



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL CENTRAL "DR. IGNACIO MORONES PRIETO"

Tesis para obtener el diploma en la especialidad de Imagenología diagnóstica y terapéutica.

**“Comparación de los estudios de angiotomografía y angiografía por resonancia magnética para la predicción de rotura de aneurisma intracraneal. Una revisión sistemática.”**

**DR. ALBERTO GUDIÑO BRAVO**

DIRECTOR CLÍNICO

DR. JORGE GUILLERMO REYES VACA

MÉDICO RADIÓLOGO

SUBESPECIALIDAD EN NEURORADIOLOGÍA

DIRECTOR METODOLÓGICO

MARÍA ISABEL PATIÑO LÓPEZ

MAESTRA EN CIENCIAS DE LA INFORMACION DOCUMENTAL

Enero 2023







Comparación de los estudios de angiotomografía y angiografía por resonancia magnética para la predicción de rotura de aneurisma intracraneal. Una revisión sistemática. by Alberto Gudiño Bravo is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Enero 2023



HOSPITAL CENTRAL  
"DR. IGNACIO  
MORONES PRIETO"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL CENTRAL "DR. IGNACIO MORONES PRIETO"

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de  
**IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPEUTICA**

**ALBERTO GUDIÑO BRAVO**

**No. De CUV 1246636; Identificador ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2561-6982>**

DIRECTOR CLÍNICO  
DR. JORGE GUILLERMO REYES VACA  
MÉDICO RADIÓLOGO  
SUBESPECIALIDAD EN NEURORADIOLOGÍA

DIRECTOR METODOLÓGICO  
MARÍA ISABEL PATIÑO LÓPEZ  
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL

#### SINODALES

DR. ALEJANDRO HERNÁNDEZ  
MARTÍNEZ  
Presidente

---

DR. CARLOS LAMBERT CERDA  
Sinodal

---

DR. RAÚL MARTÍNEZ MATÍNEZ  
Sinodal

---



## RESUMEN

**Introducción:** La prevalencia estimada de los aneurismas intracraneales se ha estimado alrededor del 3.2% pero una hemorragia subaracnoidea (HSA) secundaria a una rotura de aneurisma intracraneal tiene una incidencia baja, estimada de 7.9 por cada 100,000 personas sin embargo, estudios han demostrado que la morbilidad y mortalidad pueden ser tan altas como un 66.7%, y pueden variar conforme al país con incidencias más bajas en países desarrollados. Así como presentar un riesgo de resangrado del 9% en las primeras 72 horas posteriores al episodio inicial.

Los aneurismas son anomalías vasculares con protrusiones de la pared del vaso, están frecuentemente localizadas en las bifurcaciones de los vasos del círculo de Willis, pueden deformar y causar ruptura del vaso, condicionando hemorragia subaracnoidea.

Se han propuesto múltiples etiologías a los aneurismas intracraneales, entre los cuales se encuentran polimorfismos de un solo nucleótido, hipertensión arterial sistémica y tabaquismo.

La angiografía de sustracción digital es el estándar de oro en la evaluación de los aneurismas intracraneales, pero requiere de un médico radiólogo especialista en neuroradiología y/o terapeuta endovascular neurológico, por lo que se limita su uso, por lo que múltiples estudios han adoptado el uso de la angiografía por tomografía y resonancia magnética como evaluaciones sustituyentes o adicionales.

Esta revisión sistemática revisará la literatura disponible publicada a la fecha para comparar la efectividad de la angiotomografía y la angiografía por resonancia magnética como predictores de rotura de aneurismas intracraneales, así como compararlos con el estándar de oro.

Enero 2023



**Objetivo principal:** Determinar si la angiotomografía computada y la angiografía por resonancia magnética pueden ser un predictores de ruptura de aneurismas cerebrales en comparación con angiografía convencional.

**Metodología:** Realizar una revisión sistemática de la literatura médica disponible a la actualidad mediante la consulta de metabuscadores y bases de datos libres especializados en salud con el uso de términos DeCS, MeSH y sus sinónimos mediante la combinación de operadores booleanos, con posterior recuperación y análisis del contenido y metodología de los documentos recuperados mediante los instrumentos de estimación Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation y OPMER, con la posterior emisión de conclusiones.

**Diseño de estudio:** Revisión sistemática. Nivel de evidencia: 1A.

**Criterios de selección:** Se incluyeron ensayos clínicos, ensayos clínicos controlados aleatorizados, artículos originales, revisiones, revisiones sistemáticas y meta-análisis sin límite de temporalidad en su fecha de publicación, los cuales deberán estar disponibles formato de tipo texto completo en idioma español e inglés. Aquellos estudios no relacionados con el tema o en animales han sido excluidos.

**Análisis de información:** Se realizó un análisis de los artículos recuperados basado en los instrumentos de evaluación GRADE y OPMER.

**Factibilidad:** Existe adecuada bibliografía que permite realizar una revisión sistemática, además de contarse con los recursos humanos, electrónicos y bases de datos para la búsqueda, recolección y análisis de artículos.

**Palabras clave:** Aneurisma intracraneal, Hemorragia subaracnoidea, Angiografía de sustracción digital, Angiotomografía por tomografía computarizada, Angiografía por resonancia magnética, Aneurisma roto.





## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ÍNDICE .....	4
LISTA DE CUADROS .....	5
LISTA DE ABREVIATURAS.....	6
LISTA DE DEFINICIONES.....	7
DEDICATORIAS .....	8
RECONOCIMIENTOS.....	9
ANTECEDENTES .....	10
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	14
HIPÓTESIS .....	15
OBJETIVOS .....	15
METODOLOGÍA .....	15
SUJETOS Y MÉTODOS .....	19
ÉTICA.....	22
RESULTADOS.....	22
DISCUSIÓN .....	46
LIMITACIONES Y/ NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN.....	47
CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	50
ANEXO 1. EVALUACIÓN OPMER.....	54
ANEXO 2. NIVEL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN SISTEMA GRADE.....	55

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Pregunta PICO .....	14
Cuadro 2. Tabla de descriptores. ....	16
Cuadro 3. Estrategia de búsqueda.....	20
Cuadro 4. Resultados por buscador.....	23
Cuadro 5. Flujograma de selección de artículos .....	25
Cuadro 6. Características de los pacientes y aneurismas intracraneales. ....	27
Cuadro 7. Factores de riesgo asociados con rotura de aneurisma .....	28
Cuadro 8. Sensibilidad y especificidad ATC y ARM vs DSA .....	34
Cuadro 9. Sensibilidad y especificidad de ATC y ARM en relación con el tamaño del aneurisma .....	35
Cuadro 10. Falsos negativos y Falsos positivos por localización en ARM .....	36
Cuadro 11. Parámetros morfológicos de los aneurismas.....	37
Cuadro 12. Parámetros hemodinámicos. ....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS

- **GRADE:** Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation.
- **OPMER:** Objetivo, Población, Metodología, Estadística y Resultados.
- **MeSH:** Medical subject headings.
- **DeCS:** Descriptores en ciencias de la salud.
- **AIC:** Aneurisma intracraneal.
- **HSA:** Hemorragia subaracnoidea.
- **DSA:** Angiografía de sustracción digital.
- **ATC:** Angiografía por tomografía computarizada.
- **ARM:** Angiografía por resonancia magnética.
- **RM:** Resonancia magnética.
- **TOF:** Tiempo de vuelo.
- **ACI:** Arteria carótida interna.
- **ACM:** Arteria cerebral media.
- **ACoA:** Arteria comunicante anterior.
- **ACoP:** Arteria comunicante posterior.
- **ROI:** Región de interés.
- **MIP:** Máxima intensidad de proyección.

## LISTA DE DEFINICIONES

- **Aneurisma intracraneal:** Bolsa externo anormal en la pared de los vasos sanguíneos intracraneales. Los aneurismas saculares son la variante más común y tienden a formarse en los puntos de ramificación arterial en el polígono de Willis en la base del encéfalo.
- **Hemorragia subaracnoidea:** Sangrado que se localiza en el interior del espacio subaracnoideo, consecuencia fundamentalmente de la rotura de un aneurisma intracraneal.
- **Angiografía de sustracción digital:** Método para delinear los vasos sanguíneos por sustracción de una imagen de fondo tisular desde una imagen de tejido más el material de contraste intravascular que atenúa los fotones de rayos X. La imagen de fondo se determina a partir de una imagen digitalizada tomada pocos momentos antes de la inyección del material de contraste. El angiograma resultante es una imagen de alto contraste del vaso. Esta técnica de sustracción permite la extracción de una señal de gran intensidad a partir de una información superpuesta del fondo. Por tanto, la imagen es el resultado de la absorción diferencial de los rayos x por diferentes tejidos.
- **Angiografía por Tomografía Computarizada:** Método no invasivo que utiliza un escáner CT para la captura de imágenes de los vasos sanguíneos y los tejidos. Se inyectan medios de contraste, que ayuda a producir imágenes detalladas que ayudan en el diagnóstico de enfermedades vasculares.
- **Angiografía por resonancia magnética:** Método no invasivo de imágenes y determinación de la anatomía interna vascular sin que se inyecte medio de contraste o sin que haya exposición a radiaciones. La técnica se utiliza especialmente en la angiografía cerebral al igual que para estudios de otras estructuras vasculares.
- **Aneurisma roto:** Desgarro o estallido de la pared debilitada de un saco aneurismático, que suele acompañarse de súbito e intensísimo dolor. El mayor riesgo de la rotura de un aneurisma es la gran cantidad de sangre que se vierte en los tejidos y cavidades vecinas, lo que causa shock hemorrágico.

## **DEDICATORIAS**

A mi mamá, que siempre ha sido un pilar en mi formación como ser humano y médico.

A mi padre, que con todas las adversidades sigue apoyándome.

A mis hermanos, no hubiera llegado tan lejos si no fuera por su apoyo y amor.

A Betty, sin tu amor y paciencia no estaría aquí.

Al resto de mi familia.

A Oreo.

## **RECONOCIMIENTOS**

Al departamento de enseñanza por su apoyo en la realización de este trabajo, que siempre nos abrió las puertas y resolvió dudas.

A la Maestra Isabel por su paciencia y ayuda.

Al Dr. Reyes por ser mi director clínico y resolver mis dudas.

