

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD  
DE MEDICINA**



**“USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA DETERMINAR VOLUMEN Y  
DIÁMETRO DE ANEURISMAS INTRACRANEALES UTILIZANDO  
ANGIORESONANCIA MAGNÉTICA (MRA) COMPARADO CON  
ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL EN EL  
HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”**

**POR**

**YOHANA SARAHI MATEO CAMACHO**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
SUBESPECIALISTA EN NEURORRADIOLOGÍA**

**MARZO 2024**

**“USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA DETERMINAR VOLUMEN DE ANEURISMAS INTRACRANEALES UTILIZANDO ANGIORESONANCIA MAGNÉTICA (MRA) COMPARADO CON ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”**

**Aprobación de la tesis:**



---

**Dra. Mariana Mercado Flores**  
Director de tesis y Profesor titular del  
programa en Neurroradiología



---

**Dra. Med. Yazmín Aseret Ramírez Galván**  
Coordinador de Enseñanza e Investigación



---

**Dr. Alberto Montemayor Martínez**  
Jefe de Departamento de Radiología e Imagen



---

**Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez**  
Subdirector de Estudios de Posgrado

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, gracias por su apoyo en mi educación y crecimiento profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
Capítulo I	
1. RESUMEN. . . . .	8
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN. . . . .	9
Capítulo III	
3. HIPÓTESIS. . . . .	16
Capítulo IV	
4. OBJETIVOS. . . . .	17
Capítulo V	
5. MATERIAL Y MÉTODOS. . . . .	17
Capítulo VI	
6. RESULTADOS. . . . .	23
Capítulo VII	
7. DISCUSIÓN. . . . .	26
Capítulo VIII	
8. CONCLUSIÓN. . . . .	27
Capítulo IX	
9. BIBLIOGRAFÍA. . . . .	27
Capítulo X	
10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO . . . . .	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Tamaño de muestra .....	18
2. Tabla de variables.....	21
3. Comparación pacientes .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Fórmula para calcular el volumen aneurismático por angiografía.....	13
2. Ejemplo de reporte automatizado Mdbrain .....	14
3. Aneurisma disecante .....	25
4. Artefacto de aliasing.....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS

- 1) **ASD:** angiografía por sustracción digital
- 2) **HSA:** hemorragia subaracnoidea
- 3) **VA:** volumen aneurismático
- 4) **DA:** diámetro aneurismático
- 5) **NAC:** número de aneurismas cerebrales
- 6) **CT:** Tomografía computarizada
- 7) **MR:** Resonancia magnética
- 8) **CTA:** Angiografía por tomografía computarizada
- 9) **MRA:** Angiografía por resonancia magnética
- 10) **TOF-MRA:** Time of flying
- 11) **PACS:** Picture Archiving and Communication System (Sistema de almacenamiento y distribución de imagen)
- 12) **SIAH:** Sistema integral de administración hospitalaria
- 13) **EVC:** Evento vascular cerebral
- 14) **IA:** Inteligencia artificial
- 15) **VER:** índice de embolización-volumen

## CAPITULO I

### 1. RESUMEN

**Introducción:** Los aneurismas intracraneales representan un significativo desafío para la salud pública, siendo la principal causa de hemorragia subaracnoidea no relacionada con traumas. Es crucial diagnosticar y tratarlos de manera oportuna para reducir sus efectos adversos. Aunque la angiografía diagnóstica es el estándar de oro para su detección, es invasiva y con riesgo de complicaciones. La valoración tradicional de aneurismas cerebrales de manera visual por médicos radiólogos, neurorradiólogos, neurólogos y/o neurocirujanos es demorada y sujeta a errores por omisión o inexperiencia. El uso de inteligencia artificial ha incrementado la detección de aneurismas cerebrales, brindando información adicional de manera automatizada como el volumen aneurismático, sin embargo, aun no existen estudios que prueben la validez y correlación de dichas medidas comparando con el método tradicional mediante medición manual en angiografía por sustracción digital.

**Objetivo:** el propósito de este estudio es evaluar la validez de la inteligencia artificial, a través del software Mediare Mdbrain en la medición del diámetro y volumen de los aneurismas cerebrales, comparándolos con angiografía, en pacientes tratados en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" durante el periodo del 01 de enero de 2021 al 30 de noviembre de 2023.

