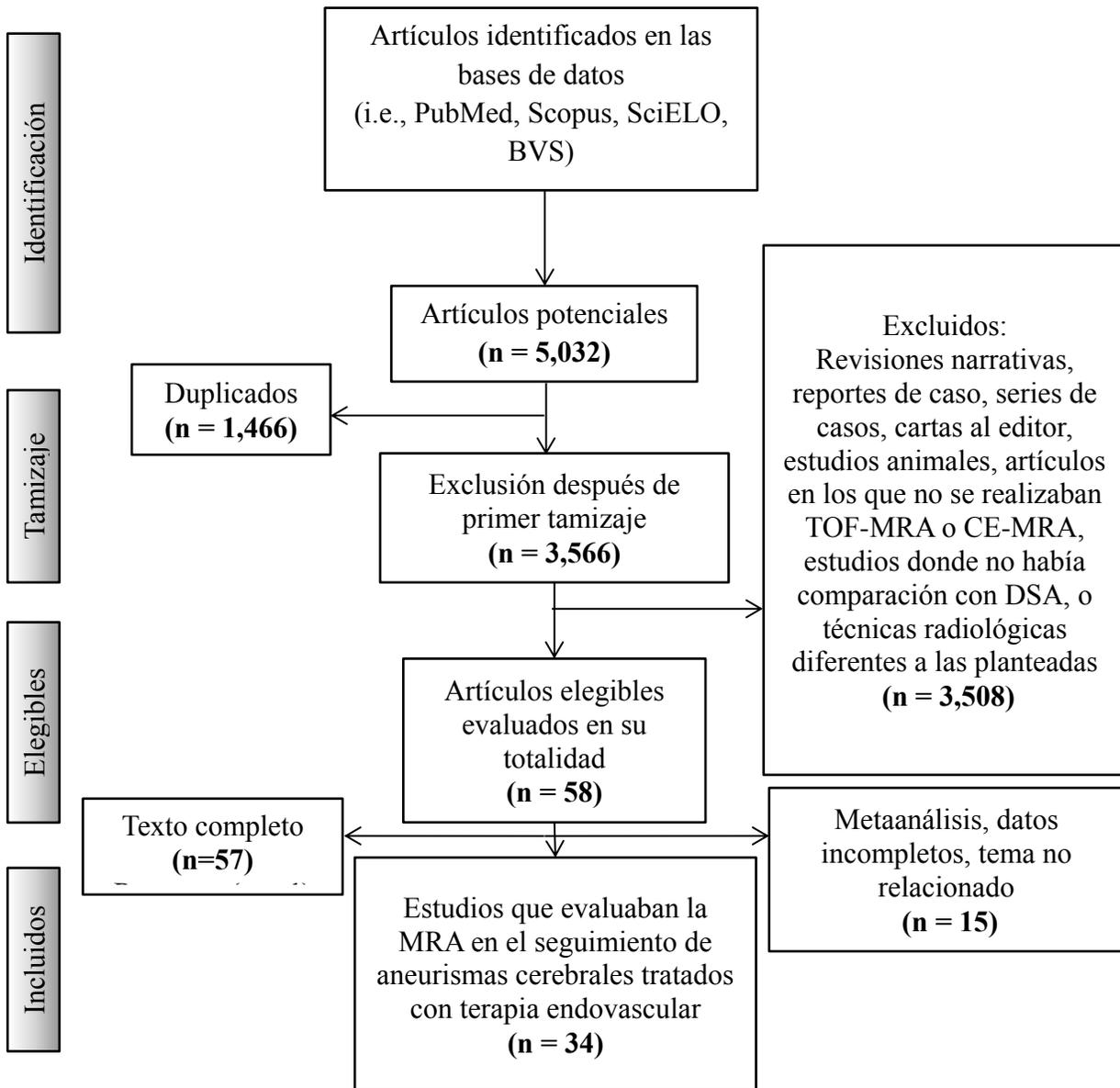


Tabla 7. Características clínicas de los pacientes con aneurisma cerebral

Ref	Autor principal	Año	País	Tipo de estudio	N	Tiempo seguimiento	Descripción de la población		Características del aneurisma		Descripción de hallazgos
							Edad	Género	N	Tamaño	
[59]	Leclerc X, et al.	2002	Francia	P	20	12 m	49 (17-73)§	F: 11 (55%), M: 9 (45%)	20	5-12 mm	Oclusión completa (17), cuello residual pequeño (5), cuello residual grande (1)
[75]	Wong JH, et al.	2007	Canadá	P	37	4 m	54 (34-79)§	F: 34 (92%), M: 3 (8%)	42	< 7 mm:11, 7-12mm:24, 13-24mm:4, ≥25mm:3	Grado de oclusión Clase 1 (9), Clase 2 (24), Clase 3 (21).
[43]	Agid R, et al.	2012	Canadá	R	27	3 m	51.6 (38-70)§	F: 20 (74%), M:7 (26%)	28	ND	Estenosis del vaso parental (18)
[63]	Nakiri GS, et al.	2011	Brasil	P	30	Hasta 36 m	54.5 ± 11.2¶	F: 23 (76.7%), M: 7 (23.3.)	43	< 7 mm: 15, 7-12 mm: 12, 12-25mm:12, >25mm: 4	Oclusión completa, aneurisma residual, cuello residual
[51]	Deutschman HA, et al.	2007	Austria	P	127	0-57 m	49.6 ± 1.9¶	F: 89 (70.1%), M:38 (29.9%)	136	≤ 3mm vrs > 3mm, ≤5mm vrs.>5	Cuellos residuales
[69]	Serafin Z, et al.	2012	Polonia	P	72	3 m	51.5 ± 12.4¶	F: 48 (66.67%); M: 24 (33.3%)	72	<5 - 25mm	Oclusión completa (64) Remanente de cuello (8)
[44]	Anzalone N, et al.	2000	Italia	P	49	10 m	53	F: 34 (69.4%); M: 15 (30.6%)	50	<15 - >20 mm	Oclusión completa (46), flujo residual (18)
[67]	Ramgren B, et al.	2008	Suecia	P	37	27 m	51 (24-69)§	F: 22 (59.5%); M: 15 (40.5%)	41	2-22 m	Oclusión completa (6), algún grado de recanalización (35)
[45]	Boulin A, et al.	2001	Francia	P	66	3-24 m	45	F: 36 (54.5%); M: 30 (45.5%)	70	3->15 mm	Oclusión completa (48), aneurisma residual (2), oclusión subcompleta (20)
[65]	Okahara M, et al.	2004	Japón	P	33	6 m	63 (31-84)§	F: 23 (69.6%); M: 10 (30.3%)	33	2.3-8.7mm	Oclusión completa (14), remanente del cuello (13), aneurisma residual (3), artificios (3)
[76]	Yamada K, et al.	2004	Japón	P	39	7 m	59 (50-68)§	F: 30 (76.9%); M: 9 (23.1%)	51	3-22 mm	Oclusión completa (13), flujo residual (38)
[54]	Ferré JC, et al.	2009	Francia	P	51	4.2 m	51 (19-72)§	F: 25 (49%); M: 26 (51%)	51	2-15 mm	Oclusión completa (23), remanente cuello (22), aneurismas residuales (6)
[73]	Westerlaan, et al.	2005	Países Bajos	P	31	4 m	52 ± 12.7¶	F: 27 (87.1%); M: 4 (12.9%)	37	<4 mm: 12; 4-10 mm: 17; >10 mm: 8	Flujo residual (30), remanente del cuello (20)

[48]	Cho YD, et al.	2014	Korea	R	40	12 m	58.8 ± 9.6¶	F: 30 (75%); M: 10 (25%)	44	1.9-23.9 mm	Oclusión completa (24), recanalización menor (11), recanalización mayor (9)
[71]	Urbach, et al.	2008	Alemania	P	50	14 m	47 (8-74)§	F: 34 (68%); M: 16 (32%)	50	ND	Oclusión completa (39), remanente del cuello (2), aneurisma residual (9)
[57]	Kaufman TJ, et al.	2010	Estados Unidos	P	58	12.3 m	59.3 (38-77)§	F: 45 (77.6%); M: 13 (22.4%)	63	ND	Oclusión completa (23), remanente del cuello (16), aneurisma residual (8)
[46]	Brunereau L, et al.	1999	Francia	P	26	4 m	52.1 (31-77)§	F: 18 (69.2%); M: 8 (30.8%)	27	4-10 mm: 25; >11 mm: 2	Remanente de cuello (5), aneurisma residual (4)
[72]	Weber W, et al.	2001	Alemania	R	45	ND	31-72	F: 28 (62.2%); M: 17 (37.8%)	54	3-25 mm	Oclusión completa (0), remanente de cello (43), aneurisma residual (12)
[47]	Buhk JH, et al.	2008	Alemania	R	18	ND	61 (29-78)§	F: 9 (50%); M: 9 (50%)	20	ND	Oclusión completa (14), remanente de cuello (3), aneurisma residual (3)
[56]	Kahara V, et al.	1999	Finlandia	R	20	4.5 m	49 (22-65)§	F: 9 (45%); M: 11 (55%)	21	2-30 mm	Oclusión completa (13), remanente de cuello (9)
[50]	Derdeyn C, et al.	1997	Estados Unidos	R	23	6 m	ND	ND	24	<10 - >25 mm	Flujo residual (8)
[64]	Nome T, et al.	2002	Noruega	R	51	3-36 m	ND	ND	55	<5->10 mm	Aneurisma residual (34)
[61]	Majoie C, et al.	2005	Países Bajos	P	20	6 m	49 (18-74)§	F: 11 (55%); M: 9 (45%)	21	<5 - >10mm	Oclusión completa (9), remanente del cuello (9), aneurisma residual (3)
[60]	Lubicz B, et al.	2008	Bélgica	R	55	6 m	46 (17-65)§	F: 37 (67.3%); M: 18 (32.7%)	67	2-18 mm	Oclusión completa (43), remanente de cuello (20)
[55]	Gauvrit JY, et al.	2006	Francia	R	106	12.9 m	46 (14-71)§	F: 56 (52.8%); M: 50 (47.2%)	107	2-18 mm	Oclusión completa (21), remanente de cuello (20), aneurisma residual (20)
[68]	Schaafsma J, et al.	2010	Países Bajos	P	311	3-18 m	51 (19-79)§	F: 219 (70.4%); M: 92 (29.6%)	343	2-12 mm	ND
[49]	Cottier JP, et al.	2003	Francia	P	60	12 m	52	F: 48 (80%); M: 12 (20%)	74	<3 - >20mm	Oclusión completa (47), remanente de cuello (31), aneurisma residual (8)
[66]	Pierot L, et al.	2006	Francia	P	32	ND	25-73	F: 27 (84.4%); M: 5 (15.6%)	42	3-19 mm	Oclusión completa (14), Remanente de cuello (23), Aneurisma residual (5)
[62]	Michardiere R, et al.	2001	Francia	P	20	ND	ND	ND	22	ND	Flujo residual (12)

[53]	Farb R, et al.	2005	Canadá	R	28	18 m	46.5 (21-66)§	F: 16 (57.1%); M: 12 (42.9%)	29	<5 - >10mm	Flujo residual (11)
[58]	Lavoie P, et al.	2012	Canadá	P	149	6 m	53 §	F: 107 (71.8%); M: 42 (28.2%)	167	2.5 - 6 mm	Oclusión completa (67), flujo residual (100)
[74]	Wikstrom J, et al.	2007	Suecia	P	38	14 m	ND	ND	47	ND	Oclusión completa (25), aneurisma residual (22)
[70]	Sprengers MES, et al.	2009	Países Bajos	P	67	6 m	59 ± 12¶	F: 46 (68.6%); M: 21 (31.3%)	72	7 mm	Oclusión completa (57), flujo residual (12)
[52]	Dupre S, et al.	2008	Australia	P	56	6.6 m	47.7 ± 11.7¶	ND	64	2.5 - 11 mm	Oclusión completa (12), flujo residual (9)

N: Número total de sujetos; *P*: Prospectivo; *R*: Retrospectivo; *mm*: Milímetros; *m*: Meses; ¶: media y desviación estándar; §: mediana y rango.