## ANTECEDENTES

La prevalencia estimada de los aneurismas intracraneales se ha estimado alrededor del 3.2% (1) pero una hemorragia subaracnoidea (HSA) secundaria a una rotura de aneurisma intracraneal tiene una incidencia baja, estimada de 7.9 por cada 100,000 personas (2) sin embargo, estudios han demostrado que la morbilidad y mortalidad pueden ser tan altas como un 66.7%, y pueden variar conforme al país con incidencias más bajas en países desarrollados.(3) Así como presentar un riesgo de resangrado del 9% en las primeras 72 horas posteriores al episodio inicial. (4)

Los aneurismas son anomalías vasculares con protrusiones de la pared del vaso, están frecuentemente localizadas en las bifurcaciones de los vasos del círculo de Willis, pueden deformar y causar ruptura del vaso, condicionando hemorragia subaracnoidea. (5)

Se han propuesto múltiples etiologías a los aneurismas intracraneales, entre los cuales se encuentran polimorfismos de un solo nucleótido, hipertensión arterial sistémica y tabaquismo. (5)

La angiografía de sustracción digital es el estándar de oro en la evaluación de los aneurismas intracraneales, pero requiere de un médico radiólogo especialista en neuroradiología y/o terapeuta endovascular neurológico, por lo que se limita su uso, por lo que múltiples estudios han adoptado el uso de la angiografía por tomografía y resonancia magnética como evaluaciones sustituyentes o adicionales. (6)

El flujo regional del círculo de Willis tiene un rol en la formación, crecimiento y rotura de los aneurismas intracraneales, variantes en estas estructuras vasculares resultaran en cambios hemodinámicos condicionantes. (7)

Existen grandes estudios de cohortes, como “The international Study of Unruptured Intracranial Aneurysms” (ISUIA) en el que se siguió a 1692 pacientes con aneurismas no rotos mayores a 2mm y se estableció una predicción de riesgo de ruptura de aproximadamente 0.7%. (8)

Existen antecedentes de que la angiomorfología de los aneurismas puede influir en el riesgo de hemorragia, factores como domos irregulares (9), sacos hijos, y el esfuerzo cortante en la pared endotelial del flujo irregular. (10)

En el estudio PHASES, un estudio poblacional transversal retrospectivo en el que se evaluaron 8233 pacientes con aneurismas intracraneales y se estableció una escala de predicción de riesgo que incluía factores clínicos como localización geográfica (con tres rubros, ascendencia europea-norteamericana, japonesa o finlandesa), hipertensión, edad del paciente, tamaño del aneurisma, antecedente de rotura de otro aneurisma y sitio del aneurisma, pero sin tomar en cuenta las características angiográficas del mismo. (11)

Existen estudios que han comparado los diferentes métodos de angiografía (convencional por sustracción digital, angiotomografía y angiografía por resonancia magnética) que siguen manteniendo a la angiografía convencional como el estándar de oro para la evaluación de los aneurismas. (12)

La angiografía por sustracción digital (DSA) consiste en una técnica endovascular con cateterización a través de una de las arterias femorales en un sistema de radiografía biplanar con fluoroscopia para obtener múltiples planos en 2D y evaluar las estructuras vasculares tras la administración de medio de contraste iodado o realizar reconstrucciones tridimensionales a través de estas. Se considera el estándar de oro por su alta relación espacial para visualizar aneurismas intracraneales, permitir una evaluación completa de estructuras vasculares desde arterias, lechos capilares y flujo venoso en las diferentes fases de la administración del medio de contraste. (6)

Además de servir en el diagnóstico de aneurismas, la DSA permite el tratamiento de múltiples alteraciones endovasculares a través de procedimientos como embolización o recuperación de trombos intraluminales. Si bien, la angiografía confiere todos estos beneficios, requiere radiación ionizante, con exposición del personal que realiza el estudio, uso de contraste iodado, un operador experto y una sala de hemodinamia para disminuir el riesgo de complicaciones como ictus, lesión vascular, hematomas femorales o intracraneales. (6)

Hay antecedentes que demuestran un aumento de riesgo de resangrado posterior a una DSA aneurismática dentro de las primeras 6 horas del inicio del episodio (13), pero en



manos de operadores expertos se puede tener un riesgo de complicaciones menores al 1%. La DSA permite la evaluación de aneurismas tan pequeños de hasta 0.5mm de diámetro y se sugiere su uso cuando se sospecha de HSA angiográficamente oculta en estudios seccionales.

Frecuentemente la tomografía computarizada se ha utilizado como estudio de primera línea en el análisis de las hemorragias subaracnoideas, con hasta 100% de sensibilidad en las primeras 6 horas del inicio del episodio, pero que marcadamente desciende con el paso del tiempo. (14,15) Así como la facilidad de realizar una angiotomografía posterior a esta.

Se ha reportado que una tomografía computarizada negativa seguida de una angiotomografía negativa tiene una probabilidad post test del 99.43% de ser negativa para el diagnóstico de HSA aneurismática. Reemplazando la punción lumbar en el diagnóstico. (16)

La angiotomografía es un buen estudio para la detección de aneurismas intracraneales mayores a 4mm de hasta un 100% pero que disminuye importantemente con la calidad de la tomografía y el tamaño de los aneurismas. (6)

La resonancia magnética presenta algunas ventajas sobre la tomografía computarizada al no utilizar radiación ionizante y poder producir imágenes angiográficas sin la necesidad de contraste intravenoso. Además de contar con secuencias como Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) que producen imágenes ponderadas en T2 con supresión del líquido cefaloraquídeo (LCR) lo que le brinda utilidad para también analizar HSA en etapas agudas. (6)

Sin embargo, el costo de este estudio, su disponibilidad aunados a los largos tiempos de adquisición hacen de esta modalidad de difícil acceso para los pacientes con HSA y usualmente se reserva para la evaluación en pacientes aún sin etología de la HSA o con la persistencia de sospecha de aneurisma con angiotomografía negativa, pudiendo descartar otras etiologías. (6) A través de nuevos avances en las secuencias de resonancia magnética permiten que se pueda tener una sensibilidad de hasta el 95% para la detección y evaluación de los aneurismas, especialmente en equipos con campos magnéticos de 3T. (17)

Grandes estudios como el antes mencionado ISUIA propusieron que el riesgo de rotura de aneurismas disminuye con el tamaño, con un límite inferior de 7mm de diámetro, existe evidencia que la mayor parte de los aneurismas que presentan rotura son pequeños, y existen estudios recientes (18) que proponen que las características morfológicas angiográficas y la localización resultan ser mejores predictores.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Puede predecirse el riesgo de rotura de los aneurismas intracraneales mediante angiotomografía y angioresonancia en comparación con angiografía de sustracción digital?

**Cuadro 1. Pregunta PICO**

<b>Paciente</b>	<b>Intervención</b>	<b>Comparación</b>	<b>Resultado</b>
Paciente con aneurisma intracraneal.	Angiografía por sustracción digital	Angiotomografía y angioresonancia.	Predicción de riesgo.

## JUSTIFICACIÓN

Actualmente una de las principales causas de mortalidad son los eventos vasculares cerebrales, entre ellos se encuentran las hemorragias subaracnoideas, siendo la causa de estas los aneurismas intracraneales en etiologías no traumáticas, existen diversos estudios de angiografía para el análisis de los aneurismas intracraneales, sin embargo, no existe una revisión sistemática que establezca cual es el mejor estudio para la predicción del sangrado de estas lesiones.

## HIPÓTESIS

Los estudios angiográficos seccionales pueden predecir el riesgo de sangrado de aneurismas intracraneales en comparación con la angiografía de sustracción digital.

## OBJETIVOS

### Objetivo principal:

Demostrar si la angiotomografía y la angiografía por resonancia magnética pueden evaluar el riesgo de rotura de aneurismas intracraneales.

### Objetivos específicos:

- Elaborar una estrategia de búsqueda con los descriptores de angiotomografía, angiografía y resonancia magnética.
- Realizar la búsqueda de información sistemática en las distintas fuentes de información multidisciplinarias y especializadas en ciencias de la salud.
- Evaluar con las escalas OPMER y GRADE la evidencia y calidad de los artículos recuperados.

### Objetivos secundarios:

- Comparar la efectividad de las diferentes herramientas diagnósticas en el diagnóstico de aneurismas intracraneales.
- Establecer si los tres tipos de estudio tienen adecuada capacidad para la evaluación de las características angiográficas de los aneurismas.

## METODOLOGÍA

Se estructuró la pregunta de investigación, y posteriormente, con la ayuda del asesor clínico se definieron las palabras clave, cuya definición se consultó en los tesauros especializados para definir los descriptores y sinónimos: DeCS, MeSH. Los descriptores y sus sinónimos se exponen en el Cuadro 2.

Se rastrearon todos sus sinónimos y descriptores específicos, posteriormente se estructuró una estrategia de búsqueda con operadores booleanos (AND y OR).

**Cuadro 2. Tabla de descriptores.**

PALABRA CLAVE	DECS	SINÓNIMOS	MESH	SINÓNIMOS
1.-	Aneurisma intracraneal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aneurisma Cerebral</li> <li>2. Aneurisma Intracraneal Gigante</li> <li>3. Aneurisma Intracraneal Micótico</li> <li>4. Aneurisma Sacciforme</li> <li>5. Aneurisma de la Arteria Basilar</li> <li>6. Aneurisma del Cerebro</li> </ol>	Intracranial aneurysm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aneurysms, Intracranial</li> <li>2. Intracranial Aneurysms</li> <li>3. Aneurysm, Intracranial</li> <li>4. Aneurysm, Anterior Communicating Artery</li> <li>5. Anterior Communicating Artery Aneurysm</li> <li>6. Aneurysm, Basilar Artery</li> <li>7. Aneurysms, Basilar Artery</li> <li>8. Artery Aneurysm, Basilar</li> <li>9. Artery Aneurysms, Basilar</li> <li>10. Basilar Artery Aneurysms</li> <li>11. Basilar Artery Aneurysm</li> <li>12. Aneurysm, Middle Cerebral Artery</li> <li>13. Middle Cerebral Artery Aneurysm</li> <li>14. Aneurysm, Posterior Cerebral Artery</li> <li>15. Posterior Cerebral Artery Aneurysm</li> <li>16. Berry Aneurysm</li> <li>17. Aneurysm, Berry</li> <li>18. Aneurysms, Berry</li> <li>19. Berry Aneurysms</li> <li>20. Brain Aneurysm</li> <li>21. Aneurysm, Brain</li> <li>22. Aneurysms, Brain</li> <li>23. Brain Aneurysms</li> <li>24. Cerebral Aneurysm</li> <li>25. Aneurysms, Cerebral</li> <li>26. Cerebral Aneurysms</li> <li>27. Aneurysm, Cerebral</li> <li>28. Giant Intracranial Aneurysm</li> <li>29. Aneurysm, Giant Intracranial</li> <li>30. Aneurysms, Giant Intracranial</li> <li>31. Giant Intracranial Aneurysms</li> <li>32. Intracranial Aneurysm, Giant</li> <li>33. Intracranial Aneurysms, Giant</li> <li>34. Mycotic Aneurysm, Intracranial</li> <li>35. Aneurysm, Intracranial Mycotic</li> <li>36. Aneurysms, Intracranial Mycotic</li> <li>37. Intracranial Mycotic Aneurysm</li> <li>38. Intracranial Mycotic Aneurysms</li> <li>39. Mycotic Aneurysms, Intracranial</li> <li>40. Aneurysm, Anterior Cerebral Artery</li> <li>41. Anterior Cerebral Artery Aneurysm</li> <li>42. Aneurysm, Posterior Communicating Artery</li> <li>43. Posterior Communicating Artery Aneurysm</li> </ol>

<p>2.-</p>	<p>Hemorragia subaracnoidea</p>	<p>7. Hemorragia Espontánea Subaracnoidea  8. Hemorragia Subaracnoidea Espontánea  9. Hemorragia Subaracnoidea Perinatal</p>	<p>Subarachnoid Hemorrhage</p>	<p>44. SAH (Subarachnoid Hemorrhage)  45. OR SAHs (Subarachnoid Hemorrhage)  46. OR Hemorrhage, Subarachnoid  47. OR Hemorrhages, Subarachnoid  48. OR Subarachnoid Hemorrhages  49. OR Subarachnoid Hemorrhage, Aneurysmal  50. OR Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage  51. OR Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhages  52. OR Hemorrhage, Aneurysmal Subarachnoid  53. OR Hemorrhages, Aneurysmal Subarachnoid  54. OR Subarachnoid Hemorrhages, Aneurysmal  55. OR Subarachnoid Hemorrhage, Spontaneous  56. OR Hemorrhage, Spontaneous Subarachnoid  57. OR Hemorrhages, Spontaneous Subarachnoid  58. OR Spontaneous Subarachnoid Hemorrhage  59. OR Spontaneous Subarachnoid Hemorrhages  60. OR Subarachnoid Hemorrhages, Spontaneous  61. OR Perinatal Subarachnoid Hemorrhage  62. OR Hemorrhage, Perinatal Subarachnoid  63. OR Hemorrhages, Perinatal Subarachnoid  64. OR Perinatal Subarachnoid Hemorrhages  65. OR Subarachnoid Hemorrhage, Perinatal  66. OR Subarachnoid Hemorrhages, Perinatal  67. OR Subarachnoid Hemorrhage, Intracranial  68. OR Hemorrhage, Intracranial Subarachnoid  69. OR Hemorrhages, Intracranial Subarachnoid  70. OR Intracranial Subarachnoid Hemorrhage  71. OR Intracranial Subarachnoid Hemorrhages  72. OR Subarachnoid Hemorrhages, Intracranial</p>
<p>3.-</p>	<p>Angiografía de sustracción digital</p>	<p>10. N/A</p>	<p>Angiography, Digital Subtraction</p>	<p>73. OR Subtraction Angiography, Digital  74. OR Digital Subtraction Angiography</p>