**Material y Métodos:** estudio observacional, retrospectivo, unicéntrico, con muestreo por conveniencia de a todos los pacientes a los que se les haya realizado una angiografía diagnóstica con sustracción digital con el diagnóstico de aneurisma entre el 01 de enero de 2021 al 30 de noviembre del 2023

**Resultados:** fueron 44 pacientes con diagnóstico de aneurisma, de los cuales 31 correspondieron a mujeres y 13 hombres. Solamente 3 pacientes cumplieron con los criterios de exclusión e inclusión (IC mínimo 0.0046, CI máximo 0.2132). Aún es necesario realizar más investigaciones al respecto para saber si el software es confiable y mejora los tiempos de lectura. En nuestro caso podemos mencionar que el software puede ser vulnerable a cometer errores cuando hay sangrado, disección o artefactos.



## CAPITULO II

### 2. INTRODUCCIÓN

Los aneurismas intracraneales no rotos tienen prevalencia entre el 3% y el 7% de la población general (1). Los aneurismas son un importante problema de salud pública, ya que representan la primera causa de hemorragia subaracnoidea no traumática, con una tasa de mortalidad del 44%. En caso de que el paciente no muera, su capacidad para ser independiente se ve seriamente afectada. La mayoría de los aneurismas intracraneales son de tipo sacular.

La identificación temprana de aneurismas brinda la oportunidad de calcular el riesgo de ruptura para ofrecer el mejor tratamiento, ya sea endovascular o quirúrgico; con el objetivo de mejorar el pronóstico.

El estándar de oro para el diagnóstico de los aneurismas cerebrales es la angiografía diagnóstica, pero se trata de una técnica invasiva y potencialmente complicable. Existen técnicas menos invasivas para el diagnóstico, como la angiografía por tomografía computada (CTA) y angiografía por resonancia magnética (MRA), que permiten valorar el número y las características de los aneurismas. Gracias a la implementación de software para imágenes médicas utilizando inteligencia artificial, la adquisición y postproceso de estudios de imagen se ha vuelto más sofisticados.

En nuestra institución contamos con el software comercializable Mdbrian (Mediaire) diseñado para ayudar a los radiólogos cuando reportan estudios de imagen por resonancia magnética basado en la secuencia TOF-MRA, además de detectar número de aneurismas brinda información automatizada a cerca del volumen, medidas que son relevantes para elegir el mejor método de tratamiento.

La detección de aneurismas mediante inteligencia artificial (IA) se ha descrito como un enfoque principal en el campo de la neurointervención, pero no ha habido una revisión sistemática exhaustiva o un metaanálisis de estudios relevantes para evaluar su validez para determinar el volumen de los aneurismas.

### **Antecedentes**

Los aneurismas intracraneales son dilataciones patológicas focales de las arterias cerebrales. La patogénesis aún no es completamente comprendida, pero las hipótesis más aceptadas son el resultado de una combinación entre estrés hemodinámico y cambios degenerativos adquiridos que afectan la pared arterial.

Existen diferentes formas de clasificar los aneurismas intracraneales, puede ser por su forma, tamaño, ubicación o causa. La mayoría de los aneurismas intracraneales son aneurismas saculares, pero existen otros tipos mucho más raros tales como los aneurismas disecantes, fusiformes, infecciosos, traumáticos y micóticos (1).

Los aneurismas son patologías comunes con una prevalencia estimada del 3,2% de la población general, pero pueden ser mayores entre las mujeres, los ancianos, pacientes con antecedentes familiares de aneurismas, condiciones genéticas como Marfan, Ehlers-Danlos, neurofibromatosis, entre otros; fumadores y personas con hipertensión arterial sistémica (1).

Usualmente se originan a nivel de las bifurcaciones arteriales, regularmente en la convexidad de alguna curva, con una orientación que apunta hacia donde el flujo iría en caso de que no hubiera pared.

Los aneurismas intracraneales saculares se componen de una pared delgada conectada a la pared del vaso madre por un orificio de tamaño variable llamado cuello.

### **Presentación clínica**

Los síntomas de un aneurisma cerebral pueden variar según el tipo. El síntoma más común es cefalea, pero también puede incluir una variedad de otros signos de un aneurisma cerebral, como cambios en la visión, entumecimiento de la cabeza, dolor encima o detrás de los ojos y dolor de cuello.

La ruptura de la pared de los aneurismas resulta principalmente en una hemorragia subaracnoidea (HSA), que los pacientes experimentan como "el peor dolor de cabeza de la vida (2). Dicha ruptura puede ser espontánea (no traumática) o secundaria a trauma.

El riesgo de ruptura anual es del 0.95% y se asocia a alto riesgo de mortalidad<sup>i</sup>

### **Diagnóstico de imagen**

La modalidad de imagen de referencia para detectar aneurismas cerebrales es la angiografía por sustracción digital (DSA) (3). Se trata de un método invasivo que consiste en la mayoría de los casos en canalizar la arteria femoral a nivel de la región inguinal derecha.