En cuanto a la localización de los aneurismas cerebrales, la mayoría se encontraban ubicados más frecuentemente en la circulación anterior (73.3%, 1,362/1,860) que en la circulación posterior (26.7%, 498/1,860) (Figura 2). Dentro de la circulación anterior, las principales localizaciones fueron la arteria carótida interna (41.2%, 561/1,363) y la arteria comunicante anterior (35.5%, 483/1,362) (Figura 3); en el caso de la circulación posterior, las principales ubicaciones fueron la arteria basilar (40.2%, 200/498) y la arteria comunicante posterior (24.1%, 120/498) (Figura 4).

Figura 2. Principal localización de los aneurismas cerebrales

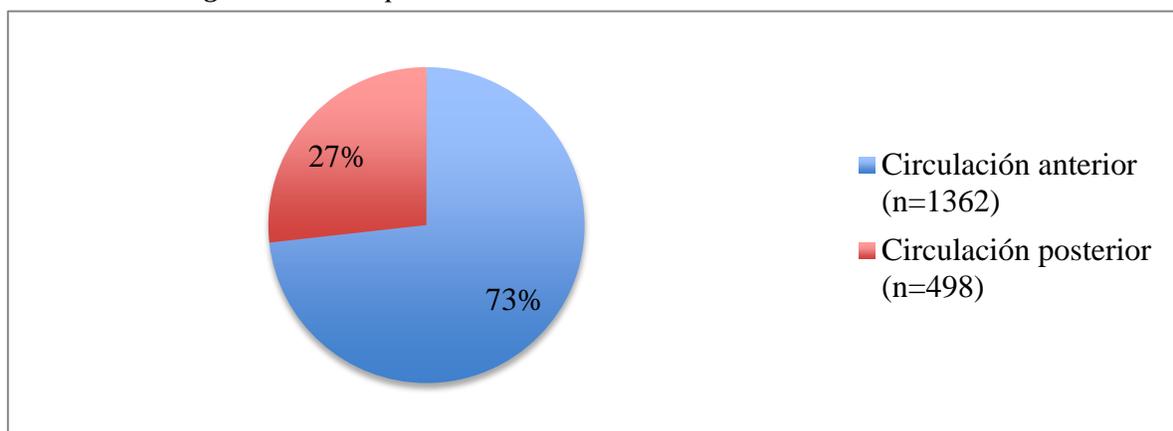
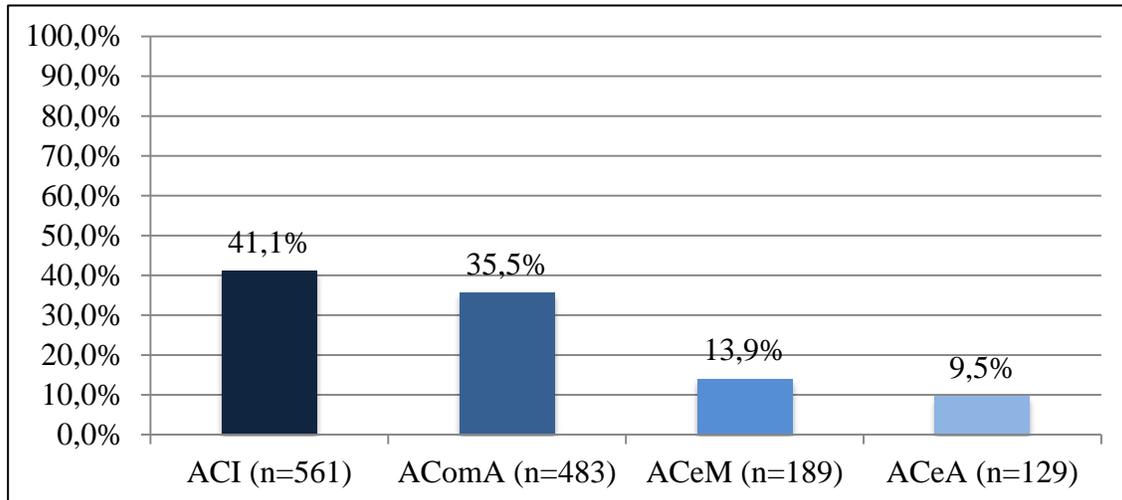
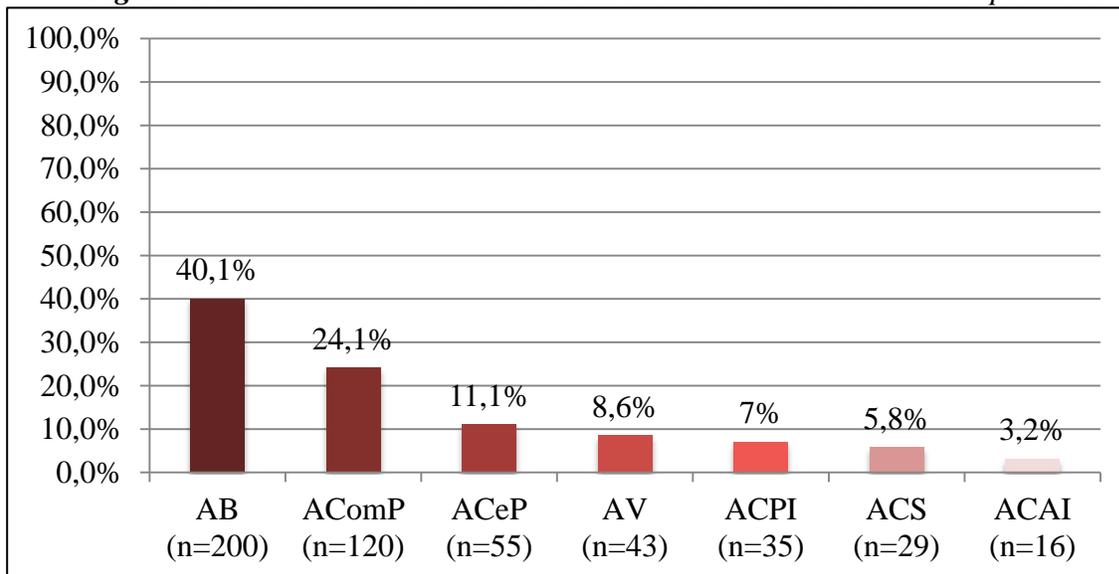


Figura 3. Distribución de los aneurismas cerebrales en la circulación anterior



ACI: Arteria carótida interna; AComA: Arteria comunicante anterior; ACeM: Arteria cerebral media; ACeA: Arteria cerebral anterior.

Figura 4. Distribución de los aneurismas cerebrales en la circulación posterior



AB: Arteria basilar; AcomP: Arteria comunicante posterior; AceP: Arteria cerebral posterior; AV: Arteria vertebral; ACPI: Arteria cerebelar posteroinferior; ACS: Arteria cerebelar superior; ACAI: Arteria cerebelar anteroinferior.

Sólo 8 estudios evaluaron la tasa de complicaciones posterior a la realización de la DSA o la MRA (50, 54, 61, 63, 68, 73, 75, 77). En 3 artículos no se encontraron complicaciones relacionados con ninguna de las dos técnicas de neuroimagen. En los 5 artículos restantes, se reportaron complicaciones

relacionadas con la DSA, siendo la más frecuente los trastornos neurológicos transitorios (e.g., afasia, migraña, déficit visual, déficit cognitivo), y las complicaciones relacionadas con el procedimiento (e.g., hematoma inguinal y disección arteria femoral). No se reportaron complicaciones con la MRA.

11.3 Calidad de los estudios: OCEBM y QUADAS-2

Se analizó la calidad de 32 artículos utilizando las escalas de OCEBM y QUADAS-2; 2 artículos fueron excluidos de este análisis, uno por información insuficiente y el otro porque no se incluyó el análisis estadístico. En cuanto al OCEBM (Tabla 7), la mayoría de estudios se ubicaron en el nivel 2/3 de esta clasificación, cuya variación dependió principalmente de la evaluación consecutiva de los pacientes, así como de la evaluación independiente por parte de los radiólogos.

Tabla 8. Calidad de los estudios evaluada por OCEBM

#	Estudio	OCMBE
1	Leclerc X, et al.	2
2	Wong JH, et al.	3
3	Agid R, et al.	3
4	Nakiri GS, et al.	2
5	Deutschmann HA, et al.	2
6	Serafin Z, et al.	2
7	Anzalone N, et al.	2
8	Ramgren B, et al.	2
9	Boulin A, et al.	2
10	Okahara M, et al.	2
11	Yamada K, et al.	2
12	Ferré JC, et al.	2

13	Westerlaan, et al.	2
14	Cho YD, et al.	2
15	Urbach, et al	2
16	Kaufman TJ, et al	2
17	Brunereau L, et al.	2
18	Weber W, et al.	2
19	Buhk JH, et al.	2
20	Kahara V, et al.	3
21	Derdeyn C, et al.	2
22	Nome T, et al	2
23	Majoie C, et al.	2
24	Lubicz B, et al.	2
25	Gauvrit JY, et al.	2
27	Cottier JP, et al.	2
28	Pierot L, et al.	2
30	Farb R, et al.	2
31	Lavoie P, et al.	2
32	Wikstrom J, et al.	2
33	Sprengers MES, et al.	2
34	Dupre S, et al	2

OCEBM: Oxford Center Evidence-Based Medicine.

En cuanto al QUADAS-2 (Tabla 8), se obtuvo un nivel de calidad moderado dado el porcentaje de respuestas positivas para cada estudio. En la mayoría de estudios, no hubo una clara descripción de los criterios de selección usados al momento de incluir los sujetos; por otro lado, se debe resaltar que en general, la evaluación por parte de los radiólogos fue realizada de forma independiente y cegada.