4.-	Angiografía por Tomografía Computadorizada	11. Angio-TAC 12. Angiografía CT 13. Angiografía por TC	Computed Tomography Angiography	75. Angiographies, Computed Tomography 76. OR Computed Tomography Angiographies 77. OR Tomography Angiographies, Computed 78. OR Tomography Angiography, Computed 79. OR Angiography, Computed Tomography 80. OR Angiography, CT 81. OR CT Angiography 82. OR Angiographies, CT 83. OR CT Angiographies
5.-	Angiografía por resonancia magnética	14. Angiografía MRI	Magnetic Resonance Angiography	84. MRI Angiography 85. OR Angiographies, MRI 86. OR Angiography, MRI 87. OR MRI Angiographies 88. OR Angiography, Magnetic Resonance 89. OR Angiographies, Magnetic Resonance 90. OR Magnetic Resonance Angiographies 91. OR Perfusion Magnetic Resonance Imaging 92. OR Perfusion Weighted MRI 93. OR MRI, Perfusion Weighted
6.-	Aneurisma roto	15. NA	aneurysm, ruptured	94. Aneurysms, Ruptured 95. Ruptured Aneurysms 96. Ruptured Aneurysm

Estos fueron los descriptores y sus sinónimos mediante los cuales se realizó la búsqueda de artículos en las bases de datos.

Se realizó una revisión sistemática haciendo uso de los metabuscadores de acceso libre especializados en el área de ciencias de la salud como: PubMed, la Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y Biblioteca Cochrane, así como bases de datos disponibles en el Centro de Recursos Académicos Informáticos Virtuales (CREATIVA): tanto multidisciplinarios: Academic Search Ultimate, Wiley Online Library, SpringerLink Journals, como especializados en el área de la salud como MedicLatina, Ovidweb Online Access by IP y Trip Medical Database.

Posteriormente se realizaron estrategias de búsqueda con la combinación de los descriptores localizados (“Intracranial aneurysm”, “Subarachnoid Hemorrhage”, “Angiography, Digital Subtraction”, “Computed Tomography Angiography”, “Magnetic Resonance Angiography”, “Aneurysm, ruptured”), sus sinónimos y operadores booleanos, siguiendo la lógica de la pregunta PICO y desglosando los sinónimos en la tabla de descriptores. Serán sujetos de selección ensayos clínicos, ensayos clínicos controlados aleatorizados, artículos originales, revisiones, revisiones sistemáticas y metaanálisis. En formato documento texto completo, en idiomas español e inglés, cuyos sujetos de estudio sean humanos. No se establecerá límite de temporalidad. La recolección de artículos concluirá en agosto de 2022. Las estrategias de búsqueda se exponen en el Cuadro 3.

### **Criterios de inclusión.**

Se incluyeron artículos que se encontraran en la búsqueda de los metabuscadores especializados en salud, bases de datos bibliográficas multidisciplinarias, bases de datos bibliográficas especializadas en ciencias de la salud y bases de datos clínicas en los que se compararan los métodos de estudio por imagen y el riesgo de hemorragia subaracnoidea o rotura de los aneurismas intracraneales.

Serán sujetos de selección clínicos, ensayos clínicos controlados aleatorizados, artículos originales, revisiones, revisiones sistemáticas y meta-análisis. En formato documento texto completo, en idiomas español e inglés, cuyos sujetos de estudio sean humanos. No se estableció límite de temporalidad. La recolección de artículos concluyó





		<p>Aneurysm, Giant)) OR (Intracranial Aneurysms, Giant)) OR (Mycotic Aneurysm, Intracranial)) OR (Aneurysm, Intracranial Mycotic)) OR (Aneurysms, Intracranial Mycotic)) OR (Intracranial Mycotic Aneurysm)) OR (Intracranial Mycotic Aneurysms)) OR (Mycotic Aneurysms, Intracranial)) OR (Aneurysm, Anterior Cerebral Artery)) OR (Anterior Cerebral Artery Aneurysm)) OR (Aneurysm, Posterior Communicating Artery)) OR (Posterior Communicating Artery Aneurysm)) AND (((aneurysm, ruptured) OR (Aneurysms, Ruptured)) OR (Ruptured Aneurysms)) OR (Ruptured Aneurysm))) AND (((Angiography, Digital Subtraction) ) OR (Subtraction Angiography, Digital OR Digital Subtraction Angiography))) AND ((Computed Tomography Angiography) OR (Angiographies, Computed Tomography OR Computed Tomography Angiographies OR Tomography Angiographies, Computed OR Tomography Angiography, Computed OR Angiography, Computed Tomography OR Angiography, CT OR CT Angiography OR Angiographies, CT OR CT Angiographies))) AND ((Magnetic Resonance Angiography) OR (MRI Angiography OR Angiographies, MRI OR Angiography, MRI OR MRI Angiographies OR Angiography, Magnetic Resonance OR Angiographies, Magnetic Resonance OR Magnetic Resonance Angiographies OR Perfusion Magnetic Resonance Imaging OR Perfusion Weighted MRI OR MRI, Perfusion Weighted))</p>
<p><b>HISTORIAL DE BÚSQUEDA</b></p>	<p>((((((((((((Aneurisma intracraneal) OR (Aneurisma intracraneal[MeSH Terms])) OR ("Aneurisma intracraneal"[Journal])) AND (Hemorragia subaracnoidea)) OR (Hemorragia subaracnoidea[MeSH Terms])) OR ("Hemorragia subaracnoidea"[Journal])) AND (Angiografía de sustracción digital)) OR (Angiografía de sustracción digital[MeSH Terms])) OR ("Angiografía de sustracción digital"[Journal])) AND (Angiografía por Tomografía Computadorizada)) OR (Angiografía por Tomografía Computadorizada[MeSH Terms])) OR ("Angiografía por Tomografía Computadorizada"[Journal])) AND (Angiografía por resonancia magnética) AND (Angiografía por resonancia magnética[MeSH Terms])) AND ("Angiografía por resonancia magnética"[Journal]))</p>	<p>((((((((((((Intracranial aneurysm) OR (Intracranial aneurysm[MeSH Terms])) OR ("Intracranial aneurysm"[Journal])) AND (Subarachnoid Hemorrhage)) OR (Subarachnoid Hemorrhage[MeSH Terms])) OR ("Subarachnoid Hemorrhage"[Journal])) AND (Angiography, Digital Subtraction)) OR (Angiography, Digital Subtraction[MeSH Terms])) OR ("Angiography, Digital Subtraction"[Journal])) AND (Computed Tomography Angiography)) OR (Computed Tomography Angiography[MeSH Terms])) OR ("Computed Tomography Angiography"[Journal])) AND (Magnetic Resonance Angiography)) OR (Magnetic Resonance Angiography[MeSH Terms])) OR ("Magnetic Resonance Angiography"[Journal]))</p>

## **ÉTICA**

Se obtuvo la autorización para la realización del proyecto de investigación por parte del comité de ética e investigación del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto” con el número de registro 70-22.

## **RESULTADOS**

Se filtraron los artículos en base a los criterios de inclusión, se filtraron los artículos que estuvieran en otro idioma diferente a español e inglés, artículos que hablaran de aneurismas no intracraneales, estudios que no hablaran de rotura de aneurismas, estudios realizados en población no adultos y estudios experimentales básicos.

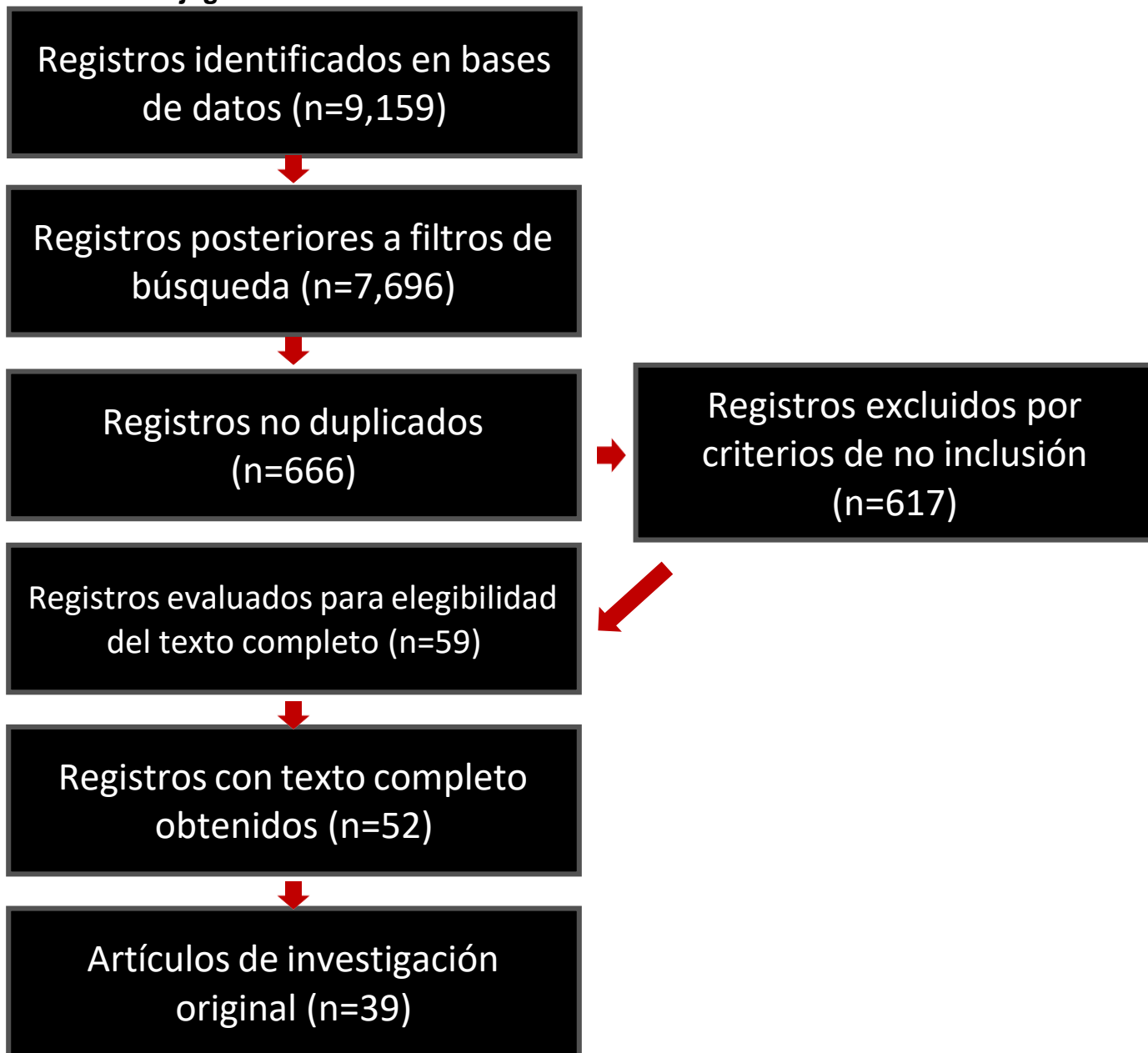
En la búsqueda inicial de artículos se encontraron 9,159 artículos, separados por las diversas bases de datos (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Resultados por buscador.**

<b>FUENTE DE INFORMACIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>FILTROS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>RESTANDO DUPLICADO</b>	<b>POR TÍTULO Y ABSTRACT</b>
<b>Pubmed Básica</b>	91	N/A	91		
<b>Pubmed avanzada</b>	112	N/A	112	112	6
<b>BVS Básica</b>	128	Español Inglés	114		
<b>BVS avanzada</b>	133	Español Inglés	192	123	17
<b>Academic search ultimate</b>	298	English	290	171	5
<b>Springer Link</b>	1763	Solo artículos English	1046		13
<b>Web of Science</b>	43	N/A	N/A	43	1
<b>Wiley</b>	634	Journals	533	133	2
<b>TRIP</b>	87	N/A	N/A	83	3
<b>Ovid SP</b>	6116	N/A	6116		17
<b>Medic Latina</b>	1	N/A	1	1	1

Posteriormente se descargaron los artículos en la plataforma de Zotero para el manejo de los artículos, y se filtraron los artículos duplicados, obteniendo 59 artículos. Posteriormente se filtraron los artículos que no se pudiera obtener el texto completo. El número final de artículos fue de 52. (Cuadro 5). De los artículos obtenidos, 40 eran artículos originales y el resto de revisión.