Otro método de imagen para el diagnóstico de aneurismas son las angiotomografías y las angiografías por resonancia magnética. CTA y TOF-MRA son técnicas de detección ampliamente disponibles. Sin embargo, a menudo se pasan por alto aneurismas muy pequeños (3).

### **Inteligencia artificial en imagenología diagnóstica:**

El uso de software de inteligencia artificial ha incrementado la sensibilidad para la detección de aneurismas y puede brindar más información como por ejemplo medidas de volumen y/o diámetro.

Mdbrain (Mediaire) es una solución de software disponible comercialmente con la marca CE que ha sido diseñada para ayudar a los radiólogos a la hora de generar imágenes de resonancia magnética del cerebro. En el Hospital Universitario contamos con una versión de Mdbrain diseñada para detectar automáticamente en imágenes TOF-MRA así como proporcionar diámetro y volumen aneurismático.

### **Tratamiento y complicaciones postratamiento**

El tratamiento puede ser embolización endovascular o cirugía abierta, ambos tienen riesgo de 3-10% de evento vascular cerebral o muerte, y pueden no eliminar el riesgo de ruptura (4).

El tratamiento endovascular puede realizarse con embolización introduciendo un dispositivo llamado coil (espiral) o stents para coagular y cerrar el aneurisma. O con cirugía convencional para colocación de clip en el cuello del aneurisma para cerrar la conexión entre el aneurisma y la arteria. Otros métodos de tratamiento incluyen radioterapia o manejo expectante. El tratamiento óptimo depende de la situación individual del paciente.

La identificación temprana de aneurismas brinda la oportunidad de que expertos estratifiquen el riesgo de ruptura para permitir acelerar el curso óptimo de manejo con el objetivo de mejorar los resultados.

### **Marco referencial**

Hay dos indicaciones comunes en las que se requiere la detección precisa de aneurismas cerebrales. Uno es el seguimiento de una SAH, donde es necesario detectar la rotura del aneurisma. Otra es cuando un aneurisma no roto es un hallazgo incidental.

Hasta un 10-15% de los aneurismas pueden ser pasados por alto durante la valoración inicial, por lo que el uso de inteligencia artificial ha aumentado su uso en tiempos recientes.

Tradicionalmente las dimensiones de los aneurismas se miden en estudios 2D, principalmente con angiografía con sustracción digital, donde el volumen del aneurisma se obtiene utilizando tres diámetros (alto, largo y ancho) bajo el supuesto de que el aneurisma tiene un cuerpo elipsoidal, la fórmula convencionalmente usada es:

$$V=4/3 \pi(A/2)(B/2)(C/2),$$

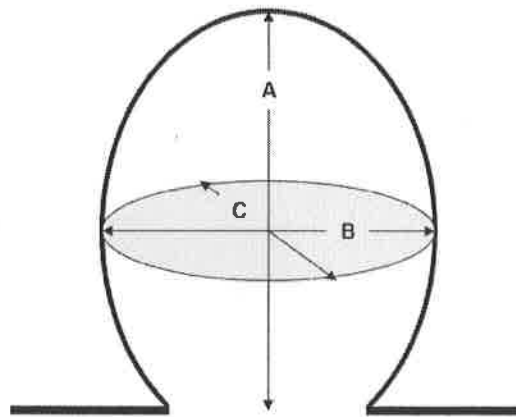


Figura 1. Fórmula para calcular el volumen aneurismático por angiografía.

El análisis de imágenes de diagnóstico de aneurismas cerebrales no rotos mediante inteligencia artificial tiene una sensibilidad muy alta, reportada en algunas series como mayor al 90% (3). Sohn y Cols(5) informaron sobre el rendimiento diagnóstico mejorado de un neurólogo, un neurocirujano y un radiólogo para la detección de aneurismas cerebrales mediante TOF-MRA cuando estaba respaldado por un software de IA en comparación con su rendimiento diagnóstico sin el soporte del software. Sin embargo, la generalización de estos estudios requiere una mayor validación.

Numerosos investigadores han estado explorando la capacidad de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje profundo (DL) en el campo de la detección de aneurismas, la predicción de roturas y también la mejora del flujo de trabajo. La IA puede realizar tareas como

reconocimiento de patrones, identificación de objetos y resolución de problemas con inteligencia similar a la humana (6).

Existen numerosas plataformas para identificación automática de aneurismas. En nuestra institución contamos con el software de Medialire mdbrain para detección de aneurismas, que realiza análisis de las secuencias nativas de resonancia magnética de TOF y realiza evaluación del número, volumen y diámetro de los aneurismas saculares, con detección mayor al 100% en aneurismas mayores de 5 mm (7).