Tabla 9. Calidad de los estudios evaluada por QUADAS-2

Pregunta Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Respuestas positivas (%)
Leclerc X, et al.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	78.5%
Wong JH, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	78.5%
Agid R, et al.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	71.4%
Nakiri GS, et al.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100%
Deutschmann HA, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	85.7%
Serafin Z, et al.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100%
Anzalone N, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	85.7%
Ramgren B, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	NA	+	+	+	78.5%
Boulin A, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	NA	+	+	+	85.7%
Okahara M, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	78.5%
Yamada K, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	71.4%
Ferré JC, et al.	+	-	+	NA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	85.7%
Westerlaan, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	+	NA	NA	-	+	+	64.2%
Cho YD, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	78.5%
Urbach, et al	+	-	+	NA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	85.7%
Kaufman TJ, et al	+	+	+	-	+	+	-	+	NA	-	+	+	+	+	71.4%
Brunereau L, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	85.7%
Weber W, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	NA	-	+	+	78.5%
Buhk JH, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	92.8%
Kahara V, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	NA	NA	+	-	+	+	71.4%
Derdeyn C, et al.	+	-	+	NA	+	+	+	+	NA	+	NA	-	+	+	64.2%
Nome T, et al	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	NA	-	+	+	64.2%
Majoie C, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	85.7%

Lubicz B, et al.	+	-	+	NA	+	+	+	+	NA	-	+	-	+	+	64.2%
Gauvrit JY, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	64.2%
Cottier JP, et al.	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	71.4%
Pierot L, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	92.8%
Farb R, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	NA	NA	-	+	+	71.4%
Lavoie P, et al.	+	+	+	NA	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	85.7%
Wikstrom J, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	85.7%
Sprengers MES, et al.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	92.8%
Dupre S, et al	+	-	+	NA	+	+	+	+	-	NA	NA	+	+	+	64.2%

11.4 Desempeño diagnóstico de la TOF-MRA

Se evaluaron 29 artículos (44, 46-52, 54, 56-59, 61-67, 69-76) en los que se realizó una comparación de la TOF-MRA con la DSA. Al analizar los datos, se calculó una sensibilidad de 86.8% (84.3%-89.1%) y una especificidad de 91.2% (89%-93.1%) (Figura 5). La SROC para TOF-MRA demostró un AUC de 0.95, lo que confirma el buen desempeño diagnóstico de esta prueba (Figura 6). La prueba de I^2 demostró una heterogeneidad de media a alta (57.9-77.5%). Dada la heterogeneidad se realizó un análisis estratificado por potencia del resonador (i.e., 1.5 T y 3 T), encontrando que utilizar un resonador de potencia 3 T mejora el desempeño diagnóstico de la TOF-MRA (Tabla 7).

En cuanto a la concordancia interobservador, al comparar entre la DSA y la TOF-MRA, se encontró una concordancia de moderada a muy buena ($k=0.42-0.98$) (Tabla 8).

Tabla 10. Sensibilidad y especificidad estratificada por potencia del resonador

Potencia	TOF-MRA		CE-MRA	
	Sensibilidad (IC 95%)	Especificidad (IC 95%)	Sensibilidad (IC 95%)	Especificidad (IC 95%)
Total	86.8% (84.3%-89.1%)	91.2% (89%-93.1%)	88.1% (84.6%-91.1%)	89.1% (85.7%-91.9%)

1-1.5T	86.4% (83.6%-88.9%)	89.8% (87.3%-92%)	86.4% (82.3%-89.9%)	88.6% (84.7%-91.8%)
3 T	88.9% (84%-92.7%)	90.5% (85.1%-94.5%)	92.4% (85.5%-96.7%)	85.6% (77.6%-91.5%)

TOF-MRA: Resonancia nuclear magnética en tiempo de vuelo; *CE-MRA*: Resonancia nuclear magnética contrastada; *IC*: intervalo de confianza; *T*: Tesla.

Tabla 11. Concordancia interobservador de la *TOF-MRA* comparada con la *DSA*

Autor principal	Técnica imagenológica	Potencia	Coefficiente concordancia (k)
Leclerc X, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.83
Wong JH, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.86
Nakiri GS, et al.	TOF-MRA	3 T	0.98
Serafin Z, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.76
Ramgren B, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.42
Ramgren B, et al.	TOF-MRA	3 T	0.50
Ferré JC, et al.	TOF-MRA	3 T	0.86
Cho YD, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.89
Urbach, et al	TOF-MRA	3 T	0.86
Kaufman TJ, et al	TOF-MRA	1.5 T	0.64
Kaufman TJ, et al	TOF-MRA	3 T	0.61
Buhk JH, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.8
Buhk JH, et al.	TOF-MRA	3 T	0.8
Majoie C, et al.	TOF-MRA	3 T	0.70
Schaafsma J, et al	TOF-MRA	1.5 T	0.64
Schaafsma J, et al	TOF-MRA	3 T	0.64
Pierot L, et al.	TOF-MRA	1.5 T	0.80
Sprengers MES, et al.	TOF-MRA	3 T	0.78

TOF-MRA: Resonancia nuclear magnética en tiempo de vuelo; *CE-MRA*: Resonancia nuclear magnética contrastada; *IC*: intervalo de confianza; *T*: Tesla.

Figura 5. Sensibilidad y especificidad calculada de la TOF-MRA

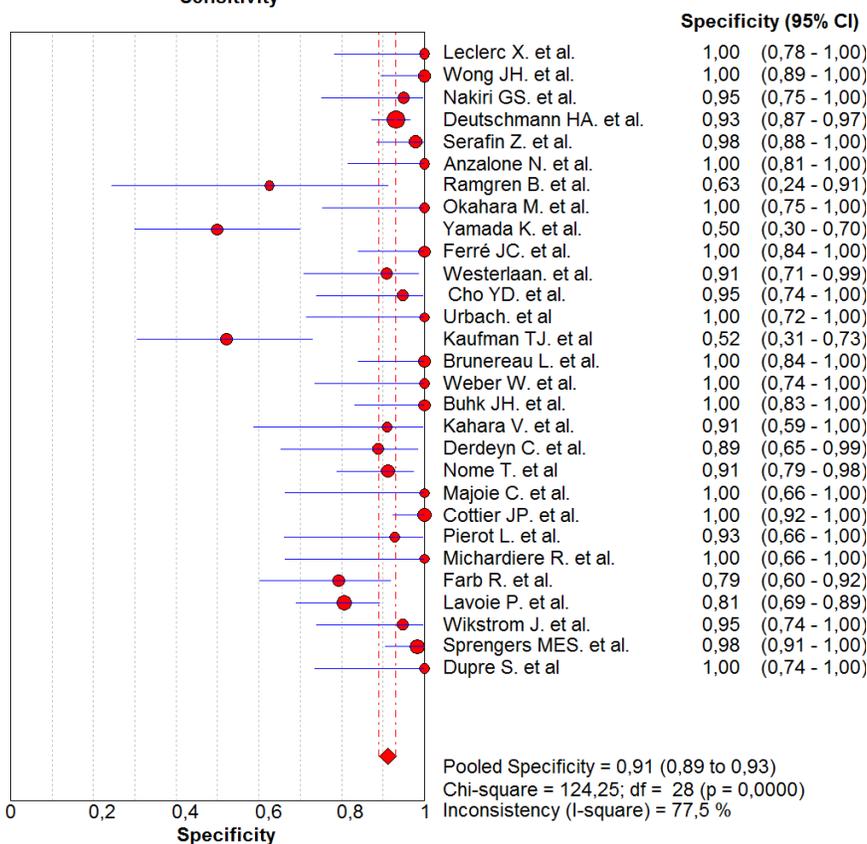
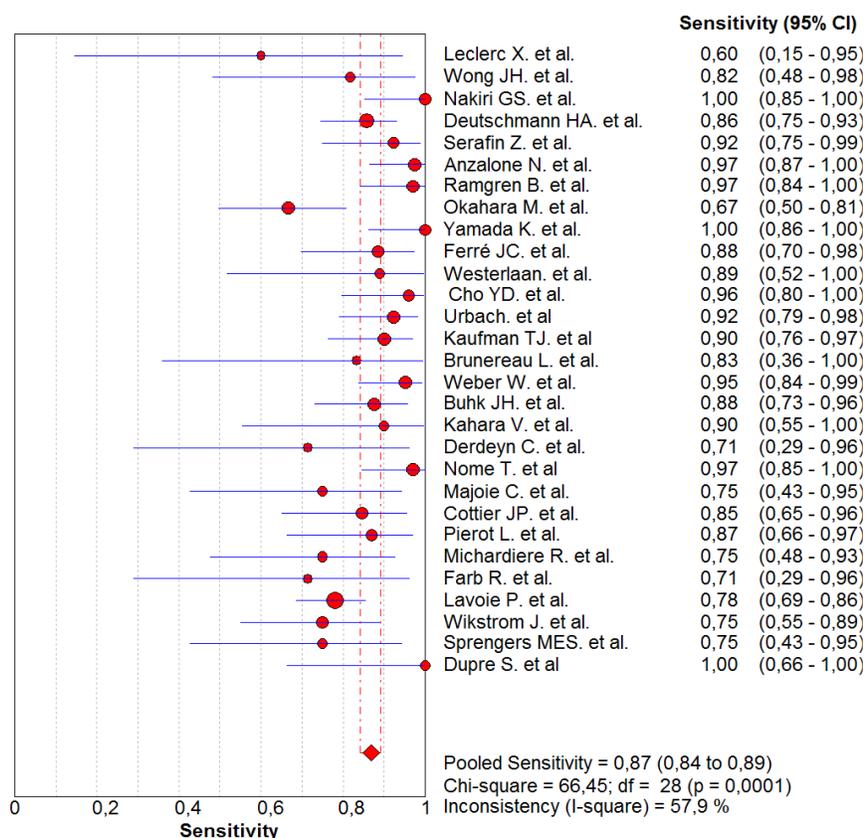
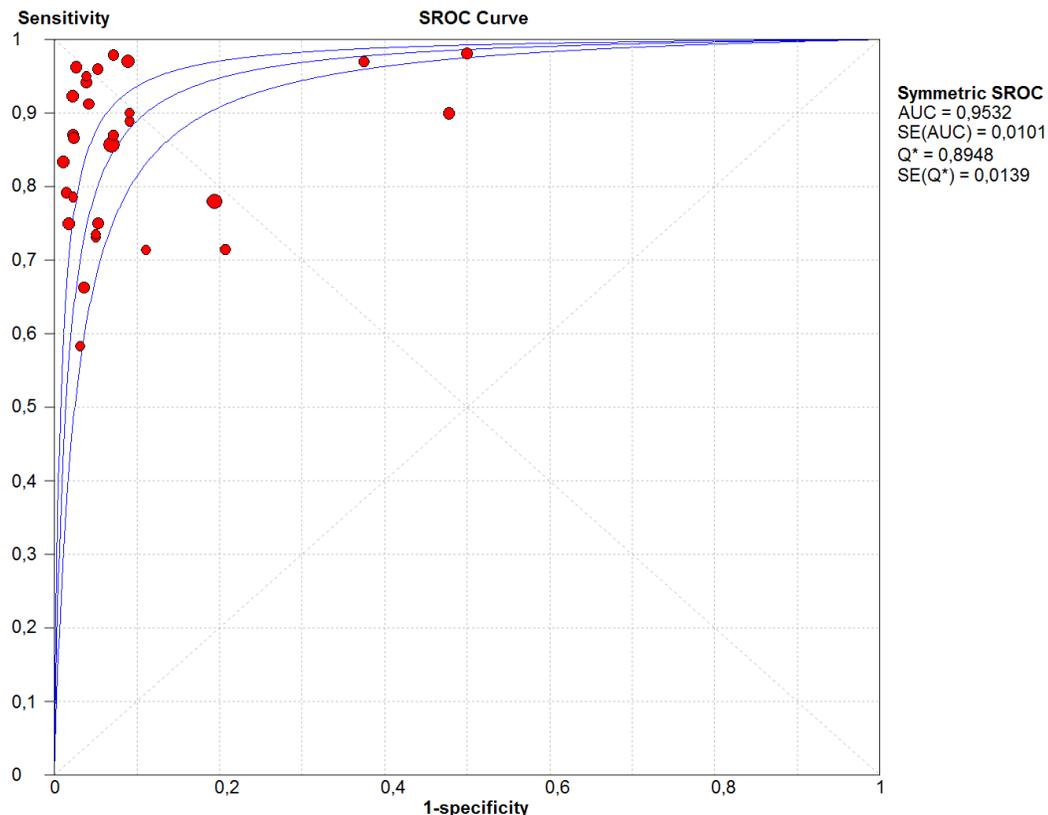