**Cuadro 5. Flujo de selección de artículos.**



A los resultados se les realizó la Estadificación OPMER de los artículos originales, la cual, consiste en una evaluación de la calidad de los artículos según cinco puntos; Objetivo, Población, Metodología, Estadística y Resultados, otorgando una calificación de 0 a 20 puntos, siendo los artículos con adecuada calidad, superiores a 15 puntos, y con una calidad moderada entre 10 a 14 puntos y que se evaluó la metodología y el valor por caso independiente. (Anexo 1).

De los artículos obtenidos también se realizó la evaluación GRADE la cual es una escala para la adquisición y jerarquización de la evidencia médica. La calidad de la evidencia se clasifica en alta o baja según su origen, dependiendo si son artículos experimentales u observacionales, luego con consideraciones específicas queda como alta, moderada, baja o muy baja. (Anexo 2).

A continuación, se presentan los resultados de la bibliografía obtenida.

### ***Factores de riesgo y características demográficas para presentar aneurismas***

En el artículo de Murayama y colaboradores (19), en un estudio de cohorte prospectivo, así como en la descripción de la población de la mayoría de los artículos originales, se describen los diferentes factores de riesgo asociados a la presencia de los aneurismas en la población estudiada, entre lo más destacado de este hallazgo resalta que el 95% de los pacientes que presentaban aneurismas intracraneales no tenía ningún factor de riesgo de los evaluados.

Llama la atención que la prevalencia de estas anomalías es mayor en la población de sexo femenino. Entre otros factores destacados resalta la hipertensión, hiperlipidemia y el tabaquismo ya sea previo o activo.

La distribución por localización de los aneurismas intracraneales se encontró una mayoría eran en la arteria cerebral media, y arteria comunicante anterior.

En cuanto a el tamaño, los aneurismas más frecuentemente se encontraban entre 2-4mm de diámetro mayor.

Al momento del diagnóstico, aproximadamente el 25% de los pacientes presenta múltiples aneurismas. Estos y todos los factores se exponen en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Características de los pacientes y aneurismas intracraneales.**

	Patient n=2252		Aneurysm Observation=1960		Treatment				Observation vs Treatment P Value
	n	%	n	%	Clip=144		Endovascular=793		
					n	%	n	%	
Age, y									
Mean	65.0±11.6		66.0±11.6		65.4±9.1		64.3±11.1		0.001
≥70	876	38.9	831	42.4	52	36.1	278	35.1	<0.001
Female sex	1522	67.6	1334	68.1	96	66.7	600	75.7	0.001
Family history of subarachnoid hemorrhage	273	12.1	231	11.8	31	21.5	113	14.3	0.007
Smoking									
Nonsmoker	1521	67.5	1327	67.7	99	68.8	536	67.6	0.97
Former smoker	428	19.0	367	18.7	24	16.7	146	18.4	0.71
Current smoker	303	13.5	266	13.6	21	14.6	111	14.0	0.80
Medical history									
Hypertension	1047	46.5	942	48.1	79	54.9	356	44.9	0.41
Diabetes mellitus	129	5.7	122	6.2	6	4.2	34	4.3	0.03
Hyperlipidemia	357	15.9	317	16.2	17	11.8	123	15.5	0.40
Ischemic stroke	37	1.6	32	1.6	2	1.4	16	2.0	0.58
Polycystic kidney disease	23	1.0	18	0.9	3	2.1	7	0.9	0.70
Multiple aneurysms	569	25.3	891	45.5	62	43.1	251	31.7	<0.001
Alcohol consumption	253	11.2	217	11.1	16	11.1	84	10.6	0.75
Cerebral hemorrhage	5	0.2	5	0.3	2	1.4	2	0.3	0.44
History of subarachnoid hemorrhage	80	3.6	55	2.8	3	2.1	46	5.8	0.001
Family history of unruptured intracranial aneurysm	38	1.7	27	1.4	4	2.8	15	1.9	0.19
Family history of polycystic kidney disease	8	0.4	6	0.3	1	0.7	5	0.6	0.19
History of hormone replacement therapy	7	0.3	7	0.4	0	0	3	0.4	0.87
Daughter sac	...	...	100	5.1	35	24.3	142	17.9	<0.001
Largest dimension of aneurysm									
Mean, mm	...	...	3.4±2.2		5.6±2.7		7.1±3.8		<0.001
Distribution, mm									
2-4	...	...	1717	87.6	64	44.4	237	29.9	<0.001
5-6	...	...	169	8.6	42	29.2	276	34.8	<0.001
7-9	...	...	35	1.8	30	20.8	157	19.8	<0.001
10-24	...	...	36	1.8	8	5.6	120	15.1	<0.001
≥25	...	...	3	0.2	0	0	3	0.4	0.36
Location of aneurysm									
Middle cerebral artery	...	...	535	27.3	89	61.8	90	11.4	<0.001
Anterior cerebral artery	...	...	330	16.8	40	27.8	119	15.0	0.93
Internal carotid artery without posterior communicating artery	...	...	525	26.8	4	2.8	313	39.5	<0.001
Internal carotid artery-posterior communicating artery	...	...	401	20.5	10	6.9	162	20.4	0.18
Vertebral artery-basilar artery	...	...	169	8.6	1	0.7	109	13.8	0.008

Tomado de Murayama Et. Al.

Características clínicas y factores de riesgo de los aneurismas intracraneales. Además de los factores de riesgo y condiciones químicas de los pacientes muestra la distribución del tamaño de los aneurismas intracraneales, así como su localización más frecuente.



Los mismos autores, a través de la observación de estos pacientes (Cuadro 7), establecieron cuales eran los factores de riesgo principales para la rotura de los aneurismas, siendo este, el tamaño del aneurisma, con un aumento del HR de 8.85 en aneurismas de 5-6mm de diámetro, con un marcado mayor riesgo en tamaños >25mm con HR de 90.73.

**Cuadro 7. Factores de riesgo asociados con rotura de aneurisma.**

	Hazard Ratio (95% CI)	PValue
Age ≥70 y	1.29 (0.76–2.17)	0.35
Female sex	1.36 (0.75–2.50)	0.31
Family history of subarachnoid hemorrhage	0.69 (0.28–1.74)	0.43
History of subarachnoid hemorrhage	4.03 (1.73–9.41)	0.001
Smoking		
Nonsmoker	Reference	...
Former smoker	0.58 (0.26–1.29)	0.18
Current smoker	0.7 (0.3–1.63)	0.4
Hypertension	0.81 (0.48–1.37)	0.43
Diabetes mellitus	0.27 (0.04–2.00)	0.2
Hyperlipidemia	0.51 (0.2–1.29)	0.16
Multiple aneurysms	0.96 (0.57–1.63)	0.88
Alcohol consumption	1.1 (0.5–2.43)	0.81
Daughter sac	11.10 (6.43–19.18)	<0.0001
Size, mm		
2–4	Reference	...
5–6	8.85 (4.70–16.68)	<0.0001
7–9	9.07 (3.13–26.33)	<0.0001
10–24	27.96 (13.54–57.73)	<0.0001
≥25	90.73 (21.25–387.29)	<0.0001
Location		
Middle cerebral artery	3.89 (1.30–11.63)	0.015
Anterior cerebral artery	3.54 (1.09–11.51)	0.035
Internal carotid artery-posterior communicating artery	5.19 (1.74–15.53)	0.003
Internal carotid artery without posterior communicating artery	Reference	...
Vertebral artery-basilar artery	8.64 (2.75–27.14)	<0.001

Tomado de Murayama Et. Al.

## ***Diagnóstico de los aneurismas***

El diagnóstico de un aneurisma intracraneal es complicado puesto que la mayoría de ellos no son encontrados hasta el momento de su rotura la cual condiciona hemorragia subaracnoidea por la presencia de los vasos a este nivel. Es posible encontrar múltiples de ellos de manera incidental a través de los estudios de imagen realizados por otro motivo.

Según Howard (20) se pueden abordar su diagnóstico en dos poblaciones, el primero es en pacientes asintomáticos (dos o más familiares con antecedente de aneurismas intracraneales o hemorragia subaracnoidea, enfermedad renal poliquística autosómico dominante, coartación aórtica o variantes de enanismo) y pacientes sintomáticos (hemorragia subaracnoidea, cefalea intensa, parálisis de nervios craneales, diagnóstico incidental de aneurismas).

En cuanto a los pacientes asintomáticos se inicia su abordaje de manera inicial con resonancia magnética la cual debe incluir la secuencia tiempo de vuelo (TOF) para el análisis vascular, esto debido a que el no uso de radiación ya que aún no está justificado el uso de esta, sugiriendo de manera subsecuente la realización de angiografía por sustracción digital (DSA) en los que se encuentren aneurismas mayores a 3 mm considerar el tratamiento de los mayores a 7 mm

En los pacientes sintomáticos los autores sugieren iniciar el abordaje con un estudio de resonancia magnética con TOF. Posteriormente optando por la DSA en casos positivos o en los que se considera tratamiento o por la angiotomografía (ATC) en casos en los que se considera observación.

No se tiene un consenso fijo en cuanto al algoritmo diagnóstico, por ejemplo, Oliveira (21) propone en los pacientes que tengan hemorragia subaracnoidea positiva en tomografía simple, pasar de manera directa a la angiotomografía e incluso mantiene dentro de su algoritmo, a la punción lumbar, que es adecuada para el diagnóstico de hemorragia subaracnoidea, pero no es específica para origen aneurismático.

## ***Protocolos de angiotomografía***

En los diferentes estudios se encontró que los protocolos de ATC fueron tan variados como la cantidad de artículos, ya que no hay un régimen estandarizado a seguir en cuanto a la cantidad de medio de contraste, la concentración del medio de contraste, si debía ser guiada por tiempo o por región de interés (ROI), el caudal, ni el calibre de catéter utilizado.

Hashimoto et. al. (22) utiliza 100ml de contraste con un caudal de 3ml/s con un medio de contraste con concentración de 300mg/ml, con una adquisición dada por tiempo y no por ROI, pero no mencionaba la cantidad de detectores del tomógrafo.