La ventaja de software como mdbrain para detección de aneurismas es que calcula de manera automática el volumen aneurismático, con una sensibilidad reportada de hasta 100% en aneurismas saculares mayores a 5 mm (7). Abajo se muestra un ejemplo del reporte automático que genera el software Mdbrain:



## Aneurysm Report

CREATED ON 28.11.2022, 11:45:26

mdbrain  
v.4.7.0

PATIENT ID	NAME	SEX	DATE OF BIRTH	STUDY DATE	SEQUENCE(S)
6d55d64031216...		F	< (54Y)	31.01.2018	TOF_3D_tra_schnell (TOF)

PAGE 2/11

### Visual Representation of Slices with the Biggest Aneurysm



Aneurysm

#### Details

ANEURYSM	VOLUME [ $\mu$ l]	DIAMETER (mm)
#1	198.7	7.2
#2	12.7	2.9
#3	2.5	1.7

The expected average variability of the volume measurement is 7%.

#### Quality Control

IMAGE QUALITY	Very good
NOTES	None

Figura 2. Ejemplo de reporte automatizado Md brain.

Conocer el volumen aneurismático es relevante para valorar el volumen del coil a utilizar en caso de embolización utilizando el índice de embolización-volumen (VER) que corresponde al volumen del coil y volumen del aneurisma por 100% medido en angiografía 2D.

### Marco contextual

En México fueron reportados 231 pacientes con hemorragia subaracnoidea de origen aneurismático por 25 centros de referencia de tercer nivel desde noviembre 2002 hasta octubre 2004<sup>8</sup>.

Se realizó búsqueda en PUBMED usando las palabras clave "brain aneurysm", "artificial intelligence" y "México" sin obtener resultados, por lo que los estudios de detección de aneurismas usando inteligencia artificial en nuestro país son limitados.

### **Justificación**

Validar que los valores de diámetro y volumen que la inteligencia artificial calcula sean lo más cercano posibles al estándar diagnóstico que es la angiografía por sustracción digital.

## **CAPITULO III**

### **3. HIPOTESIS**

El volumen y el diámetro de los aneurismas detectados por la inteligencia artificial (Md brain mediare) corresponden de manera significativa con aquellas mediciones obtenidas de manera manual por angiografía por sustracción digital.

**Hipótesis nula:** Las medidas de volumen y diámetro detectados por la IA no son correspondientes con las obtenidas por medición manual.



## **CAPITULO IV**

### **4. OBJETIVO**

#### **Objetivo principal**

Determinar el rendimiento diagnóstico de Mdbrain un software que usa inteligencia artificial para detectar aneurismas intracraneales en TOF-MRA. Para esto compararemos los resultados de la inteligencia artificial acerca del volumen y diámetro de los aneurismas con los valores obtenidos con el estándar de oro para el diagnóstico que es la angiografía por sustracción digital.

#### **Objetivos específicos**

Determinar la sensibilidad de la inteligencia artificial para detectar aneurismas.

Determinar la sensibilidad de la angiografía por sustracción digital para detectar aneurismas.

Comparar la sensibilidad entre la inteligencia artificial y la angiografía diagnóstica.

## **CAPITULO V**

### **5. MATERIAL Y METODOS**

#### **Diseño y tipo de estudio**

Estudio observacional, retrospectivo, unicéntrico.

#### **Población de estudio**

Pacientes con aneurismas cerebrales saculares diagnosticados y/o tratados en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González".

## Definición del grupo a intervenir

Aquellos sujetos enrolados con aneurismas saculares, que cuenten con estudios de angiografía diagnóstica y MRA basales y hayan sido tratados en la institución.

## Muestreo no probabilístico

Muestreo por conveniencia se valorarán de manera retrospectiva a todos los pacientes a los que se les haya realizado una angiografía diagnóstica con sustracción digital con el diagnóstico de aneurisma en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" entre el 01 de enero de 2021 al 30 de noviembre del 2023 que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión, por lo que no requerimos tamaño de muestra.

Sin embargo, como referencia se calculó el tamaño de muestra basado en la prevalencia promedio de aneurismas cerebrales no rotos que ha sido reportada en numerosas publicaciones, que es del 3.2% de la población mundial<sup>9</sup>. Se utilizó la siguiente formula:

ESTIMACIÓN DE UNA PROPORCIÓN EN UNA POBLACIÓN INFINITA					
$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{Z^2 \times P \times (1-P)}{E^2}$					
		al cuadrado			
valor Z	1.96	3.8416			
valor p	0.032				
valor E	0.05	0.0025		N=	49.17248

Z es el valor Z correspondiente al nivel de confianza deseado. Para un nivel de confianza del 95%, el valor Z es aproximadamente 1.96.