Figura 6. Curva SROC de la TOF-MRA



11.5 Desempeño diagnóstico de la CE-MRA

Un total de 14 estudios (43-45, 53, 55, 57-60, 63, 66, 67, 70, 74) evaluaron el desempeño de la CE-MRA en comparación con la DSA. Al analizar los datos, se calculó una sensibilidad de 88.1% (84.6%-91.1%) y una especificidad de 89.1% (85.7%-91.9%) (Figura 7), siendo inferior a la TOF-MRA. De forma similar, aunque la SROC presentó una AUC de 0.93 resaltando el buen desempeño diagnóstico de la CE-MRA, también fue inferior al de la TOF-MRA. Se encontró una heterogeneidad de media a alta (59.8-76.9%) por la prueba de I^2 . Al realizar el análisis estratificado por potencia del resonador, se encontró que aunque el resonador de 3T mejora la sensibilidad, aunque un ligero descenso en la especificidad fue observada (Tabla 7). La concordancia interobservador de la CE-MRA comparada con la DSA fue de moderada a muy buena (k 0.40-1.0) (Tabla 9).

Tabla 12. Concordancia interobservador de la CE-MRA comparada con la DSA

Autor principal	Técnica imagenológica	Potencia	k
Leclerc X, et al.	CE-MRA	1.5 T	0.73
Nakiri GS, et al.	CE-MRA	3 T	1
Ramgren B, et al.	CE-MRA	3 T	0.40
Kaufman TJ, et al	CE-MRA	1.5 T	0.57
Kaufman TJ, et al	CE-MRA	3 T	0.56
Gauvrit JY, et al.	CE-MRA	1.5 T	0.94
Pierot L, et al.	CE-MRA	1.5 T	0.66
Sprengers MES, et al.	CE-MRA	3 T	0.74

TOF-MRA: Resonancia nuclear magnética en tiempo de vuelo; *CE-MRA*: Resonancia nuclear magnética contrastada; *IC*: intervalo de confianza; *T*: Tesla.

Figura 7. Sensibilidad y especificidad calculada de la CE-MRA

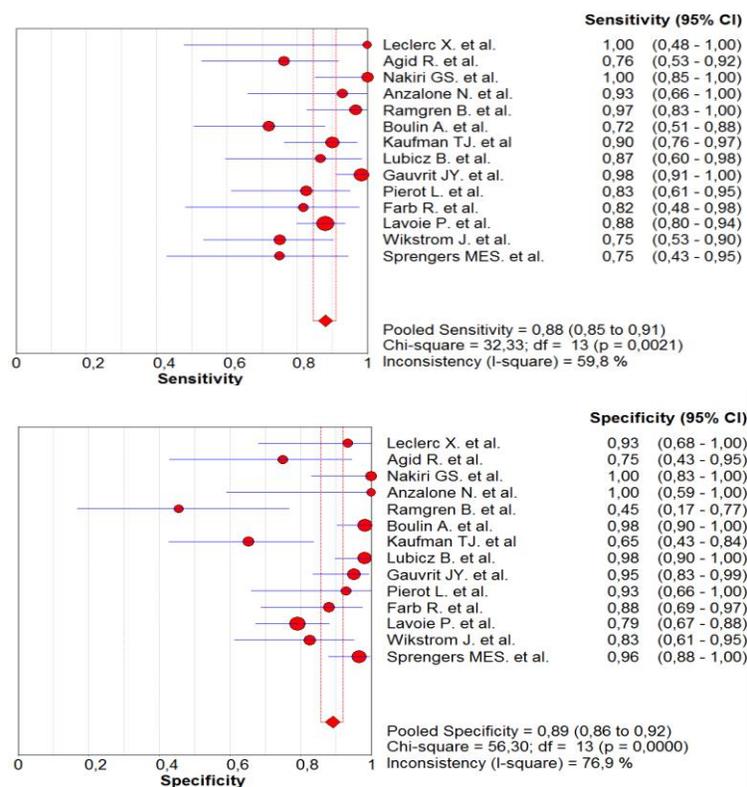
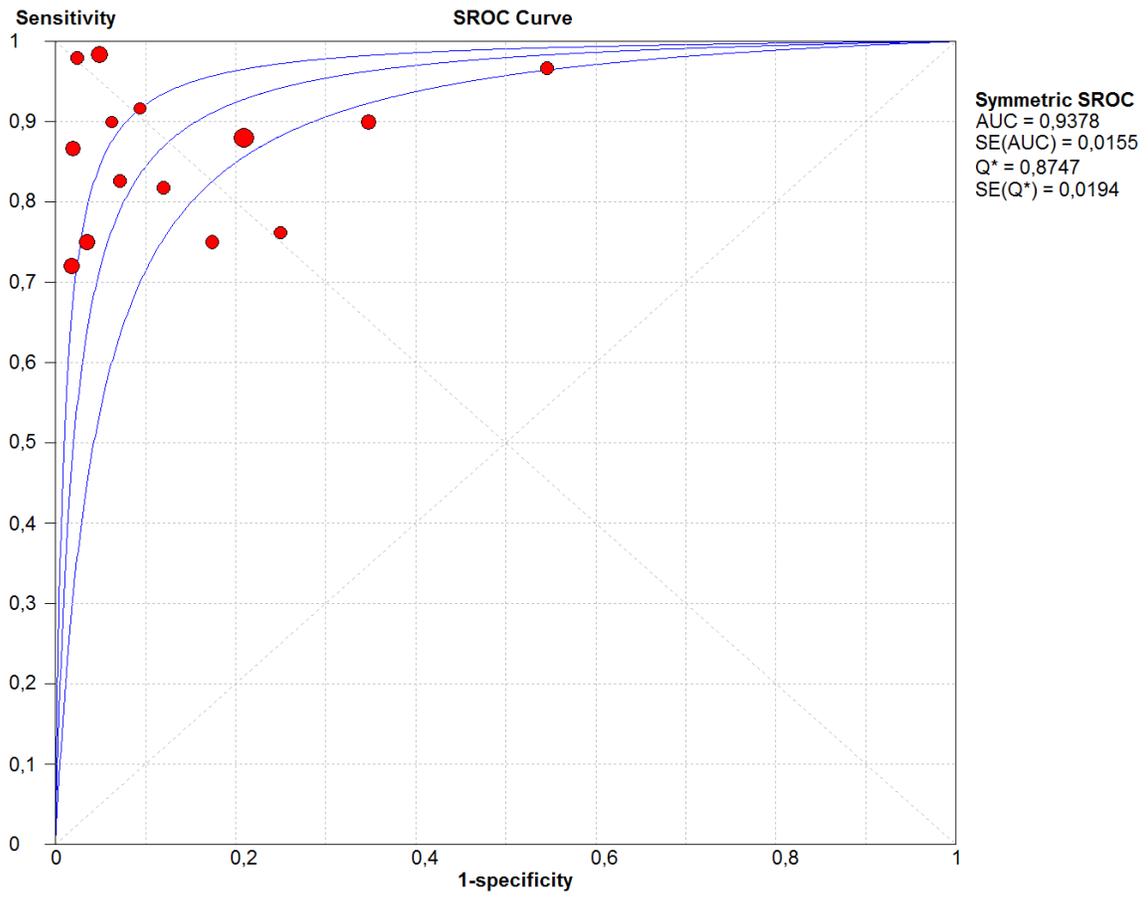


Figura 8. Curva SROC de la CE-MRA



12. DISCUSIÓN

El estudio incluyó 34 artículos (43-77) en los que se comparó el desempeño diagnóstico de la MRA en técnicas TOF-MRA y CE-MRA con la DSA en el seguimiento de aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular. La calidad de los estudios incluidos tuvo una calificación metodológica moderada. Esto puede ser explicado por la heterogeneidad debida a los diferentes tipos de diseño de los estudios, las diversas formas de reportar los hallazgos y falta de especificación en los criterios de selección de los pacientes de algunos estudios. La evaluación de los estudios reveló posibles explicaciones para esta heterogeneidad: 1) El sesgo de publicación persiste como causa potencial de heterogeneidad, esto se debe a que los artículos con mejores resultados son más frecuentemente publicados que los estudios con resultados no significativos o negativos. 2) No todos los estudios tuvieron diseño prospectivo y reclutaron a pacientes de manera consecutiva, lo cual puede generar sesgos. 3) La heterogeneidad también puede ser secundaria a la diferencia de las fuerzas de los campos magnéticos utilizados en los estudios. 4) Otras causas pueden ser la diferencia en la calidad metodológica de los estudios, 5) la variabilidad en el tiempo de realización de las imágenes de control con respecto al momento del tratamiento y 6) el amplio rango de edad de los pacientes evaluados, que puede generar alteración de los resultados. Del total de estudios, 24 artículos fueron de diseño prospectivo y 10 con diseño retrospectivo.