En cambio Feng y autores (23) utilizaron 20ml de medio de contraste más 20ml de bolo de salino posteriormente a un caudal alto de 5ml/s, y se utilizó un disparo guiado por ROI en la carótida a nivel de C4 para la estandarización (técnica de test bolus) para detectar el tiempo adecuado para el disparo con el bolo completo, posteriormente se realizaba un estudio según el tiempo indicado por el primer bolo con un segundo bolo de 60ml de contraste con concentración de 370mg/ml y un bolo de SS de 40ml a un caudal alto de 5ml/s, y utilizando un tomógrafo de 256 detectores.

A pesar del amplio rango de parámetros, especialmente para la aplicación del medio de contraste y la calidad de los equipos de tomografía en distintos centros, todos los autores sugerían la realización de la tomografía con pitch menor o igual a 1, grosores de corte menores a 2mm y reconstrucciones tridimensionales y con máxima intensidad de proyección (MIP).

La interposición con estructuras ósea se presentó frecuentemente como un fallo en el diagnóstico de aneurismas en angiotomografía.

Romjin (24) pone a prueba un protocolo de reconstrucción de ATC, realizada con tomógrafos desde 4 detectores, que involucra la sustracción del tejido óseo al haber adquirido una imagen de tomografía simple de manera previa a la administración del medio de contraste, para solamente, durante la fase arterial, realizar la sustracción del tejido óseo y valorar solamente estructuras vasculares.

En este artículo se comparó la ATC con esta reconstrucción vs DSA y DSA 3D para la detección de los aneurismas, se describió la calidad de la máscara de eliminación del

hueso en ATC, pero encontró resultados similares al resto de los aneurismas en el que tiene buena sensibilidad y especificidad en aneurismas mayores a 3mm, pero no con menores a 3mm.

Este protocolo, el cual se realiza en una estación de trabajo posterior a la adquisición de la tomografía, tiene sus fallos, ya que se basa en la sustracción de densidades elevadas, y en ocasiones esta es incompleta.

### ***Calidad de la tomografía***

La calidad del equipo de tomografía con el que se realiza el estudio es importante, como por ejemplo en este estudio de Donmez et. al. (25) se compara la calidad de ATC realizada con equipo de 16 detectores vs DSA, donde la ATC encontró hasta el aneurisma más pequeño visualizado en DSA que era de 1.2mm de diámetro mayor, errando en el diagnóstico de 8 aneurismas. Lo que le dio un Kappa de correlación intermodalidad de 0.75 que se considera buena correlación (0.81 o superior es excelente).

De los aneurismas que no se encontraron por ATC, 6 fueron en la arteria comunicante posterior y 2 en la carótida interna supraclinoidea, notando que la circulación posterior conlleva una mayor dificultad para la detección de los aneurismas en este sitio, y todos ellos menores a 3mm. Los principales pitfalls para no encontrar los aneurismas fueron confundirlos con estructuras vasculares lineales o por efecto parcial de volumen con estructuras óseas.

Hay que tomar en cuenta que es mucho más probable que se pueda considerar una tomografía como “no útil para diagnóstico” o “mala adquisición” como sucedió en este artículo, en el cual, en 6 pacientes de 134 tomografías fue el caso, con 4 eventos por movimiento del paciente, y 2 ocasiones por mala concentración del medio de contraste.

Feng (23) comparó una ATC de 256 detectores contra una DSA 3D rotacional de nueva generación, encontrando que de 92 aneurismas, la ATC detectó 82 (89.1%) de los

aneurismas, y la ARM solo 75 (86%) en comparación con el GS DSA 3D con 89 de 92 (96.7%), encontrando que la diferencia entre ATC y DSA 3D no fue estadísticamente significativa ( $p>0.05$ ), pero que la correlación entre DSA y MRA fue menor ( $p<0.05$ ), demostrando que la DSA es el estudio más sensible y específico, pero que la ATC no se queda lejos como herramienta diagnóstica. Este estudio se realizó con equipo con un campo magnético de 3 Teslas.

### ***Calidad y protocolo de la resonancia magnética***

La resonancia magnética en el diagnóstico de aneurismas intracraneales, si bien puede realizarse con medio de contraste, se realiza principalmente en secuencias de tiempo de vuelo (TOF), las cuales se basan en los principios de saturación de un segmento, y que, a la entrada de sangre, la cual se encontraba en otro segmento, no saturada, al atravesar este bloque tiene alta magnetización de manera inicial, lo que le brinda una intensidad de señal alta y posteriormente se reconstruye de manera tridimensional con MIP. Estas secuencias son muy susceptibles al plano de orientación del vaso. (26)

Westerlaan y cols. evaluaron la capacidad de diagnóstico y toma de decisiones quirúrgicas basados en la angiotomografía, encontrando que los cirujanos prefieren mantener a la DSA para su planeación, ya que el riesgo de falsos positivos por este artefacto de movimiento vascular es un sesgo importante.

La imagen muestra una angiografía por TOF en un corte axial (izquierda) y en reconstrucción coronal MIP (derecha) en la que se señala un vaso tortuoso (flechas) que de manera inicial se consideró como un AIC, sin embargo, al momento de la cirugía se encontró que solo era un vaso a nivel de la ACM con trayecto tortuoso.

En cuanto a la resonancia magnética no convencional, es decir, secuencias sin contar con angiografía por tiempo de vuelo o contrastada, Caliskan (27) realizó un estudio en el que se puso a prueba en pacientes conocidos con aneurismas intracraneales diagnosticados por angiotomografía previamente.

La detección de los aneurismas se basó en las zonas de defecto de señal por falta de saturación de la señal a nivel de los vasos en secuencias ponderadas en T2

Los autores encontraron 45 pacientes con 57 aneurismas, de los cuales, la resonancia magnética convencional pudo diagnosticar el 79% de los aneurismas (45 aneurismas), siendo esta su sensibilidad, siendo que, en su mayoría de los aneurismas no encontrados, eran menores a 4mm.

Todos los aneurismas encontrados por resonancia magnética eran valorados en promedio 0.8mm menores, y ningún aneurisma se observó de mayor tamaño por resonancia magnética.

La importancia del diagnóstico en esta modalidad, es en protocolos de evaluación abreviados, o centros que no incluyan de manera regular la evaluación con angiografía por tiempo de vuelo en sus resonancias.

### ***Sensibilidad y especificidad.***

De los 40 artículos originales, se encontraron 23 de ellos con metodología similar que ponían de manera comparativa ya sea a la ATC o a la ARM contra la angiografía de sustracción digital, para la calidad diagnóstica de los aneurismas en sospecha de rotura y/o HSA. Se analizaron en

Total 2459 pacientes con 2949 aneurismas y se realizó un pool de sensibilidad y especificidad. Se describen la sensibilidad y especificidad por estudio en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Sensibilidad y especificidad ATC y ARM vs DSA**

Estudio	Angiotomografía		Angioresonancia		Pacientes	Aneurismas	
	Sensibilidad	Especificidad	Sensibilidad	Especificidad			
1	G.Wilms	1	1	1	1	14	14
2	H.Westerlaan			0.649	0.992	133	205
3	C. Kouskouras	0.9	0.5	1	0.5	27	35
4	A. Gouliamos			0.92	1	11	12
5	S. Nijjar	0.82	NA			243	243
6	H. Donmez	0.951	0.941			112	164
7	Y. Feng	0.91	0.667	0.831	0.667	79	92
8	C. Kokkinis	0.979	0.98			148	179
9	O. Rustemi		0.82		0.85	286	317
10	E Teadsale	0.8	0.8	0.71	0.92	117	117
11	P.M. White	0.71	0.88	0.25	1	63	108
12	P.M. White	0.87		0.82		30	63
13	M. El Khaldi	0.988	1			130	133
14	R. Fluss	0.892	1			29	30
15	M. Lenhart	0.98	1			39	51
16	A. MacKinnon	0.952	0.981			105	105
17	L. Philipp	0.707	0.839			401	580
18	C Taschner	1	0.83			21	24
19	T. Vieco	0.87	0.935			22	30
20	Zouaoui	0.973	1			107	129
21	D. Khatri	0.996	1			179	239
22	E.Caliskan			0.79	1	45	57
23	T. Begum	0.818	1	0.9	1	18	22
	<b>TOTAL</b>	0.90084	0.8985	0.787	0.8929	2359	2949

Algunos autores (23,24,26,28,29) otorgaron valores específicos de sensibilidad y especificidad en rangos de medidas de los aneurismas, y si bien, en algunos de ellos los puntos de corte son distintos, se mantuvo que la mayoría de los aneurismas no diagnosticados eran menores a los 3mm de diámetro, tomando este valor, como el punto donde la sensibilidad disminuía de manera considerable para los estudios de imagen seccional. Los aneurismas con diámetros superiores a los 5mm tenían una sensibilidad más alta y cercana a la de la angiografía por sustracción digital. (Cuadro 9)

**Cuadro 9. Sensibilidad y especificidad de ATC y ARM en relación con el tamaño del aneurisma.**

<i>Modality</i>	<i>Size of aneurysm</i>	<i>Sensitivity (95% CI) (TP/TP+FN)</i>	<i>Specificity (95% CI) (TN/TN+FP)</i>
CTA	<3 mm	0.40 (0.19–0.64) (8/20)	0.91 (0.82–0.97) (63/69)
	3–5 mm	0.56 (0.40–0.72) (22/39)	0.88 (0.78–0.94) (63/72)
	5.1–10 mm	0.83 (0.52–0.98) (10/12)	0.98 (0.91–1.00) (63/64)
	>10 mm	1.00 (0.72–1.00) (11/11)	1.00 (0.94–1.00) (63/63)
	All sizes	0.62 (0.51–0.73) (51/82)	0.80 (0.69–0.88) (63/77)
MRA	<3 mm	0.15 (0.03–0.38) (3/20)	0.93 (0.85–0.98) (67/72)
	3–5 mm	0.38 (0.23–0.55) (15/39)	0.99 (0.92–1.00) (67/68)
	5.1–10 mm	0.75 (0.43–0.95) (9/12)	1.00 (0.95–1.00) (67/67)
	>10 mm	0.91 (0.59–1.00) (10/11)	1.00 (0.95–1.00) (67/67)
	All sizes	0.45 (0.34–0.57) (37/82)	0.92 (0.83–0.97) (67/73)

Adaptado de Teadsale



### ***Sensibilidad de acuerdo a la localización del aneurisma***

En un estudio (30) se mostraron los falsos positivos y negativos de la angiorenancia no solo para el valor en tamaño de los aneurismas, sino también en relación con su localización.

En este estudio 72 aneurismas no fueron encontrados en ARM (9% del total), 67 de estos eran aneurismas <3mm de diámetro mayor, 4 entre 5-10mm y 3 fueron >10mm. En su mayoría de los aneurismas no visualizados por ARM se encontraban en la circulación anterior a nivel de la carótida interna. (Cuadro 10).

Los falsos positivos se encontraban de igual manera en la arteria carótida interna y a nivel de la circulación cerebral anterior.

**Cuadro 10. Falsos negativos y Falsos positivos por localización en ARM**

Location	No. of Aneurysms
False-negative intracranial aneurysms	
Internal carotid artery	27
Anterior circulation	
Anterior communicating artery	13
Middle cerebral artery	14
Posterior circulation	
Vertebrobasilar circulation	8
Posterior inferior cerebral artery	3
Posterior communicating artery	2
False-positive intracranial aneurysms	
Internal carotid artery	14
Anterior circulation	
Anterior communicating artery	7
Middle cerebral artery	10
Posterior circulation	
Vertebrobasilar circulation	0
Posterior communicating artery	2

Adaptado de Sailer Et. Al.

Tabla localización de falsos negativos y falsos positivos en estudios de resonancia magnética que posteriormente fueron evaluados por DSA.