P es la incidencia o prevalencia estimada en la población (como proporción). En este caso, la prevalencia es del 3.2, por lo que P=0.032.

E es el margen de error deseado, expresado como proporción. Usamos un margen de error del 5% (0.05).

### **Criterios de inclusión.**

- Pacientes con aneurisma cerebral sacular que hayan sido diagnosticados, tratados y/o controlados en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” que cuenten con angiografía por sustracción digital.
- Pacientes con que cuenten con estudios de MRA cerebral basales.
- Pacientes mayores a 18 años

### **Criterios de exclusión**

- Pacientes con antecedentes de otras enfermedades vasculares del sistema nervioso central.
- Pacientes con estudios de MRA incompletos/inválidos para el post procesamiento de las imágenes.
- Paciente con tratamiento aneurisma en sitio externo y que no se cuente con estudio de imagen basal.
- Pacientes que no tengan ASD.

### **Criterios de eliminación.**

- Paciente que no cuenta con diagnóstico angiográfico de aneurisma.
- Pacientes sin el diagnóstico de aneurisma.
- Pacientes sin secuencias 3D TOF MRA.

## **Aspectos éticos**

El proyecto fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación y Comité de Investigación del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González", no tiene fines de lucro y no se encuentra financiado, por lo que los autores declaran ausencia de conflictos de interés. No se obtuvieron datos personales de los pacientes más que registro, edad y género. Debido a que es un estudio retrospectivo no se les proporcionó un consentimiento informado.

No hay ninguna intervención directa sobre el tratamiento de los pacientes.

## **Mecanismos para proteger la confidencialidad de la información**

Para el manejo de datos se asignó un número de identificación a los datos obtenidos y las secuencias evaluadas con el fin de anonimizar el registro en un documento de Excel. Previa anonimización de las secuencias 3D TOF/MRA los estudios fueron procesados por el software de inteligencia artificial. El acceso a la información fue limitado solo al grupo de investigadores con el fin de mantener la confidencialidad de los pacientes.

## **Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizará mediante SPSS para software Windows (Versión 17.0, Chicago, IL) con un valor P inferior a 0,05 reconocido como criterio de significado.

Para evaluar la significancia estadística para la detección del volumen y diámetro de aneurismas cerebrales entre dos métodos de imagen (angioresonancia 3D TOF y angiografía con sustracción digital), usaremos las siguientes pruebas:

Prueba t de Student pareada: calculando la diferencia entre los volúmenes emparejados (restar el volumen medido por angioresonancia 3D TOF del volumen medido por angiografía

con sustracción digital), usando la prueba t de Student evaluar si la media de las diferencias es significativamente diferente de cero. Prueba U de Mann-Whitney es una alternativa no paramétrica.

Regresión lineal para modelar la relación entre las mediciones de volumen de aneurismas obtenidas por ambos métodos. Permitirá evaluar la fuerza y dirección de la asociación, así como realizar pruebas de hipótesis sobre los coeficientes de la regresión.

Análisis de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre los dos métodos de medición. Calculando la diferencia entre los volúmenes medidos por ambos métodos y visualizar la relación entre la diferencia y el promedio de los volúmenes.

### Tabla de variables

<b>Variables.</b>	<b>Definición operacional.</b>	<b>Tipo de variable.</b>	<b>Instrumento de medición</b>	<b>Unidades</b>	<b>Fines descriptivos / analíticos.</b>
<b>Sexo</b>	Condición biológica o genética que diferencia a un hombre de una mujer.	Cualitativa nominal	Visual	Masculino =1 femenino =2	Descriptivo Independiente
<b>Edad</b>	Cantidad de años con los que cuenta una persona.	Cuantitativa discreta	Años	Años	Descriptivo Independiente

<b>Fecha de diagnóstico o angiográfico de aneurisma.</b>	Momento específico en el tiempo en que se realizó el diagnóstico de la condición	Cuantitativa continua	Visual	Día/mes/año	Descriptivo Independiente
<b>Fecha de angiografía</b>	Momento específico en el tiempo en que se realizó el procedimiento endovascular para corrección de la malformación	Cuantitativa continua	Visual	Día/mes/año	Descriptivo Independiente
<b>Número de aneurismas cerebrales</b>	Número de aneurismas que presenta el paciente al momento del diagnóstico	Cuantitativa continua	Visual	1 a 5	Descriptivo independiente
<b>Volumen aneurismático automático</b>	Es la cuantificación del volumen aneurismático	Cuantitativa Continua	Segmentación automatizada	Cm3	Descriptivo Independiente