Nuestro estudio demostró que en la actualidad la MRA, ya sea en técnica TOF-MRA o CE-MRA, tiene un desempeño diagnóstico adecuado para el seguimiento de aneurismas cerebrales manejados con terapia endovascular; la sensibilidad y especificidad acumulada para la TOF-MRA fue de 86.8% y 91.2% respectivamente; para CE-MRA fue de 88.1% y 89.1% respectivamente; siendo ligeramente mejor con la técnica TOF-MRA; Esto puede ser debido a la dificultad que implica la administración de contraste endovenoso en la CE-MRA y la pequeña ventana temporal entre la fase arterial y venosa, para evitar la contaminación con vasos venosos limitando la resolución espacial, con mayor probabilidad de generar falsos negativos. La TOF-MRA tiene la desventaja de tener un campo de evaluación limitado, sin embargo es suficiente para evaluar los vasos intracraneales con mejor resolución espacial que la CE-MRA.

También se determinó que el campo magnético afecta el desempeño de la prueba; la técnica de TOF-MRA realizada en magneto de 3T tuvo mejor desempeño diagnóstico que los estudios realizados en magnetos de 1.5T, ya que tiene mejor resolución espacial y mejor relación señal/ruido. En cuanto a la CE-MRA, se detectó un ligero aumento en la sensibilidad, con disminución de la especificidad al utilizar resonadores de 3T; sin embargo se obtuvo una diferencia estadística no significativa. Una luz residual pequeña (odds-ratio, 2.1 [95% CI: 1.1, 4.3]) y una proyección subóptima del aneurisma embolizado en la DSA (odds-ratio, 5.5 [95% CI: 1.5, 21.0]) se asociaron de manera independiente a discrepancias entre la DSA y MRA. La prueba de correlación interobservador, al comparar ambas técnicas de MRA con DSA obtuvo un puntaje moderado a muy bueno.

Sólo ocho estudios reportaron las complicaciones posteriores a la realización de los procedimientos (50, 54, 61, 63, 68, 73, 75, 77); cinco encontraron complicaciones transitorias o menores asociadas con la DSA y ninguna con MRA; tres de los estudios no presentaron complicaciones con ninguna de las técnicas; sin embargo, este resultado en el presente meta-análisis puede ser secundario a que no se reportó este tipo de eventos en la mayoría de estudios y por la pequeña muestra estudiada, ya que hay que tener en cuenta que la resonancia puede presentar complicaciones relacionadas con claustrofobia, dispositivos electrónicos implantados y material de contraste endovenoso, y ninguno de estos se encontró en los artículos incluidos.

Otro factor que puede generar sesgos en los resultados es el uso de la DSA como patrón de referencia; ambas técnicas de MRA tuvieron valores de sensibilidad menores que los de la DSA; pero asociado a esto, se pueden presentar falsos positivos en la DSA, como por ejemplo artificios de pulsación, generando falsos negativos en la MRA; de la misma manera, falsos negativos en la DSA pueden resultar en falsos positivos en la MRA, disminuyendo su sensibilidad y especificidad.

Las limitaciones de nuestro estudio incluyen la heterogeneidad significativa en casi todos los índices de desempeño diagnóstico. No todos los estudios incluidos proporcionaron datos reales sobre el número de pacientes, así que tuvimos que recuperar algunos datos a partir de las sensibilidades y especificidades. Por lo tanto las aplicaciones clínicas y resultados deben ser interpretados con precaución. Otra limitación que puede afectar el resultado de nuestro estudio es que nuestra búsqueda fue limitada por el hecho de no haber incluido literatura gris, ya que sólo se tuvieron en cuenta los datos publicados en las bases seleccionadas.

Los resultados de nuestro estudio proveen una actualización de la evaluación del desempeño diagnóstico de la angiografía por resonancia magnética en el seguimiento de aneurismas intracraneales con manejo endovascular, reportando sensibilidad y especificidad mayores al 86%, favoreciendo la TOF-MRA; sin embargo siguen siendo inferiores a los datos obtenidos con DSA, y concuerda con los hallazgos de un estudio reciente realizado por Van Amerongen y cols. (29).

13. CONCLUSIONES

El meta-análisis concluye que la angiografía por resonancia magnética tiene un desempeño diagnóstico satisfactorio comparable con la DSA en la detección de flujo residual durante el seguimiento de aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular. Aunque la técnica de TOF-MRA demostró ser ligeramente más sensible que la CE-MRA, la diferencia no fue significativa, de la misma manera tampoco hubo diferencia estadísticamente significativa entre la potencia del resonador en cuanto al desempeño diagnóstico, por lo tanto se puede realizar seguimiento en resonadores de 1.5 Tesla sin perder la calidad diagnóstica del estudio. En consecuencia, la ausencia de material de contraste endovenoso, mejor resolución espacial y mayor seguridad para el paciente, hacen que la técnica más adecuada para seguimiento sea la TOF-MRA.

14. RECOMENDACIONES

Con los resultados del meta-análisis se comprueba que la TOF-MRA tiene un desempeño diagnóstico comparable a la DSA en la detección de flujo residual y por lo tanto puede ser usado como primera elección en el seguimiento de pacientes con aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular, dejando la DSA para casos especiales, como se menciona en el texto.

Aunque nuestro estudio determinó que la TOF-MRA es un método adecuado para realizar seguimiento de aneurismas intracraneales manejados con terapia endovascular, su desempeño no supera los datos obtenidos con DSA; por lo tanto si persiste la duda de flujo residual o recanalización en estudios con TOF-MRA, se debe complementar con angiografía, que continúa siendo el estándar de oro.

Los resultados del presente meta-análisis se deben interpretar con precaución debido a la heterogeneidad de los datos obtenidos, la cual puede generar sesgo. Por lo tanto esperamos que este estudio sirva de base para el diseño de estudios que tengan en cuenta las características de la población Colombiana, utilizando la tecnología disponible en el país.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Bonneville F, Sourour N, Biondi A. Intracranial aneurysms: an overview. *Neuroimaging Clin N Am.* 2006;16(3):371-82, vii.
2. Wiebers DO. Unruptured intracranial aneurysms: natural history and clinical management. Update on the international study of unruptured intracranial aneurysms. *Neuroimaging Clin N Am.* 2006;16(3):383-90, vii.
3. Hacein-Bey L, Provenzale JM. Current imaging assessment and treatment of intracranial aneurysms. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;196(1):32-44.
4. Wanke I, Doerfler A, Dietrich U, Egelhof T, Schoch B, Stolke D, et al. Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2002;23(5):756-61.
5. Johnston SC, Higashida RT, Barrow DL, Caplan LR, Dion JE, Hademenos G, et al. Recommendations for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: a statement for healthcare professionals from the Committee on Cerebrovascular Imaging of the American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology. *Stroke.* 2002;33(10):2536-44.
6. Kwee TC, Kwee RM. MR angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: systematic review and meta-analysis. *Neuroradiology.* 2007;49(9):703-13.
7. Komotar RJ, Mocco J, Solomon RA. Guidelines for the surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: the first annual J. Lawrence pool memorial research symposium--controversies in the management of cerebral aneurysms. *Neurosurgery.* 2008;62(1):183-93; discussion 93-4.
8. Collice M, D'Aliberti G, Talamonti G. Current indications for aneurysm surgery. *Neuroimaging Clin N Am.* 2006;16(3):497-512, ix.
9. Britz GW. Clipping or coiling of cerebral aneurysms. *Neurosurg Clin N Am.* 2005;16(3):475-85, v.
10. Tartaglino LM, Gorniak RJ. Advanced imaging applications for endovascular procedures. *Neurosurg Clin N Am.* 2009;20(3):297-313.
11. Raymond J, Guilbert F, Weill A, Roy D. Follow-up of treated aneurysms: the challenge of recurrences and potential solutions. *Neuroimaging Clin N Am.* 2006;16(3):513-23, ix.

12. Pierot L, Portefaix C, Boulin A, Gauvrit JY. Follow-up of coiled intracranial aneurysms: comparison of 3D time-of-flight and contrast-enhanced magnetic resonance angiography at 3T in a large, prospective series. *Eur Radiol.* 2012;22(10):2255-63.
13. Sprengers ME, van Rooij WJ, Sluzewski M, Rinkel GJ, Velthuis BK, de Kort GA, et al. MR angiography follow-up 5 years after coiling: frequency of new aneurysms and enlargement of untreated aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(2):303-7.
14. Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA, Flom RA, Bird CR, Drayer BP, et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1994;15(8):1401-7; discussion 8-11.
15. Bederson JB, Awad IA, Wiebers DO, Piepgras D, Haley EC, Jr., Brott T, et al. Recommendations for the management of patients with unruptured intracranial aneurysms: A statement for healthcare professionals from the Stroke Council of the American Heart Association. *Circulation.* 2000;102(18):2300-8.
16. Anzalone N, Scomazzoni F, Cirillo M, Righi C, Simionato F, Cadioli M, et al. Follow-up of coiled cerebral aneurysms at 3T: comparison of 3D time-of-flight MR angiography and contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008;29(8):1530-6.
17. Bracard S, Anxionnat R, Picard L. Current diagnostic modalities for intracranial aneurysms. *Neuroimaging Clin N Am.* 2006;16(3):397-411, viii.
18. Prince MR, Zhang H, Zou Z, Staron RB, Brill PW. Incidence of immediate gadolinium contrast media reactions. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;196(2):W138-43.
19. van Rooij WJ, Sluzewski M. Endovascular treatment of large and giant aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(1):12-8.
20. Koebbe CJ, Veznedaroglu E, Jabbour P, Rosenwasser RH. Endovascular management of intracranial aneurysms: current experience and future advances. *Neurosurgery.* 2006;59(5 Suppl 3):S93-102; discussion S3-13.
21. Weng HH, Jao SY, Yang CY, Tsai YH. Meta-analysis on Diagnostic Accuracy of MR Angiography in the Follow-Up of Residual Intracranial Aneurysms Treated with Guglielmi Detachable Coils. *Interv Neuroradiol.* 2008;14 Suppl 2:53-63.
22. Pierot L, Spelle L, Vitry F. Immediate anatomic results after the endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: analysis of the ATENA series. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2010;31(1):140-4.