## ***Dinámica de flujo y reconstrucciones 3D***

Ren habló de la dinámica computacional de flujo (CFD) (31) En este estudio se evaluó de manera comparativa la reconstrucción de modelos 3D de los 3 tipos de estudios de imagen, si es posible que los programas de reconstrucción computacional pueden hacer el mismo trabajo para determinar la morfología del aneurisma, y a través de está, hacer un modelo de la hidrodinámica, estableciendo en que sitios del aneurisma se cuenta mayor riesgo de rotura, y si alguno de los métodos es mejor para este motivo.

Se realiza primero una imagen en crudo, un modelo 3D, un modelo 3D de bordes suavizados y quitando todas las imágenes que no están conectadas en el modelo al vaso del aneurisma y solo están superpuestas de otros vasos y un último modelo a color que analiza el cambio de diámetros según zonas del vaso y el aneurisma.

Posterior a la recuperación del modelo tridimensional, se procede a realizar las mediciones correspondientes, las mediciones morfológicas (Cuadro 11) y las mediciones hemodinámicas.

**Cuadro 11. Parámetros morfológicos de los aneurismas.**

Parámetro	Abreviatura	Definición
<b>Tamaño</b>	-	La máxima altura perpendicular
<b>Aspect Ratio</b>	AR	Relación entre la altura el y el cuello aneurismático
<b>Diámetro del cuello</b>	NA	Longitud del cuello aneurismático
<b>Diámetro del vaso</b>	PVD	Diámetro del vaso previo al aneurisma
<b>Relación del tamaño</b>	SR	Relación de altura y diámetro del vaso
<b>Ángulo del aneurisma</b>	AA	Ángulo de inclinación del aneurisma en plano con el vaso

Parámetros que se miden en los modelos tridimensionales de cualquier tipo de adquisición.

Estos modelos se compararon sobre si mismos, al solicitar el modelo computacional en 3 ocasiones sobre la misma adquisición, encontrando que había la menor discrepancia entre el mismo modelo (correlación intra-prueba) en los modelos realizados con DSA, y seguido a este, el que tiene mejor correlación y en comparación, es la ATC. (Cuadro 15).

Se observó que el valor que menos varía para ATC en comparación con DSA es el tamaño y el cuello del aneurisma, y que el cuello del aneurisma tenía la variación más grande, hasta de un 40%.

En las diferencias entre ARM y DSA mostró que más parámetros tenían una mayor variación, aunque todo estos eran menores al 30%.

Los modelos también mostraron diferencias en la superficie, al mostrar, aunque no de manera significativa, que el sitio de mayor altura variaba entre reconstrucciones. Se encontró mayor variación en la altura con el modelo de resonancia magnética.

En cuanto a los parámetros hemodinámicos, con los modelos realizados, de igual manera se realizó 3 veces cada modelo, obteniendo la menor varianza entre el mismo estudio realizada con la DSA (correlación intra-prueba), por lo que se tomó como el estándar de oro. Los parámetros de flujo fueron calculados automáticamente por una estación de trabajo especializada Tecplot 360.

Se tomaron en cuenta diversos parámetros hemodinámicos en los modelos tridimensionales explicados en el cuadro 12.

## Cuadro 12. Parámetros hemodinámicos.

Parámetro	Abreviatura	Definición
<b>Low Wall Shear-Stress</b>	LWSS	Porción del aneurisma bajo el estrés cortante de menor presión
<b>Maximum Wall Shear-Stress</b>	MWSS	Máximo estrés cortante dentro del aneurisma en el pico sistólico
<b>Average Wall Shear-Stress</b>	AWSS	Estrés cortante promedio
<b>Average Wall Shear-Stress gradiente</b>	AWSSG	Sitio donde varía más el estrés cortante promedio
<b>Oscilatory shear index</b>	OSI	Cambio de la dirección del estrés cortante durante el ciclo cardíaco
<b>High Oscilatory shear index</b>	HOSI	Cambio más alto de dirección del estrés cortante
<b>Impingement region</b>	IR	Región dentro del aneurisma donde choca el flujo de entrada
<b>Inflow jet size</b>	IJS	Tamaño del jet de entrada del flujo sanguíneo al aneurisma

Parámetros hemodinámicos evaluados en los modelos tridimensionales de los aneurismas intracraneales.

Se realizaron parámetros cuantitativos y se demostraron que su variación entre modelos es relativamente significativa. Especialmente para HOSI y AWSS. En el aneurisma se encontraba el mayor AWSSG en el cuello del aneurisma, esto pudiera ser por el flujo turbulento por el cambio del diámetro entre el vaso y el aneurisma condicionado por el diámetro del cuello.

El WSS tuvo una variación marcada en los otros modelos en comparación con la DSA, la cual fue usada como el estándar de oro en este caso por su fidelidad en la reproductibilidad. La mayor diferencia fue en el sitio del OSI dentro del aneurisma, que comparativamente, el modelo realizado en ATC y ARM fue muy similar.

De igual manera como se analizó el estrés cortante se analizó la velocidad hemodinámica dentro del vaso y aneurisma, demuestra que no cambia significativamente respecto a los diferentes modelos en ninguno de los aneurismas analizados, comparativamente el paca

de color encontró mismas velocidades con una entrada única y flujo turbulento que baja de velocidad en el interior del aneurisma.

En otro de los artículos, Rhode y colaboradores (32) utilizaron además de mediciones con los parámetros morfológicos de los aneurismas, también hicieron reconstrucciones tridimensionales para el análisis en post proceso para evaluar riesgo de rotura y diagnóstico de aneurisma roto. Ellos realizaron un análisis de Fourier, que consiste en un modelo matemático para calcular en un modelo tridimensional, la redondez de un aneurisma, con la intención de predecir estos factores.

Establecieron que una amplitud de Fourier, de manera comparativa con los parámetros morfológicos, se encontraba con mayor irregularidad (menor redondez) y que pudiera asociarse a la rotura del aneurisma, o en control con aneurismas ya rotos, esta amplitud era mayor. Aunque ellos, no encontraron diferencia con los modelos por método de adquisición.

### ***¿Neuroradiólogo u otro observador?***

En otro artículo (33) pusieron a prueba cuál de los tres estudios de imagen tenía mayor sensibilidad y especificidad en relación con el observador. Pusieron esto a prueba de manera en la que tres observadores, un neuroradiólogo con 10 años de experiencia, contra un radiólogo general junior y contra un neurocirujano vascular.

Encontraron que la correlación con los estudios es similar, la DSA es superior y la ATC presentaron sensibilidad y especificidad parecida. El radiólogo y el neurocirujano tuvieron una sensibilidad y especificidad igual. El neuroradiólogo, fue capaz de encontrar mayor cantidad de aneurismas, pero esto no fue considerado estadísticamente significativo.

El gran sesgo de este estudio es que los observadores estaban conscientes de que deben buscar aneurismas, lo que podría ser la causa del aumento de su sensibilidad. A diferencia del médico neuroradiólogo, que evalúa estructuras vasculares neurológicas con cotidianidad.

### ***¿Costo-beneficio?***

Sailer (28) puso a prueba la comparación en medida de costo beneficio, con 75 pacientes con HSA en los cuales se evaluó de manera comparativa con DSA, ARM y ATC tomando como variable de salida de la morbilidad, la mortalidad y la funcionalidad de los pacientes a un año en comparación con el costo de la atención. Se encontró que en múltiples de los aneurismas evaluados por ARM y ATC sub estimaban la capacidad de realizar tratamiento endovascular debido al tamaño del cuello del aneurisma el cual era mejor representado en la DSA y permitía este tratamiento. En todos los casos en los que la ARM y la ATC demostraron un aneurisma no candidato a tratamiento subsecuentemente se le realizó DSA, y que tomando en cuenta los casos que se encontraban capaces de recibir tratamiento endovascular se encontró que el costo promedio (en euros) es aproximadamente de 39.000 € en los pacientes en los cuales se realizó DSA de manera inicial y de hasta 41.000 € en los pacientes en los cuales se realizó ARM, este incremento al costo se le atribuyó a la incapacidad de tratamiento temprano aumentando los días de hospitalización y la mortalidad así como las complicaciones funcionales eran menores en los pacientes en los cuales se evaluó de manera inicial mediante DSA.

### ***Elección del tratamiento endovascular, ¿son los métodos no invasivos suficientes para elegir el abordaje?***

Van de Jagt (34) pusieron esto a prueba de manera en la que realizaron un estudio observacional prospectivo con 111 pacientes con hemorragia subaracnoidea encontrando 80 pacientes con aneurismas intracraneales en estudio de ATC, en base a estos estudios, realizados en tomógrafo de 16 detectores, encontraron que en el 73% de estos (58 pacientes), dos especializas en terapia endovascular neurológica podían planear de manera adecuada el abordaje de terapia endovascular, lo que permitía acceder a la sala de hemodinamia con una estrategia delimitada, y la facilidad del procedimiento.

En los casos en los que no se pudo elegir el abordaje solamente con angiotomografía fue secundario a dudas de la morfología del aneurisma, o sobre si de estos dependía el origen de alguna arteria de menor calibre, que no pudiera delimitarse por la interposición de estructuras, o secundario a vasoespasmo que no permitía una angiotomografía adecuada. En los casos en los que se requirió la realización de angiografía por sustracción digital se consideró que esta fue de utilidad para la elección del tratamiento endovascular en solo 5 pacientes, en los que pasó de no considerarse posible el tratamiento endovascular a considerarlo como estrategia viable.

En solo uno de los casos encontraron a la angiotomografía como una herramienta superior para la elección del tratamiento.

### ***Hemorragia subaracnoidea severa***

En el artículo presentado por Zhao (35), se abordó a pacientes con hemorragia subaracnoidea severa, es decir, con escalas de Hunt y Hess 4 o 5 o de la clasificación de la federación mundial de sociedades neurológicas (WFNS), en los cuales se requirió manejo quirúrgico, esto dictado, ya sea por angiotomografía VS DSA, en medida de las complicaciones (Re-sangrado, infarto, vasoespasmo sintomático, hidrocefalia o meningitis) y en medida de la funcionalidad evaluado por la escala de Rankin modificadas, en dos grupos, uno evaluado con angiotomografía, y otro evaluado con DSA.

Se encontraron complicaciones mayores en 54.8% de los pacientes del grupo evaluado con ATC y 43.2% del grupo evaluado por DSA, y en la escala funcional, en el seguimiento entre 6 y 26 meses, no se encontró diferencias significativas entre ambos grupos.

### ***Riesgos de la DSA***

Se ha establecido un riesgo de complicaciones neurológicas permanentes con la DSA de aproximadamente 0.5%, pero otros estudios reportan aproximadamente un 0.04% a un 0.3%.(20)

La DSA es mala en la detección de trombos intra-saculares y calcificación de la pared del aneurisma, esto debido a que se puede subestimar al momento de la realización del estudio, y la pared calcificada puede ser eliminada por la sustracción digital. Pero de igual manera una calcificación de la pared, puede ser mal diagnosticada como un aneurisma.

Donmez (25) muestra una calcificación de la pared vascular que en la reconstrucción 3D y el MIP se diagnosticó como un aneurisma, sin embargo en la DSA no se visualizó este hallazgo, tomándolo en cuenta como una calcificación aledaña o de la pared vascular que condiciona un falso positivo en ATC.

Clínicamente esto conlleva un riesgo en los pacientes que se seleccionarán para tratamiento quirúrgico, puesto que, si presentan cualquiera de estas dos complicaciones, el riesgo quirúrgico es más alto, al clipar un aneurisma calcificado tiene más riesgo de romperse, y al realizar el mismo tratamiento, un trombo puede desprenderse causando isquemia en un segmento más adelante.