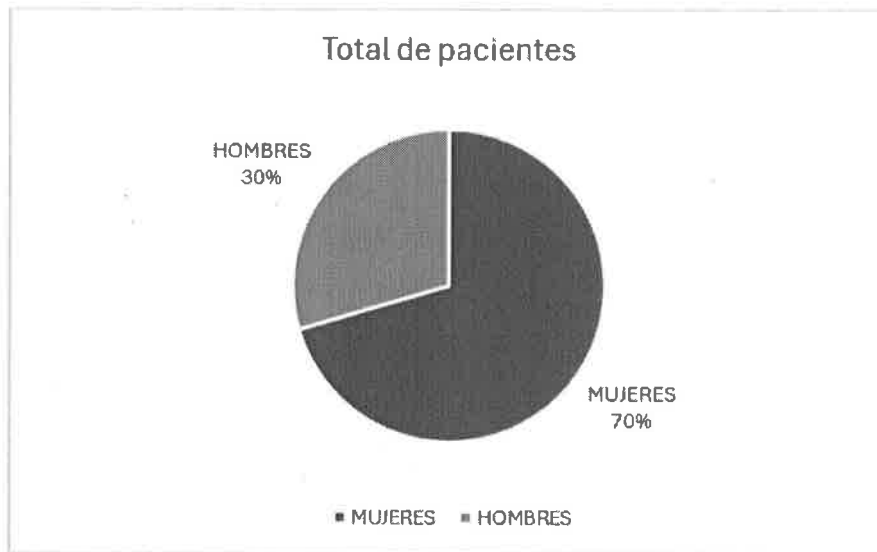
<b>Volumen aneurismático angiográfico</b>	Es la cuantificación del volumen aneurismático	Cuantitativa Continua	Volumen calculado aproximado con la sumatoria de los ejes principales	Cm3	Descriptivo Independiente
<b>Diámetro aneurismático automático</b>	Es la cuantificación del volumen del nido de la MAV	Cuantitativa Continua	Medición automatizada	Cm	Descriptivo Independiente
<b>Diámetro aneurismático angiográfico</b>	Es la cuantificación del volumen del nido de la MAV	Cuantitativa Continua	visual	Cm	Descriptivo Independiente

## CAPITULO VI

### 6. RESULTADOS

#### **Resultados**

Se realizó una selección entre el total de los pacientes a los que se les realizó angiografía diagnóstica/terapéutica con el diagnóstico de aneurisma en el periodo comprendido entre el 01 de enero de 2021 al 30 de noviembre del 2023 en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González". Durante este periodo se intervinieron 44 pacientes con diagnóstico de aneurisma, de los cuales 31 correspondieron a mujeres y 13 hombres.

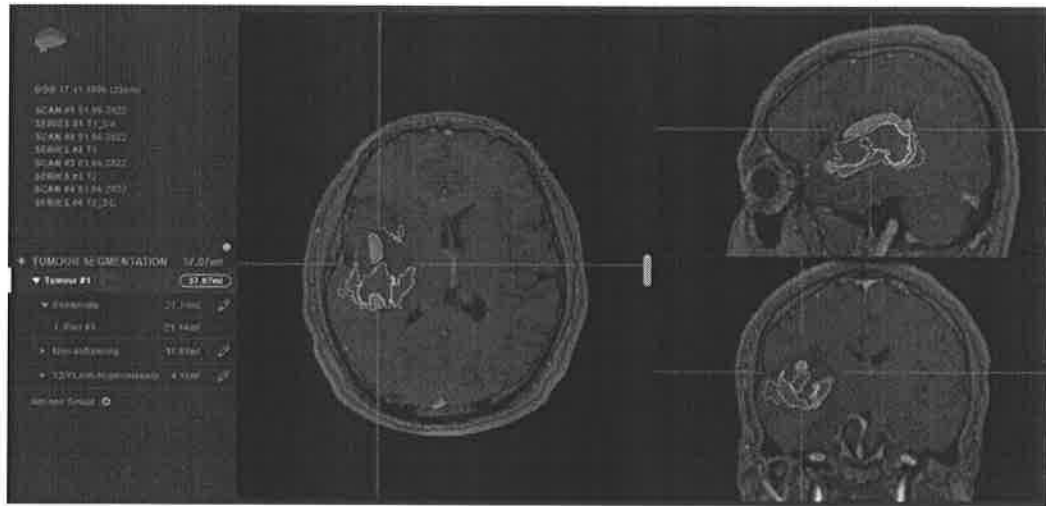


Solamente 3 pacientes cumplieron con los criterios de exclusión e inclusión (IC mínimo 0.0046, CI máximo 0.2132).