23. Standhardt H, Boecher-Schwarz H, Gruber A, Benesch T, Knosp E, Bavinzski G. Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils: short- and long-term results of a single-centre series. *Stroke*. 2008;39(3):899-904.
24. Stafa A, Leonardi M. Role of neuroradiology in evaluating cerebral aneurysms. *Interv Neuroradiol*. 2008;14 Suppl 1:23-37.
25. Urrutia G, Bonfill X. [PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses]. *Med Clin (Barc)*. 2010;135(11):507-11.
26. OCEBM levels of evidence working group*. "The Oxford 2011 levels of evidence". n.d.;1.
27. Whiting P, Rutjes AW, Reitsma JB, Bossuyt PM, Kleijnen J. The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. *BMC Med Res Methodol*. 2003;3:25.
28. Zamora J, Abaira V, Muriel A, Khan K, Coomarasamy A. Meta-DiSc: a software for meta-analysis of test accuracy data. *BMC Med Res Methodol*. 2006;6:31.
29. van Amerongen MJ, Boogaarts HD, de Vries J, Verbeek AL, Meijer FJ, Prokop M, et al. MRA versus DSA for follow-up of coiled intracranial aneurysms: a meta-analysis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35(9):1655-61.
30. Bakker NA, Westerlaan HE, Metzemaekers JD, van Dijk JM, Eshghi OS, Mooij JJ, et al. Feasibility of magnetic resonance angiography (MRA) follow-up as the primary imaging modality after coiling of intracranial aneurysms. *Acta Radiol*. 2010;51(2):226-32.
31. Gallas S, Pasco A, Cottier JP, Gabrillargues J, Drouineau J, Cognard C, et al. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(7):1723-31.
32. Gonner F, Lovblad KO, Heid O, Remonda L, Guzman R, Barth A, et al. Magnetic resonance angiography with ultrashort echo times reduces the artefact of aneurysm clips. *Neuroradiology*. 2002;44(9):755-8.
33. Henkes H, Fischer S, Weber W, Miloslavski E, Felber S, Brew S, et al. Endovascular coil occlusion of 1811 intracranial aneurysms: early angiographic and clinical results. *Neurosurgery*. 2004;54(2):268-80; discussion 80-5.
34. Kau T, Gasser J, Celedin S, Rabitsch E, Eicher W, Uhl E, et al. MR angiographic follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: evaluation of a blood-pool contrast medium. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009;30(8):1524-30.

35. Kovacs A, Mohlenbruch M, Hadizadeh DR, Seifert M, Greschus S, Clusmann H, et al. Noninvasive imaging after stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: comparison of 3-T magnetic resonance imaging and 64-row multidetector computed tomography--a pilot study. *J Comput Assist Tomogr.* 2011;35(5):573-82.
36. Kwon HJ, Park JB, Kwon Y, Ahn JS, Kwun BD. Long-term clinical and radiologic results of small cerebral aneurysms embolized with 1 or 2 detachable coils. *Surg Neurol.* 2006;66(5):507-12.
37. Masaryk AM, Frayne R, Unal O, Rappe AH, Strother CM. Utility of CT angiography and MR angiography for the follow-up of experimental aneurysms treated with stents or Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000;21(8):1523-31.
38. Santillan A, Greenberg E, Patsalides A, Salvaggio K, Riina HA, Gobin YP. Long-term clinical and angiographic results of Neuroform stent-assisted coil embolization in wide-necked intracranial aneurysms. *Neurosurgery.* 2012;70(5):1232-7; discussion 7.
39. Yoneoka Y, Watanabe M, Nishino K, Ito Y, Kwee IL, Nakada T, et al. Evaluation of post-procedure changes in aneurysmal lumen following detachable coil-placement using multi-planar reconstruction of high-field (3.0T) magnetic resonance angiography. *Acta Neurochir (Wien).* 2008;150(4):351-8; discussion 8.
40. Heller RS, Miele WR, Do-Dai DD, Malek AM. Crescent sign on magnetic resonance angiography revealing incomplete stent apposition: correlation with diffusion-weighted changes in stent-mediated coil embolization of aneurysms. *J Neurosurg.* 2011;115(3):624-32.
41. Saatci I, Cekirge HS, Ciceri EF, Mawad ME, Pamuk AG, Besim A. CT and MR imaging findings and their implications in the follow-up of patients with intracranial aneurysms treated with endosaccular occlusion with onyx. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2003;24(4):567-78.
42. Diaz Aguilera R, Bravo Rodriguez F, Ramos Gomez MJ, Cano Sanchez A, Martinez Paredes M, Delgado Acosta F. [MR angiography follow-up of embolized cerebral aneurysms: interobserver agreement]. *Radiologia.* 2009;51(3):300-6.
43. Agid R, Schaaf M, Farb R. CE-MRA for follow-up of aneurysms post stent-assisted coiling. *Interv Neuroradiol.* 2012;18(3):275-83.
44. Anzalone N, Righi C, Simionato F, Scomazzoni F, Pagani G, Calori G, et al. Three-dimensional time-of-flight MR angiography in the evaluation of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000;21(4):746-52.

45. Boulin A, Pierot L. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of gadolinium-enhanced 3D time-of-flight MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiology*. 2001;219(1):108-13.
46. Brunereau L, Cottier JP, Sonier CB, Medioni B, Bertrand P, Rouleau P, et al. Prospective evaluation of time-of-flight MR angiography in the follow-up of intracranial saccular aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *J Comput Assist Tomogr*. 1999;23(2):216-23.
47. Buhk JH, Kallenberg K, Mohr A, Dechent P, Knauth M. No advantage of time-of-flight magnetic resonance angiography at 3 Tesla compared to 1.5 Tesla in the follow-up after endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Neuroradiology*. 2008;50(10):855-61.
48. Cho YD, Kim KM, Lee WJ, Sohn CH, Kang HS, Kim JE, et al. Time-of-flight magnetic resonance angiography for follow-up of coil embolization with enterprise stent for intracranial aneurysm: usefulness of source images. *Korean J Radiol*. 2014;15(1):161-8.
49. Cottier JP, Bleuzen-Couthon A, Gallas S, Vinikoff-Sonier CB, Bertrand P, Domengie F, et al. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of plain radiographs, 3D time-of-flight MRA and digital subtraction angiography. *Neuroradiology*. 2003;45(11):818-24.
50. Derdeyn CP, Graves VB, Turski PA, Masaryk AM, Strother CM. MR angiography of saccular aneurysms after treatment with Guglielmi detachable coils: preliminary experience. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1997;18(2):279-86.
51. Deutschmann HA, Augustin M, Simbrunner J, Unger B, Schoellnast H, Fritz GA, et al. Diagnostic accuracy of 3D time-of-flight MR angiography compared with digital subtraction angiography for follow-up of coiled intracranial aneurysms: influence of aneurysm size. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(4):628-34.
52. Dupre S, Coulthard A. Follow up of coiled intracranial aneurysms with standard resolution and higher resolution magnetic resonance angiography. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2008;52(1):57-63.
53. Farb RI, Nag S, Scott JN, Willinsky RA, Marotta TR, Montanera WJ, et al. Surveillance of intracranial aneurysms treated with detachable coils: a comparison of MRA techniques. *Neuroradiology*. 2005;47(7):507-15.
54. Ferre JC, Carsin-Nicol B, Morandi X, Carsin M, de Kersaint-Gilly A, Gauvrit JY, et al. Time-of-flight MR angiography at 3T versus digital subtraction angiography in the imaging follow-up of 51 intracranial aneurysms treated with coils. *Eur J Radiol*. 2009;72(3):365-9.

55. Gauvrit JY, Leclerc X, Caron S, Taschner CA, Lejeune JP, Pruvo JP. Intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: imaging follow-up with contrast-enhanced MR angiography. *Stroke*. 2006;37(4):1033-7.
56. Kahara VJ, Seppanen SK, Ryymin PS, Mattila P, Kuurne T, Laasonen EM. MR angiography with three-dimensional time-of-flight and targeted maximum-intensity-projection reconstructions in the follow-up of intracranial aneurysms embolized with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1999;20(8):1470-5.
57. Kaufmann TJ, Huston J, 3rd, Cloft HJ, Mandrekar J, Gray L, Bernstein MA, et al. A prospective trial of 3T and 1.5T time-of-flight and contrast-enhanced MR angiography in the follow-up of coiled intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010;31(5):912-8.
58. Lavoie P, Gariépy JL, Milot G, Jodoin S, Bedard F, Trottier F, et al. Residual flow after cerebral aneurysm coil occlusion: diagnostic accuracy of MR angiography. *Stroke*. 2012;43(3):740-6.
59. Leclerc X, Navez JF, Gauvrit JY, Lejeune JP, Pruvo JP. Aneurysms of the anterior communicating artery treated with Guglielmi detachable coils: follow-up with contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002;23(7):1121-7.
60. Lubicz B, Neugroschl C, Collignon L, Francois O, Baleriaux D. Is digital subtraction angiography still needed for the follow-up of intracranial aneurysms treated by embolisation with detachable coils? *Neuroradiology*. 2008;50(10):841-8.
61. Majoie CB, Sprengers ME, van Rooij WJ, Lavini C, Sluzewski M, van Rijn JC, et al. MR angiography at 3T versus digital subtraction angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(6):1349-56.
62. Michardiere R, Bensalem D, Martin D, Baudouin N, Binnert D. [Comparison of MRA and angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with GDC]. *J Neuroradiol*. 2001;28(2):75-83.
63. Nakiri GS, Santos AC, Abud TG, Aragon DC, Colli BO, Abud DG. A comparison between magnetic resonance angiography at 3 Teslas (time-of-flight and contrast-enhanced) and flat-panel digital subtraction angiography in the assessment of embolized brain aneurysms. *Clinics (Sao Paulo)*. 2011;66(4):641-8.
64. Nome T, Bakke SJ, Nakstad PH. MR angiography in the follow-up of coiled cerebral aneurysms after treatment with Guglielmi detachable coils. *Acta Radiol*. 2002;43(1):10-4.

65. Okahara M, Kiyosue H, Hori Y, Yamashita M, Nagatomi H, Mori H. Three-dimensional time-of-flight MR angiography for evaluation of intracranial aneurysms after endosaccular packing with Guglielmi detachable coils: comparison with 3D digital subtraction angiography. *Eur Radiol.* 2004;14(7):1162-8.
66. Pierot L, Delcourt C, Bouquigny F, Breidt D, Feillet B, Lanoix O, et al. Follow-up of intracranial aneurysms selectively treated with coils: Prospective evaluation of contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006;27(4):744-9.
67. Ramgren B, Siemund R, Cronqvist M, Undren P, Nilsson OG, Holtas S, et al. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of 3D inflow MRA at 3T and 1.5T and contrast-enhanced MRA at 3T with DSA. *Neuroradiology.* 2008;50(11):947-54.
68. Schaafsma JD, Velthuis BK, Majoie CB, van den Berg R, Brouwer PA, Barkhof F, et al. Intracranial aneurysms treated with coil placement: test characteristics of follow-up MR angiography--multicenter study. *Radiology.* 2010;256(1):209-18.
69. Serafin Z, Strzesniewski P, Lasek W, Beuth W. Follow-up after embolization of ruptured intracranial aneurysms: a prospective comparison of two-dimensional digital subtraction angiography, three-dimensional digital subtraction angiography, and time-of-flight magnetic resonance angiography. *Neuroradiology.* 2012;54(11):1253-60.
70. Sprengers ME, Schaafsma JD, van Rooij WJ, van den Berg R, Rinkel GJ, Akkerman EM, et al. Evaluation of the occlusion status of coiled intracranial aneurysms with MR angiography at 3T: is contrast enhancement necessary? *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(9):1665-71.
71. Urbach H, Dorenbeck U, von Falkenhausen M, Wilhelm K, Willinek W, Schaller C, et al. Three-dimensional time-of-flight MR angiography at 3 T compared to digital subtraction angiography in the follow-up of ruptured and coiled intracranial aneurysms: a prospective study. *Neuroradiology.* 2008;50(5):383-9.
72. Weber W, Yousry TA, Felber SR, Henkes H, Nahser HC, Roer N, et al. Noninvasive follow-up of GDC-treated saccular aneurysms by MR angiography. *Eur Radiol.* 2001;11(9):1792-7.
73. Westerlaan HE, van der Vliet AM, Hew JM, Meiners LC, Metzemaekers JD, Mooij JJ, et al. Time-of-flight magnetic resonance angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *Neuroradiology.* 2005;47(8):622-9.