### ***HSA angiográficamente negativa***

Aproximadamente 15-20% de las HSA espontáneas son angiográficamente negativas ante cualquier método de imagen(20), puede ocurrir en múltiples patrones, como los ganglios basales y valle silviano (que es el más común para cualquier HSA), perimesencefálico con hemorragia en las cisternas crural, Amiens y cuadrigeminal, hemorragia cortical o intraventricular. En las ocasiones que no se dilucida el origen de la hemorragia se considera de origen subaracnoideo o cortical venoso.

Los pacientes que tienen una HSA angiográficamente negativa son lo que tienen el riesgo más bajo de recurrencia de aneurismas, aunque algunos autores lo ponen entre 4.7 y 8.6%



## **¿Es conveniente repetir algún estudio de imagen posterior a un resultado negativo?**

Hashimoto y colaboradores (22) analizaron esto de manera concreta en pacientes que ya tenían DSA negativa y ATC negativa, pero consideraron que realizar una DSA podría considerarse como un riesgo alto, por lo que decidieron realizar una segunda ATC 72 horas posterior al inicio del cuadro de la HSA a 21 pacientes en los que los dos estudios inicialmente no demostraron ningún aneurisma encontrando en ATC 15 aneurismas no detectados dentro de la primera evaluación por imagen.

Este artículo presenta la posibilidad de la ATC como una herramienta válida para las HSA negativas a angiografía de manera inicial para evitar una segunda angiografía, sin embargo, los autores reconocen que no pueden ciertamente establecer porque no se hallan diagnosticado aneurismas en las primeras horas del cuadro, dejando la puerta abierta a teorías como que pueda ser por vasoespasma más que por la calidad de la 2ª ATC, puesto que se corroboraron estos aneurismas de 2ª ATC con una 2ª DSA.

En el resto de pacientes revelaron aneurismas a nivel del sistema vertebro-basilar, algunos de ellos de tipo fusiforme que se consideró, no fueron diagnósticos de manera inicial, hasta post-mortem secundario a extenso vasoespasma que no permitió su hallazgo.

De acuerdo a Rustemi (36) se evaluó de manera contraria, en la que se buscaba el número de falsos positivos, esto, realizando DSA a todos los pacientes en los que previamente se realizó ATC o ARM y se diagnosticaron aneurismas intracraneales no rotos. Se encontró que de un pool 1395 pacientes con ATC o ARM, se encontraron aneurismas en 286 pacientes (120 evaluados por ATC y 171 por ARM) la angiotomografía presentó un 15% de falsos positivos (22/120) y la angioresonancia 18% de falsos positivos (22/171). Aunque por las características de la búsqueda inversa de falsos positivos, puede tener un sesgo de aumento de la cantidad de estos.

Todos los falsos positivos fueron encontrados en lo que se sospechó como aneurismas <4mm, y que al momento de realizar la DSA se encontró que eran loops vasculares o artefactos óseos.

Como hallazgos secundarios en este artículo, se encontró una desproporción estadísticamente significativa en el sexo de los pacientes con AIC, siendo 74.8% de las pacientes eran mujeres, que si bien concuerda con el resto de estudios que suele haber una mayor proporción de mujeres, en este caso fue elevado.

De igual manera se evaluó que los pacientes que tenían aneurismas sintomáticos, fueron todos los que se encontraban dentro de la circulación anterior, pero no se encontró una diferencia estadística en falsos positivos en aneurismas de circulación anterior o posterior.

### ***Otras causas de hemorragia subaracnoidea***

En algunas ocasiones la causa de los síntomas o hemorragia subaracnoidea se encontraba en otra causa distinta a los aneurismas, los principales fueron tumores o malformaciones arteriovenosas, ambos pudiendo ser visualizados por todos los métodos de estudio, pero los tumores tuvieron una mejor caracterización por RM y las MAV por DSA como la encontrada por Kokkinis cols. (37)

## DISCUSIÓN

Los hallazgos encontrados en esta revisión sistemática concuerdan con la mayoría de la literatura donde se sigue poniendo a la angiografía por sustracción digital como el estándar de oro para la evaluación, diagnóstico y predicción de rotura de los aneurismas intracraneales.

Se encontró una sensibilidad y una especificidad para la angiotomografía y la angiografía por resonancia magnética similares a las reportadas en la literatura que otorgan un valor mayor a la ATC sobre la ARM pero que no es significativo entre ellas, igual a lo reportado en la literatura.

La calidad de los modelos tridimensionales sigue siendo mejor realizada por angiografía pero esto no fue significativo en comparación con la mayoría de los parámetros en los otros modelos salvo el tamaño del cuello del aneurisma hallazgo que concuerda con lo encontrado en la literatura y siendo este factor el que limita a los especialistas en terapia endovascular neurológica a la elección del tratamiento puesto que esto puede ser la diferencia entre elegir la terapia endovascular o el equipaje quirúrgico.

Similar al encontrado en la literatura, la angioresonancia tiene un falso negativo más alto que el resto de los estudios por las características de su adquisición, así como tener el sesgo que los parámetros morfológicos de los aneurismas tienden a ser su estimados por este método de imagen, hallazgo ya reportado.

Concordando con lo previamente descrito el médico neuroradiólogo aumenta la sensibilidad y especificidad del diagnóstico de estas herramientas sin embargo a diferencia de la literatura esto no es significativo sin embargo esto tiene el sesgo previamente mencionado que los observadores tenían la tarea de encontrar aneurismas.

Se encontró que los estudios de ARM y ATC tienen una adecuada calidad para el seguimiento de los pacientes con aneurismas ya conocidos lo cual concuerda con lo descrito.

## **LIMITACIONES Y/ NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones encontradas fueron principalmente en la gran variedad en la metodología de los estudios originales, ya que, a pesar de poner a prueba la sensibilidad y especificidad en la detección de aneurismas intracraneales pequeños y la medición de parámetros morfológicos en modelos tridimensionales, ya sea para medición de parámetros hemodinámicos o elección del tratamiento, quirúrgico o endovascular, todos los artículos originales tenían una variación en la metodología, principalmente en el protocolo de realización de los estudios de imagen.

Ya sea en el momento de la elección del análisis con DSA, pero también en la calidad de los estudios de angiotomografía y angioresonancia.

En otros casos es complicado que centros de investigación u hospitales, cuenten con todos los estudios de imagen necesarios para comparar las 3 pruebas.

Otra limitante fue al momento de la selección de la población, al ser en su mayoría, pacientes con diagnóstico al momento de rotura y no antes, ya que el diagnóstico previo a esa es raro, o incidental, limita a la evaluación de las condiciones morfológicas de los aneurismas.

Es importante realizar nuevos estudios en Latinoamérica, ya que esta población esta subrepresentada, así como realizar mayor cantidad de estudios en los que su metodología sea prospectiva y en la que se incluya, de manera inicial, los 3 métodos de imagen.

## CONCLUSIONES

La DSA se mantiene como el estándar de oro para el análisis morfológico, detección de aneurismas pequeños y realización de modelos tridimensionales en angiografías para aneurismas intracraneales.

La resonancia magnética y la tomografía progresivamente han ganado terreno en el diagnóstico de esta patología debido a su mayor perfil de seguridad y su bajo costo sin embargo aún no alcanza la sensibilidad y especificidad de la DSA.

Los estudios de angiografía por resonancia magnética y angiotomografía pueden ser una manera adecuada de analizar a los pacientes conocidos con aneurismas intracraneales en los cuales se pretende dar un seguimiento sin realizar de manera inicial un tratamiento quirúrgico o endovascular de manera inicial, debido a la menor dosis de radiación impuesta al paciente o su posible realización sin necesidad de uso de medios de contraste (angioresonancia), menor costo, menor necesidad de capital humano altamente especializado para la realización de la angiografía o de centros altamente especializado que cuenta con salas de hemodinamia con la capacidad de realización de angiografía tridimensional.

La sensibilidad y especificidad de los estudios seccionales no invasivos ha aumentado considerablemente desde sus inicios esto debido a los avances en la tecnología y que podría esperarse siga en aumento debido a la progresión en la tecnología de los estudios de imagen como lo son el aumento en la cantidad de detectores en la tomografía, mejores medios de contraste, aumento en los campos magnéticos de resonancia magnética, el uso de angioresonancia contrastada y las mejoras en las estaciones de trabajo para las reconstrucciones tridimensionales.

En los centros donde realizar una DSA no resulta una estrategia complicada, no sólo será el estándar de oro sino también mantiene una mayor calidad y menor costo en la atención debido a la detección temprana de los aneurismas y sus factores de riesgo

predisponentes de rotura ya que se evitan días de estancia intrahospitalaria y se realiza un tratamiento más temprano con menor riesgo de complicaciones.

No resulta sencillo estandarizar los protocolos de estudio por imagen de los presentes con hemorragia subaracnoidea debido a las diversas condiciones no sólo poblacionales sino también en la calidad de los estudios de imagen en diversos centros ya que múltiples instituciones cuentan con una cantidad de recursos de manera distinta ya sea enfocados a un panorama general o a una población distinta a la evaluada en este estudio (hospitales generales y centros de tercer nivel no neurológicos) lo que conlleva una gran heterogeneidad en los abordajes diagnósticos.

Los modelos tridimensionales realizados con cualquiera de los tres tipos estudio pueden llegar a ser de utilidad para medir parámetros morfológicos y hemodinámicos de los aneurismas, sin embargo, la DSA se mantiene como la que tiene mejor correlación.

Se puede mejorar la sensibilidad y especificidad de las pruebas diagnósticas dependiendo del operador que realiza la evaluación siendo el médico neuroradiólogo quien mantiene la mejor calidad diagnóstica.

No puede establecer un protocolo de actuar único en los pacientes con sospecha de aneurisma intracraneal, hemorragia subaracnoidea o síntomas neurológicos asociados a la compresión por aneurismas intracraneales. Los autores sugieren que se individualicen los protocolos en las diversas instituciones en relación con la población y las características de los equipos de imagen con los que estos cuenten.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Vlak MH, Algra A, Brandenburg R, Rinkel GJ. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* el 1 de julio de 2011;10(7):626-36.
2. Etminan N, Chang HS, Hackenberg K, de Rooij NK, Vergouwen MDI, Rinkel GJE, et al. Worldwide Incidence of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage According to Region, Time Period, Blood Pressure, and Smoking Prevalence in the Population. *JAMA Neurol.* mayo de 2019;76(5):588-97.
3. Nieuwkamp DJ, Setz LE, Algra A, Linn FH, Rooij NK de, Rinkel GJ. Changes in case fatality of aneurysmal subarachnoid haemorrhage over time, according to age, sex, and region: a meta-analysis. *Lancet Neurol.* el 1 de julio de 2009;8(7):635-42.
4. Gijn J van, Kerr RS, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage. *The Lancet.* el 27 de enero de 2007;369(9558):306-18.
5. Ajiboye N, Chalouhi N, Starke RM, Zanaty M, Bell R. Unruptured Cerebral Aneurysms: Evaluation and Management. *Sci World J.* 2015;2015:954954.
6. Yoon NK, McNally S, Taussky P, Park MS. Imaging of cerebral aneurysms: a clinical perspective. *Neurovascular Imaging.* diciembre de 2016;2(1):6.
7. Shen Y, Molenberg R, Bokkers RPH, Wei Y, Uyttenboogaart M, van Dijk JMC. The Role of Hemodynamics through the Circle of Willis in the Development of Intracranial Aneurysm: A Systematic Review of Numerical Models. *J Pers Med.* junio de 2022;12(6):1008.
8. Wiebers DO. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *The Lancet.* julio de 2003;362(9378):103-10.
9. UCAS Japan Investigators, Morita A, Kirino T, Hashi K, Aoki N, Fukuhara S, et al. The natural course of unruptured cerebral aneurysms in a Japanese cohort. *N Engl J Med.* el 28 de junio de 2012;366(26):2474-82.
10. Aneurysm Growth Occurs at Region of Low Wall Shear Stress [Internet]. [citado el 23 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/epub/10.1161/STROKEAHA.108.521617>
11. PHASES Score for the Management of Intracranial Aneurysm [Internet]. [citado el 23 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/epub/10.1161/STROKEAHA.117.017391>