Las secuencias 3D TOD se realizaron en equipo Philips Medical Systems Ingenia 3.0 T, TR 23 ms, TE 3.46 ms, tiempo de inversión N/A, píxel spacing 0.5 x 0.5, grosor de corte 1.4 mm, espaciado entre cortes de 0.7 mm, acquisition matrix 0, 428, 269, 0., y en equipo Siemens Healthineers MAGNETOM Aera 1.5 T, TR 1,800.00 ms, TE 3.22 ms, tiempo de inversión 900.00 ms, píxel spacing 1.0 mm x 1.0 mm, grosor de corte 1.1, espaciado entre cortes N/A, acquisition matrix [0, 256, 232, 0].

Uno de ellos con aneurisma disecante de la arteria cerebral media fue detectado como tumor.






El segundo no pudo ser procesado por la IA porque las secuencias 3DTOF no fueron de la calidad deseada. El tercer paciente fue diagnosticado con aneurisma falso positivo por un artefacto de aliasing interpretado como aneurisma.



### Aneurysm Report

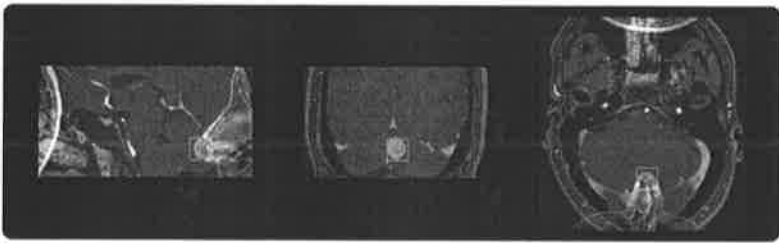
CREATED ON 12.10.2023. 21.56:54




PATIENT ID	NAME	SEX	DATE OF BIRTH	STUDY DATE	SEQUENCE(S)
					T0F_3D_multi-slab_arterial(TOP)

PAGE 1/1

#### Visual Representation of Slices with the Largest Aneurysm



 Aneurysm

#### Details

ANEURYSM	VOLUME (µl)	DIAMETER (mm)
#1	1,605.7	14.8
#2	1.0	1.3

The expected average variability of the volume measurement is 7%.

#### Quality Control

IMAGE QUALITY	Very good
NOTES	None

## CAPITULO VII

### 7. DISCUSIÓN

Dado el tamaño de la muestra y debido a que solamente 3 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, el intervalo de confianza es bastante amplio y puede que no proporcione una estimación muy precisa de la proporción en la población general. Debemos tomar en cuenta que el estudio de imagen diagnóstico inicial para la mayoría de los pacientes sometidos a angiografía fue la angiotomografía contrastada cerebral y basado en ese estudio inicial se sometieron a ASD, sin requerir una resonancia para su diagnóstico y por ende sin contar con secuencias 3D TOF. Lehnen y colaboradores (10) quisieron realizar un estudio de validación externo retrospectivo unicéntrico con secuencias 3D TOF obtenidas en el transcurso de 4 años, desde marzo 2018 hasta enero 2022 donde pudieron conseguir solamente 191 estudios con 54 aneurismas en total, 28 de esos aneurismas fueron angiográficamente comprobados. El software detectó un total de 56 aneurismas, de los cuales 38 fueron resultados verdaderamente positivos; los 18 restantes fueron resultados falsos positivos (0,1 falsos positivos/caso). El software clasificó correctamente 123 estudios como negativos, mientras que el software omitió 16 aneurismas encontrados por radiólogo experto y los declaró falsos negativos. En nuestro caso podemos mencionar que el software puede ser vulnerable a cometer errores cuando hay sangrado, disección o artefactos. La precisión general del software fue del 82,6%, con una sensibilidad del 70,4%, una especificidad del 87,2%, un valor predictivo positivo del 67,9% y un valor predictivo negativo del 88,5%. Según lo descrito por Sohn (11), quienes pudieron trabajar con una muestra de 332 pacientes a los que no se les había realizado angiografía, la sensibilidad para el diagnóstico usando el software aumento de 73.5 a 86.5% en neurocirujanos y neurólogos. En ambos estudios la mayoría de los pacientes fueron del genero femenino, llegando a representar el 57% (10).