74. Wikstrom J, Ronne-Engstrom E, Gal G, Enblad P, Tovi M. Three-dimensional time-of-flight (3D TOF) magnetic resonance angiography (MRA) and contrast-enhanced MRA of intracranial aneurysms treated with platinum coils. *Acta Radiol.* 2008;49(2):190-6.
75. Wong JH, Mitha AP, Willson M, Hudon ME, Sevick RJ, Frayne R. Assessment of brain aneurysms by using high-resolution magnetic resonance angiography after endovascular coil delivery. *J Neurosurg.* 2007;107(2):283-9.
76. Yamada N, Hayashi K, Murao K, Higashi M, Iihara K. Time-of-flight MR angiography targeted to coiled intracranial aneurysms is more sensitive to residual flow than is digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2004;25(7):1154-7.
77. Serafin Z, Strzesniewski P, Lasek W, Beuth W. Comparison of remnant size in embolized intracranial aneurysms measured at follow-up with DSA and MRA. *Neuroradiology.* 2012;54(12):1381-8.

Anexo 1. Tabla de extracción de datos

Ref	Autor principal	Año	País	Tipo de estudio	Tamaño de la muestra	Tiempo seguimiento	Descripción de la población		Características del aneurisma			Técnica imagenológica	Potencia	Descripción de hallazgos	Complicaciones	TP	FP	FN	TN	k
							Edad	Género	Número	Tamaño	Localización									
140	Leclerc X, et al.	2002	Francia	P	20	12 m	49 (17-73)§	F: 11 (55%), M: 9 (45%)	20	5-12 mm	AComA	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (17), cuello residual pequeño (5), cuello residual grande (1)	ND	3	0	2	15	0.83
140	Leclerc X, et al.	2002	Francia	P	20	12 m	49 (17-73)§	F: 11 (55%), M: 9 (45%)	20	5-12 mm	AComA	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (14), cuello residual pequeño (2), cuello residual grande (1)	ND	5	1	0	14	0.73
243	Wong JH, et al.	2007	Canada	P	37	4 m	54 (34-79)§	F: 34 (92%), M: 3 (8%)	42	< 7 mm:11, 7-12mm:24, 13-24mm:4, ≥25mm:3	AB y ACeP (16), ACeA y AComA (5), ACeM (2), ACI y AComP (19)	TOF-MRA	1.5 T	Grado de oclusión Clase 1 (9), Clase 2 (24), Clase 3 (21).	Ninguna	9	0	2	33	0.86
396	Agid R, et al.	2012	Canada	R	27	3 m	51.6 (38-70)§	F: 20 (74%), M: 7 (26%)	28	ND	AB (10), AC (5), AComA (2), AComP (3), AV (1), paraoftálmica (6), unión vertebro-basilar (1)	CE-MRA	1.5 T	Estenosis del vaso parental (18)	ND	16	3	5	9	ND

455.	Agid R, et al.	2008	Canada	R	44	2 m	50.25 (24-72)§	F: 33 (75%), M: 11 (25%)	44	ND	AB (11), ACeM (1), AComA (10), AComP (9), coroidea anterior (1), ACPI (1), AV (1), carotidea cavernosa (1), coroidea anterior (1), hipofisaria superior (1), paraoftálmica (3), terminación de la carótida (3), unión vertebrobasilar (2),	CE-MRA	1.5 T	Aneurismas remanentes	ND	ND	ND	ND	ND	0.63
629.	Nakiri GS, et al.	2011	Brasil	P	30	Hasta 36 m	54.5 ± 11.2¶	F: 23 (76.7%), M: 7 (23.3.)	43	< 7 mm: 15, 7-12 mm: 12, 12-25mm: 12, > 25mm: 4	ACeM (2), ACI (34), AComA (1), sistema vertebrobasilar (6)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa, aneurisma residual, cuello residual	Ninguna	23	1	0	19	0.98
629.	Nakiri GS, et al.	2011	Brasil	P	30	Hasta 36 m	54.5 ± 11.2¶	F: 23 (76.7%), M: 7 (23.3.)	43	< 7 mm: 15, 7-12 mm: 12, 12-25mm: 12, > 25mm: 4	ACeM (2), ACI (34), AComA (1), sistema vertebrobasilar (6)	CE-MRA	3 T	Oclusión completa, aneurisma residual, cuello residual	Ninguna	23	0	0	20	1
828.	Deutschmann HA, et al.	2007	Austria	P	127	0-57 m	49.6 ± 1.9¶	F: 89 (70.1%), M: 38 (29.9%)	136	≤ 3mm vrs > 3mm, ≤ 5mm vrs. > 5	AB, ACeA, ACeM, ACI, AComA, AComP, ACPI, AV	TOF-MRA	1.5 T	Cuellos residuales	ND	54	9	9	121	ND
1608	Serafin Z, et al.	2012	Polonia	P	72	3 m	51.5 ± 12.4¶	F: 48 (66.67%); M: 24 (33.3%)	72	< 5 - 25mm	AB/vertebral (5), ACeA/AComA (17), ACeM (10), ACI (40)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (64) Remanente de cuello (8)	Ninguna	24	1	2	45	0.76
1610	Anzalone N, et al.	2000	Italia	P	49	10 m	53	F: 34 (69.4%); M: 15 (30.6%)	50	<15 - >20 mm	AB y ACeP (19), ACeM y AComA (10), ACI y AComP (17), ACPI (2)	TOF-MRA	1.5 T, 3 T	Oclusión completa (46), flujo residual (18)	ND	38	0	1	18	ND

1610	Anzalone N, et al.	2000	Italia	P	49	10 m	53	F: 34 (69.4%); M: 15 (30.6%)	50	<15 - >20 mm	AB y ACeP (19), ACeM y AComA (10), ACI y AComP (17), ACPI (2)	CE-MRA	1.5 T, 3 T	Oclusión completa (46), flujo residual (18)	ND	13	0	1	7	ND
1611	Ramgren B, et al.	2008	Suecia	P	37	27 m	51 (24-69)§	F: 22 (59.5%); M: 15 (40.5%)	41	2-22 m	AB (4), ACeM (5), ACI (7), AComA (16), ACPI (2), ACS (2), Arteria pericallosa (5)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (6), algún grado de recanalización (35)	ND	31	4	1	5	0.42
1611	Ramgren B, et al.	2008	Suecia	P	37	27 m	51 (24-69)§	F: 22 (59.5%); M: 15 (40.5%)	41	2-22 m	AB (4), ACeM (5), ACI (7), AComA (16), ACPI (2), ACS (2), Arteria pericallosa (5)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (6), algún grado de recanalización (35)	ND	32	3	1	5	0.50
1611	Ramgren B, et al.	2008	Suecia	P	37	27 m	51 (24-69)§	F: 22 (59.5%); M: 15 (40.5%)	41	2-22 m	AB (4), ACeM (5), ACI (7), AComA (16), ACPI (2), ACS (2), Arteria pericallosa (5)	CE-MRA	3 T	Oclusión completa (6), algún grado de recanalización (35)	ND	29	6	1	5	0.40
1612	Boulin A, et al.	2001	Francia	P	66	3-24 m	45	F: 36 (54.5%); M: 30 (45.5%)	70	3->15 mm	ACeM (18), ACI (24), AComA (25), otras (3)	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (48), aneurisma residual (2), oclusión subcompleta (20)	ND	18	1	7	54	ND
3271	Okahara M, et al.	2004	Japón	P	33	6 m	63 (31-84)§	F: 23 (69.6%); M: 30 (30.3%)	33	2.3-8.7mm	AB (7), ACeP (2), ACI (18), AComA (5), AV (1)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (14), remanente del cuello (13), aneurisma residual (3), artificios (3)	ND	26	0	13	13	ND
3303	Yamada K, et al.	2004	Japón	P	39	7 m	59 (50-68)§	F: 30 (76.9%); M: 9 (23.1%)	51	3-22 mm	AB (10), ACeA (1), ACI (27), AV (1)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (13), flujo residual (38)	ND	25	13	0	13	ND
3302	Ferré JC, et al.	2009	Francia	P	51	4.2 m	51 (19-72)§	F: 25 (49%); M: 26 (51%)	51	2-15 mm	AB (2), ACeM (3), ACeP (5), ACI (11), AComA (26), AIC (2)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (23), remanente cuello (22), aneurismas residuales (6)	DSA (39%), afasia transitoria y hematoma inguinal MRA (0%)	23	0	3	21	0.86