12. Dammert S, Krings T, Moller-Hartmann W, Ueffing E, Hans FJ, Willmes K, et al. Detection of intracranial aneurysms with multislice CT: comparison with conventional angiography. *Neuroradiology* [Internet]. junio de 2004 [citado el 28 de julio de 2022];46(6). Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00234-003-1155-1>
13. Inagawa T, Kamiya K, Ogasawara H, Yano T. Rebleeding of ruptured intracranial aneurysms in the acute stage. *Surg Neurol*. agosto de 1987;28(2):93-9.
14. Boesiger BM, Shiber JR. Subarachnoid hemorrhage diagnosis by computed tomography and lumbar puncture: Are fifth generation CT scanners better at identifying subarachnoid hemorrhage? *J Emerg Med*. julio de 2005;29(1):23-7.
15. Perry JJ, Stiell IG, Sivilotti MLA, Bullard MJ, Émond M, Symington C, et al. Sensitivity of computed tomography performed within six hours of onset of headache for diagnosis of subarachnoid haemorrhage: prospective cohort study. *BMJ*. el 18 de julio de 2011;343:d4277.
16. McCormack RF, Hutson A. Can computed tomography angiography of the brain replace lumbar puncture in the evaluation of acute-onset headache after a negative noncontrast cranial computed tomography scan? *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. abril de 2010;17(4):444-51.
17. Diagnosing Intracranial Aneurysms With MR Angiography [Internet]. [citado el 23 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/epub/10.1161/STROKEAHA.113.003133>
18. Juchler N, Schilling S, Bijlenga P, Kurtcuoglu V, Hirsch S. Shape Trumps Size: Image-Based Morphological Analysis Reveals That the 3D Shape Discriminates Intracranial Aneurysm Disease Status Better Than Aneurysm Size. *Front Neurol* [Internet]. 2022 [citado el 29 de julio de 2022];13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2022.809391>
19. Murayama Y, Takao H, Ishibashi T, Saguchi T, Ebara M, Yuki I, et al. Risk Analysis of Unruptured Intracranial Aneurysms: Prospective 10-Year Cohort Study. *Stroke*. 2016;47(2):365-71.
20. Howard BM, Hu R, Barrow JW, Barrow DL. Comprehensive review of imaging of intracranial aneurysms and angiographically negative subarachnoid hemorrhage. [Review]. *Neurosurg Focus*. 2019;47(6).
21. de Oliveira Manoel AL, Mansur A, Murphy A, Turkel-Parrella D, Macdonald M, Macdonald RL, et al. Aneurysmal subarachnoid haemorrhage from a neuroimaging perspective. *Crit Care*. diciembre de 2014;18(6):557.
22. Hashimoto H, Iida J, Hironaka Y, Okada M, Sakaki T. Use of spiral computerized tomography angiography in patients with subarachnoid hemorrhage in whom



subtraction angiography did not reveal cerebral aneurysms. *J Neurosurg.* 2000;92(2):278-83.

23. Feng Y, Shu SJ. Diagnostic Value of Low-Dose 256-Slice Spiral CT Angiography, MR Angiography, and 3D-DSA in Cerebral Aneurysms. *Dis Markers.* 2020;2020(dim, 8604127):8536471.
24. Romijn M, Gratama van Andel HAF, van Walderveen MA, Sprengers ME, van Rijn JC, van Rooij WJ, et al. Diagnostic accuracy of CT angiography with matched mask bone elimination for detection of intracranial aneurysms: comparison with digital subtraction angiography and 3D rotational angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008;29(1):134-9.
25. Donmez H, Serifov E, Kahriman G, Mavili E, Durak AC, Menku A. Comparison of 16-row multislice CT angiography with conventional angiography for detection and evaluation of intracranial aneurysms. *Eur J Radiol.* 2011;80(2):455-61.
26. Westerlaan HE, van der Vliet AM, Hew JM, Metzemaekers JDM, Mooij JJA, Oudkerk M. Magnetic resonance angiography in the selection of patients suitable for neurosurgical intervention of ruptured intracranial aneurysms. *Neuroradiology.* noviembre de 2004;46(11):867-75.
27. Caliskan E, Pekcevik Y, Kaya A. Can we evaluate cranial aneurysms on conventional brain magnetic resonance imaging? *J Neurosci Rural Pract.* enero de 2016;7(1):83-6.
28. Sailer AMH, Grutters JP, Wildberger JE, Hofman PA, Wilmink JT, van Zwam WH. Cost-effectiveness of CTA, MRA and DSA in patients with non-traumatic subarachnoid haemorrhage. *Insights Imaging.* agosto de 2013;4(4):499-507.
29. White PM, Teasdale EM, Wardlaw JM, Easton V. Intracranial aneurysms: CT angiography and MR angiography for detection prospective blinded comparison in a large patient cohort. *Radiology.* 2001;219(3):739-49.
30. Sailer AMH, Wagemans BAJM, Nelemans PJ, de Graaf R, van Zwam WH. Diagnosing intracranial aneurysms with MR angiography: systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2014;45(1):119-26.
31. Ren Y, Chen GZ, Liu Z, Cai Y, Lu GM, Li ZY. Reproducibility of image-based computational models of intracranial aneurysm: a comparison between 3D rotational angiography, CT angiography and MR angiography. *Biomed Eng OnLine.* diciembre de 2016;15(1):50.
32. Rohde S, Lahmann K, Beck J, Nafe R, Yan B, Raabe A, et al. Fourier analysis of intracranial aneurysms: towards an objective and quantitative evaluation of the shape of aneurysms. *Neuroradiology.* febrero de 2005;47(2):121-6.

33. White P, Wardlaw J, Lindsay K, Sloss S, Patel D, Teasdale E. The non-invasive detection of intracranial aneurysms: are neuroradiologists any better than other observers?. *Eur Radiol.* 2003;13(2):389-96.
34. van der Jagt M, Flach HZ, Tanghe HLJ, Bakker SLM, Hunink MGM, Koudstaal PJ, et al. Assessment of feasibility of endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms with 16-detector row CT angiography. *Cerebrovasc Dis.* septiembre de 2008;26(5):482-8.
35. Zhao B, Lin F, Wu J, Zheng K, Tan X, Cao Y, et al. A Multicenter Analysis of Computed Tomography Angiography Alone Versus Digital Subtraction Angiography for the Surgical Treatment of Poor-Grade Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *World Neurosurg.* abril de 2016;91:106-11.
36. Rustemi O, Alaraj A, Shakur SF, Orning JL, Du X, Aletich VA, et al. Detection of unruptured intracranial aneurysms on noninvasive imaging. Is there still a role for digital subtraction angiography?. *Surg Neurol Int.* 2015;6(101535836):175.
37. Kokkinis C, Vlychou M, Zavras GM, Hadjigeorgiou GM, Papadimitriou A, Fezoulidis IV. The role of 3D-computed tomography angiography (3D-CTA) in investigation of spontaneous subarachnoid haemorrhage: comparison with digital subtraction angiography (DSA) and surgical findings. *Br J Neurosurg.* 2008;22(1):71-8.

## ANEXO 1. EVALUACIÓN OPMER

# OPMER

Guía metodológica para el análisis de la literatura médica



Dr. Mauricio Pierdant-Pérez

I

### Objetivo

Puntaje máximo: 4 puntos

Determinante	Significado	Puntaje
<b>Patología/Pacientes/fenómeno a estudiar</b>	¿El objetivo describe de forma adecuada a los pacientes, su patología y la condición clínica en estudio?	
Variable de salida y su medición	¿Se describe de forma adecuada la variable de resultado y se especifica cómo será medida?	
Acción del objetivo	¿El verbo del objetivo permite distinguir el tipo de diseño metodológico?	

II

### Población

Puntaje máximo: 4 puntos

Determinante	Significado	Puntaje
Obtención de la población a estudiar	¿Existe una explicación y se justifica la obtención de la muestra en relación al universo de estudio?	
Criterios de selección	¿Se describen de forma adecuada los criterios de inclusión, no inclusión, y en su caso eliminación, de la muestra?	
<b>Cálculo del tamaño muestral</b>	En caso de ser necesario, ¿se describen de forma adecuada los parámetros y la fórmula para calcular el número de pacientes o de repeticiones requeridas?	

III

### Metodología

Puntaje máximo: 4 puntos

Determinante	Significado	Puntaje
Variables y su escala de medición	¿Se describen de forma adecuada las variables y la manera en cómo se medirán?	
<b>Calidad de la medición de las variables</b>	¿Se describen de forma adecuada las evaluaciones de repetibilidad inter e intraobservador para las diferentes variables (Kappa, coeficientes de correlación intraclass y límites de Bland y Altman) ?	
Control de sesgos	¿Se describen de forma adecuada los métodos de aleatorización, de regresión o de ajuste de variables utilizados?	

IV

### Estadística

Puntaje máximo: 4 puntos

Determinante	Significado	Puntaje
Normalidad de los datos	¿Se describe de forma adecuada el análisis de la normalidad, o en su caso, el uso de análisis no paramétricos?	
<b>Concordancia de los métodos estadísticos con el objetivo</b>	¿Existe coherencia entre el objetivo (diseño) y las pruebas estadísticas utilizadas?	
Planteamiento de modelos para el control de confusores	En caso de requerir control de confusores, ¿se describen de forma adecuada los modelos de regresión empleados y su utilidad para contestar el objetivo y controlar la confusión de las covariables?	

V

### Resultados

Puntaje máximo: 4 puntos

Determinante	Significado	Puntaje
<b>Estimador y medición de la precisión</b>	¿Se describe de forma adecuada la diferencia entre los grupos en comparación y se agregan intervalos de confianza?	
Adecuada representación gráfica de los resultados	¿Las gráficas y los cuadros incluidos permiten una fácil interpretación de las características y de las diferencias encontradas; incluyen límites de confianza?	
Concordancia de los resultados con el objetivo	¿La descripción de los resultados resuelven de forma coherente las preguntas y los objetivos planteados en el estudio?	

Para el adecuado llenado de esta guía, se recomienda consultar el manual operativo de la guía OPMER.

PUNTAJE  
TOTAL:

--

## ANEXO 2. NIVEL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN SISTEMA GRADE

**Tabla 2 – Sistema GRADE: Significado de los 4 niveles de evidencia**

Niveles de calidad	Definición actual
Alto	Alta confianza en la coincidencia entre el efecto real y el estimado
Moderado	Moderada confianza en la estimación del efecto. Hay posibilidad de que el efecto real esté alejado del efecto estimado
Bajo	Confianza limitada en la estimación del efecto. El efecto real puede estar lejos del estimado
Muy bajo	Poca confianza en el efecto estimado. El efecto verdadero muy probablemente sea diferente del estimado

**Tabla 3 – Clasificación del nivel de evidencia según el sistema GRADE**

Tipo de estudio	Nivel de calidad a priori	Desciende si	Sube si	Nivel de calidad a posteriori
Estudios aleatorizados	Alta	Riesgo de sesgo –1 importante –2 muy importante	Efecto +1 grande +2 muy grande	Alta
		Inconsistencia –1 importante –2 muy importante	Dosis-respuesta +1 gradiente evidente	
Estudios observacionales	Baja	No evidencia directa –1 importante –2 muy importante	Todos los factores de confusión: +1 reducirían el efecto observado +1 sugerirían un efecto espurio si no hay efecto observado	Baja
		Imprecisión –1 importante –2 muy importante Sesgo de publicación –1 probable –2 muy probable		Muy baja