## **CAPITULO VIII**

### **8. CONCLUSION**

Aún faltan estudios que comprueben la validez de la inteligencia artificial para la detección de aneurismas, su diámetro y volumen, si bien se ha descrito como ha mejorado significativamente la sensibilidad de los médicos, especialmente entre neurocirujanos y neurólogos, también se ha descrito la presencia de falsos negativos. Para la mayoría de los pacientes el estudio de imagen inicial fue la angiotomografía contrastada, posiblemente debido a su menor costo y accesibilidad, además, su rapidez en la adquisición de imágenes la convierte en una opción preferida cuando una de las manifestaciones diagnósticas es la hemorragia subaracnoidea. Aunque la angioresonancia no involucra radiación, suele ser omitida, por lo que no suele ser usada como imagen inicial. El potencial de detectar automáticamente aneurismas intracraneales disminuyendo la exposición a la radiación de los pacientes con secuencias 3D TOF sigue siendo relevante, pero requiere incrementar su uso, con una mayor población en un mayor tiempo. Aún es necesario realizar más investigaciones al respecto para saber si el software es confiable y mejora los tiempos de lectura.

## **CAPITULO IX**

### **9. BIBLIOGRAFÍA**

1. Din M, Agarwal S, Grzeda M, Wood DA, Modat M, Booth TC. Detection of cerebral aneurysms using artificial intelligence: a systematic review and meta-analysis. *J NeuroInterventional Surg.* 2022;jnis—2022-019456. doi:10.1136/jnis-2022-019456
2. Boland GW, Guimaraes AS, Mueller PR. The radiologist's conundrum: benefits and costs of increasing CT capacity and utilization. *Eur Radiol.* 2008;19(1):9-11. doi:10.1007/s00330-008-1159-7

3. Bechan RS, van Rooij SB, Sprengers ME et al. CT angiography versus 3D rotational angiography in patients with subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology*. 2015;57(12):1239-1246. doi:10.1007/s00234-015-1590-9
4. Nakao T, Hanaoka S, Nomura Y et al. Deep neural network-based computer-assisted detection of cerebral aneurysms in MR angiography. *J Magn Reson Imaging*. 2017;47(4):948-953. doi:10.1002/jmri.25842
5. Sohn B, Park KY, Choi J et al. Deep learning-based software improves clinicians' detection sensitivity of aneurysms on brain TOF-MRA. *Am J Neuroradiol*. 2021. doi:10.3174/ajnr.a7242
6. Claux F, Baudouin M, Bogey C, Rouchaud A. Dense, deep learning-based intracranial aneurysm detection on TOF MRI using two-stage regularized U-Net. *J Neuroradiol*. 2022. doi:10.1016/j.neurad.2022.03.005
7. Lehnen NC, Haase R, Schmeel FC et al. Automated detection of cerebral aneurysms on TOF-MRA using a deep learning approach: an external validation study. *Am J Neuroradiol*. 2022. doi:10.3174/ajnr.a7695
8. Ruiz-Sandoval JL, Cantú C, Chiquete E et al. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage in a mexican multicenter registry of cerebrovascular disease: the RENAMEVASC study. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2009;18(1):48-55. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2008.09.019
9. Pontes FGB, da Silva EM, Baptista-Silva JC, Vasconcelos V. Treatments for unruptured intracranial aneurysms. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021 May 10;5(5):CD013312. doi: 10.1002/14651858.
10. 1.Lehnen NC, Haase R, Schmeel FC, et al. Automated Detection of Cerebral Aneurysms on TOF-MRA Using a Deep Learning Approach: An External Validation Study. *American journal of neuroradiology*. 2022;43(12):1700-1705. doi:https://doi.org/10.3174/ajnr.a7695

11. Sohn B, Park KY, Choi J, et al. Deep learning–based software improves clinicians' detection sensitivity of aneurysms on brain TOF-MRA. *AJNR Am J Neuroradiol*. Published online 2021. doi:10.3174/ajnr.a7242

## CAPITULO X

### 10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

**DRA. YOHANA SARAHI MATEO CAMACHO**

Candidata para obtención de grado de

**Subespecialista en Neurorradiología**

**TESIS:** "USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA DETERMINAR VOLUMEN DE ANEURISMAS INTRACRANEALES UTILIZANDO ANGIORESONANCIA MAGNÉTICA (MRA) COMPARADO CON ANGIOGRAFÍA DIAGNÓSTICA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO "DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ"

**Campo de Estudio:** Ciencias de la Salud.

Nacida en Querétaro, Querétaro, México, el 07 de marzo de 1990, hija de Yolanda Camacho Rivera y José Domingo Mateo Araoz. Egresada de la Universidad Latina de México incorporada a la Universidad de Guanajuato, con grado de Médico Cirujano, de la generación 2010-2017. Especialista en medicina en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica por la Universidad Nacional Autónoma de México, realizando su entrenamiento en el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, ISSSTE (2018-2022). Subespecialista en Neurorradiología por la Universidad Autónoma de Nuevo León realizando su entrenamiento en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González (2022-2024).

---