3301	Westerlaan, et al.	2005	Países Bajos	P	31	4 m	52 ± 12.7¶	F: 27 (87.1%); M: 4 (12.9%)	37	<4 mm: 12; 4-10 mm: 17; >10 mm: 8	AB (14), ACeA (1), ACeM (2), ACI (12), ACPI (2), ACS (3), AV (1), Temporal anterior (1)	TOF-MRA	1.5 T	Flujo residual (30), remanente del cuello (20)	DSA (1): no especificada	8	2	1	20	ND
3300	Cho YD, et al.	2014	Korea	R	40	12 m	58.8 ± 9.6¶	F: 30 (75%); M: 10 (25%)	44	1.9-23.9 mm	ACeA (2), ACeM (13), ACI (9), AComA (7), AComP (5), circulación posterior (8)	TOF-MRA	1.5 T, 3 T	Oclusión completa (24), recanalización menor (11), recanalización mayor (9)	ND	24	1	1	18	0.89
3270	Urbach, et al	2008	Alemania	P	50	14 m	47 (8-74)§	F: 34 (68%); M: 16 (32%)	50	ND	AB (10), ACI (7), AComA (22), AComP (5), AV (6)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (39), remanente del cuello (2), aneurisma residual (9)	ND	36	0	3	11	0.86
2689	Kaufman TJ, et al	2010	Estados Unidos	P	58	12.3 m	59.3 (38-77)§	F: 45 (77.6%); M: 13 (22.4%)	63	ND	ACeA (11), ACeM (5), ACI (29), circulación posterior (18)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (23), remanente del cuello (16), aneurisma residual (8)	ND	36	11	4	12	0.64
2689	Kaufman TJ, et al	2010	Estados Unidos	P	58	12.3 m	59.3 (38-77)§	F: 45 (77.6%); M: 13 (22.4%)	63	ND	ACeA (11), ACeM (5), ACI (29), circulación posterior (18)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (23), remanente del cuello (16), aneurisma residual (8)	ND	35	11	5	12	0.61
2689	Kaufman TJ, et al	2010	Estados Unidos	P	58	12.3 m	59.3 (38-77)§	F: 45 (77.6%); M: 13 (22.4%)	63	ND	ACeA (11), ACeM (5), ACI (29), circulación posterior (18)	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (23), remanente del cuello (16), aneurisma residual (8)	ND	34	8	6	15	0.57
2689	Kaufman TJ, et al	2010	Estados Unidos	P	58	12.3 m	59.3 (38-77)§	F: 45 (77.6%); M: 13 (22.4%)	63	ND	ACeA (11), ACeM (5), ACI (29), circulación posterior (18)	CE-MRA	3 T	Oclusión completa (23), remanente del cuello (16), aneurisma residual (8)	ND	36	8	4	15	0.56
2687	Brunereau L, et al.	1999	Francia	P	26	4 m	52.1 (31-77)§	F: 18 (69.2%); M: 8 (30.8%)	27	4-10 mm: 25; >11 mm: 2	AB (4), ACeM (1), ACI (10), AComA (12)	TOF-MRA	1 T	Remanente de cuello (5), aneurisma residual (4)	ND	5	0	1	21	ND

2427	Weber W, et al.	2001	Alemania	R	45	ND	31-72	F: 28 (62.2%); M: 17 (37.8%)	54	3-25 mm	AB (13), ACeA (3), ACeM (11), ACI (13), AComA (8), AComP (3), ACPI (2), AV (1)	TOF-MRA	1 T	Oclusión completa (0), remanente de cuello (43), aneurisma residual (12)	ND	40	0	2	12	ND
2421	Buhk JH, et al.	2008	Alemania	R	18	ND	61 (29-78)§	F: 9 (50%); M: 9 (50%)	20	ND	AB (4), ACeM (1), ACI (3), AComA (8), AComP (4)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (14), remanente de cuello (3), aneurisma residual (3)	ND	35	0	5	20	0.8
2421	Buhk JH, et al.	2008	Alemania	R	18	ND	61 (29-78)§	F: 9 (50%); M: 9 (50%)	20	ND	AB (4), ACeM (1), ACI (3), AComA (8), AComP (4)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (14), remanente de cuello (3), aneurisma residual (3)	ND	33	0	7	20	0.8
2311	Kahara V, et al.	1999	Finlandia	R	20	4.5 m	49 (22-65)§	F: 9 (45%); M: 11 (55%)	21	2-30 mm	AB (3), ACeA (3), ACeM (5), ACI (7), AComA (1), ACPI (1), ACS (1)	TOF-MRA	1 T	Oclusión completa (13), remanente de cuello (9)	ND	9	1	1	10	ND
2310	Derdeyn C, et al.	1997	Estados Unidos	R	23	6 m	ND	ND	24	<10 - >25 mm	AB (7), ACeA (3), ACeM (2), ACeP (1), ACI (6), AComP (3), ACS (1), AV (1)	TOF-MRA	1.5 T	Flujo residual (8)	DSA (2): migraña	5	2	2	16	ND
2308	Nome T, et al.	2002	Noruega	R	51	3-36 m	ND	ND	55	<5->10 mm	AB (15), ACA (1), ACeM (3), ACI (6), AComA (21), AComP (2), ACPI (6), AV (1)	TOF-MRA	1 T	Aneurisma residual (34)	ND	33	4	1	41	ND

2304	Majoie C, et al.	2005	Países Bajos	P	20	6 m	49 (18-74)§	F: 11 (55%); M: 9 (45%)	21	<5 - >10mm	AB (3), ACAI (1), ACeM (2), ACI (1), AComA (6), AComP (5), ACPI (2), ACS (1)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (9), remanente del cuello (9), aneurisma residual (3)	DSA (1): déficit visual transitorio	9	0	3	9	0.70
2081	Lubicz B, et al.	2008	Bélgica	R	55	6 m	46 (17-65)§	F: 37 (67.3%); M: 18 (32.7%)	67	2-18 mm	AB (6), ACeM (15), ACI (25), AComA (18), ACPI (2), ACS (1)	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (43), aneurisma residual (4)	ND	13	1	2	51	ND
1993	Gauvrit JY, et al.	2006	Francia	R	106	12.9 m	46 (14-71)§	F: 56 (52.8%); M: 50 (47.2%)	107	2-18 mm	AB (8), ACeA (4), ACeM (2), ACeP (3), ACI (9), AComA (75), ACS (3), AIC (3)	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (21), remanente de cuello (20), aneurisma residual (20)	ND	60	2	1	39	0.94
1991	Schaafsma J, et al	2010	Países Bajos	P	311	3-18 m	51 (19-79)§	F: 219 (70.4%); M: 92 (29.6%)	343	2-12 mm	AC (128), ACeM (34), AComA (129), circulación posterior (52)	TOF-MRA	1.5 T	ND	DSA (11), 4 eventos tromboembólicos con déficit neurológico temporal, 6 rash cutáneo, 1 disección arteria femoral	ND	ND	ND	ND	0.64
1991	Schaafsma J, et al	2010	Países Bajos	P	311	3-18 m	51 (19-79)§	F: 219 (70.4%); M: 92 (29.6%)	343	2-12 mm	AC (128), ACeM (34), AComA (129), circulación posterior (52)	TOF-MRA	3 T	ND	DSA (11), 4 eventos tromboembólicos con déficit neurológico temporal, 6 rash cutáneo, 1 disección arteria femoral	ND	ND	ND	ND	0.64

3647	Cottier JP, et al.	2003	Francia	P	60	12 m	52	F: 48 (80%); M: 12 (20%)	74	<3 - >20mm	AB, ACeP o ACS (7), AC o AIC (7), ACeM (5), AComP (31), AComA (23)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (47), remanente de cuello (31), aneurisma residual (8)	ND	22	0	4	47	ND
3648	Pierot L, et al.	2006	Francia	P	32	ND	25-73	F: 27 (84.4%); M: 5 (15.6%)	42	3-19 mm	AB y ACS (5), ACeM (6), ACI y AComP (20), AComA (10), ACPI (1)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (14), Remanente de cuello (23), Aneurisma residual (5)	ND	20	1	3	13	0.80
3648	Pierot L, et al.	2006	Francia	P	32	ND	25-73	F: 27 (84.4%); M: 5 (15.6%)	42	3-19 mm	AB y ACS (5), ACeM (6), ACI y AComP (20), AComA (10), ACPI (1)	CE-MRA	1.5 T	Oclusión completa (14), Remanente de cuello (23), Aneurisma residual (5)	ND	19	1	4	13	0.66
3649	Michardièrè R, et al.	2001	Francia	P	20	ND	ND	ND	22	ND	ND	TOF-MRA	1.5 T	Flujo residual (12)	ND	12	0	4	9	ND
3650	Farb R, et al.	2005	Canada	R	28	18 m	46.5 (21-66)§	F: 16 (57.1%); M: 12 (42.9%)	29	<5 - >10mm	AB (8), ACeA (2), ACeM (2), ACI (2), AComA (9), AComP (3), ACS (2), Arteria paraoftálmica (1)	CE-MRA	1.5 T	Flujo residual (11)	ND	5	6	2	23	ND
3650	Farb R, et al.	2005	Canada	R	28	18 m	46.5 (21-66)§	F: 16 (57.1%); M: 12 (42.9%)	29	<5 - >10mm	AB (8), ACeA (2), ACeM (2), ACI (2), AComA (9), AComP (3), ACS (2), Arteria paraoftálmica (1)	TOF-MRA	1.5 T	Flujo residual (11)	ND	9	3	2	22	ND
3651	Lavoie P, et al.	2012	Canada	P	149	6 m	53 §	F: 107 (71.8%); M: 42 (28.2%)	167	2.5 - 6 mm	AC (58), ACeM (16), ACeA (55), AB (19), AV (12)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (67), flujo residual (100)	ND	78	13	22	54	ND
3651	Lavoie P, et al.	2012	Canada	P	149	6 m	53 §	F: 107 (71.8%); M: 42 (28.2%)	167	2.5 - 6 mm	AC (58), ACeM (16), ACeA (55), AB (19), AV (12)	CE-MRA 1.5 T	1.5 T	Oclusión completa (67), flujo residual (100)	ND	88	14	12	53	ND
3652	Wikstrom J, et al.	2007	Suecia	P	38	14 m	ND	ND	47	ND	AComA (15), AC (6), AComP (15), ACeM (7), AB (2), AV (2)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (25), aneurisma residual (22)	ND	21	1	7	18	ND

3652	Wikstrom J, et al.	2007	Suecia	P	38	14 m	ND	ND	47	ND	ACoM A (15), AC (6), AComP (15), ACeM (7), AB (2), AV (2)	CE-MRA 1.5 T	1.5 T	Oclusión completa (25), aneurisma residual (22)	ND	18	4	6	19	ND
3653	Sprengers MES, et al.	2009	Países Bajos	P	67	6 m	59 ± 12¶	F: 46 (68.6%); M: 21 (31.3%)	72	7 mm	AC (29), ACeA (28), ACeM (8), ACeP (7)	TOF-MRA	3 T	Oclusión completa (57), flujo residual (12)	ND	9	1	3	56	0.78
3653	Sprengers MES, et al.	2009	Países Bajos	P	67	6 m	59 ± 12¶	F: 46 (68.6%); M: 21 (31.3%)	72	7 mm	AC (29), ACeA (28), ACeM (8), ACeP (7)	CE-MRA 3 T	3 T	Oclusión completa (57), flujo residual (12)	ND	9	2	3	55	0.74
3654	Dupre S, et al	2008	Australia	P	56	6.6 m	47.7 ± 11.7¶	ND	64	2.5 - 11 mm	ACoM A (6), AB (4), AComP (3), AC (3), ACS (2), ACeP (2), ACeA (1)	TOF-MRA	1.5 T	Oclusión completa (12), flujo residual (9)	ND	9	0	0	12	ND

TOF-MRA: Resonancia nuclear magnética en tiempo de vuelo; *CE-MRA*: Resonancia nuclear magnética contrastada; *IC*: intervalo de confianza; *T*: Tesla; *N*: Número total de sujetos; *P*: Prospectivo; *R*: Retrospectivo; *mm*: Milímetros; *m*: Meses; ¶: media y desviación estándar; §: mediana y rango; *ND*: No disponible.