



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN TERAPIA ENDOVASCULAR
NEUROLÓGICA

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA
MANUEL VELASCO SUÁREZ
DEPARTAMENTO DE TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA

**“Eficacia en la modificación de parámetros de angiorresonancia
magnética para evaluación y seguimiento de stent intracraneales”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
SUBESPECIALISTA EN TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA.

PRESENTA:
DR. ALEJANDRO RODRIGUEZ OROZCO.

TUTORES: DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS
DR. JORGE LUIS BALDERRAMA BAÑARES
DR. OSCAR RENÉ MARRUFO MELÉNDEZ
DR. PABLO LEON ORTIZ

MÉXICO, D.F.

Agosto 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Nicasio Arriada Mendicoa
Director de Enseñanza del
Instituto Nacional de Neurología y
Neurocirugía
“Manuel Velasco Suárez”

Dr. Marco Antonio Zenteno Castellanos
Titular del curso de Terapia
Endovascular Neurológica

Dr. Marco Antonio Zenteno Castellanos
Asesor temático de Tesis

Dr. Pablo León Ortiz
Subdirector de enseñanza del instituto
Nacional de Neurología y Neurocirugía
Asesor Metodológico de Tesis

Dr. Jorge Balderrama Bañares
Asesor Temático de Tesis

Dr. Oscar René Marrufo Meléndez
Asesor de Tesis

Dr. Alejandro Rodríguez Orozco
Autor

TESIS DE TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA

TITULO:

“Eficacia en la modificación de parámetros de angiorresonancia magnética para evaluación y seguimiento de stent intracraneales”

AUTOR:

Dr. Alejandro Rodríguez Orozco

INSTITUCIÓN:

Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Dr. Manuel Velasco Suárez”.

TUTORES:

Dr. Marco Antonio Zenteno Castellanos
Jefe del departamento de Terapia Endovascular Neurológica
Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía

Dr. Jorge Balderrama Bañares
Neurorradiólogo y terapeuta endovascular neurológico
Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía

Dr. Oscar Marrufo Meléndez
Ingeniero Biomédico, Adscrito al departamento de Neuroimagen
Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía

Dr. Pablo León Ortiz
Subdirector de enseñanza
Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía

AGRADECIMIENTOS:

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Elena y mi padre Alejandro Javier.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, pero más que nada, por su amor.

A mi hermana Luisa Fernanda por ser una hermana ejemplar que me ha demostrado con el tiempo que siempre está conmigo.

A mi novia Ximena, Quien con su cariño me ha apoyado incondicionalmente en momentos difíciles durante esta etapa.

A mis amigos y compañeros, Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación por estos dos años, y que hasta ahora, seguimos siendo amigos, y a mis compañeros técnicos radiólogos por hacer más llevadera la estancia en el hospital.

Y finalmente **A mis maestros**, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino, y que me ayudaron en asesorías y resolvieron dudas presentadas a lo largo del curso y por ser unos verdaderos guías en la terapia endovascular...

¡Gracias a ustedes!

INDICE

RESUMEN.....	6
ANTECEDENTES.....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
HIPOTESIS.....	12
OBJETIVOS.....	13
Objetivos Generales	
Objetivos específicos	
JUSTIFICACIÓN.....	14
METODOLOGÍA.....	15
Diseño	
Población muestra	
Tipo de muestreo	
Criterios de inclusión	
Criterios de exclusión	
Criterios de eliminación	
Variables	
PROCEDIMIENTO.....	18
RESULTADOS.....	22
DISCUSIÓN.....	26
CASOS.....	27
CONCLUSIÓN.....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	37

RESUMEN

Introducción: La técnica de “stenting” ha ido en incremento en el tratamiento de aneurismas intracraneales y estenosis intracraneal. Los stents metálicos causan algunos artefactos de susceptibilidad y radiofrecuencia en RM los cuales no permiten una correcta visualización del interior del stent. Se demuestra la capacidad de la resonancia magnética para visualizar el lumen del stent y la reducción del artefacto causado por el material y la estructura del dispositivo. Adicionalmente demostraremos la evaluación de los cambios secundarios.

Objetivo: Identificar si la angiorresonancia magnética es una técnica imagenológica eficaz para valoración y seguimiento de los resultados de la embolización de aneurismas intracraneales en pacientes con stent.

Metodología: Estudio prospectivo, longitudinal, descriptivo. Se le realizó el estudio de Angiorresonancia Magnética a 46 sujetos con antecedente de colocación de stent. Los estudios de resonancia magnética se realizaron en equipo General Electric Healthcare de 1.5T, con secuencias convencionales T2, Difusión, SPGR, angiorresonancia magnética 3D TOF y TRICKS.

Resultados: De un total de 45 pacientes, 24% hombres y 76% mujeres. Edad media 51.6 años (DE 2.4 años). A cada paciente se le realizó al menos una resonancia magnética que se comparó con angiografía (estándar de oro). Para el grado de estenosis, sensibilidad del 50% y especificidad del 100%; Para la visualización del grado de oclusión de aneurisma una sensibilidad del 85.7%, con una especificidad del 100%.

Conclusión: La modificación de parámetros en resonancia magnética corroboran la capacidad de la Angiorresonancia para demostrar el paso de contraste a través del mismo, así como algunos cambios secundarios al stent, aunque no demuestra todos los casos de hiperplasia endotelial debido en parte al artefacto metálico.

ANTECEDENTES

El “stenting” intracraneal se ha convertido progresivamente en una alternativa y complementaria para el tratamiento de enfermedad cerebrovascular intracraneal. Las dos entidades más comúnmente tratadas por el stenting son: aneurismas y estenosis.¹ El tratamiento intervencionista de los aneurismas intracraneales por vía endovascular como el coiling se ha incrementado como tratamiento de elección en base al estudio International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT).^{2,3,4} La colocación de Coils ha demostrado por si mismo ser una alternativa segura a la cirugía para el tratamiento de los aneurismas intracraneales.^{6,7} De cualquier forma, debido a la enfermedad subyacente de la pared del vaso en ocasiones no es suficiente rellenar el aneurisma¹; por lo que la técnica de stenting puede ser realizada para mejorar los resultados del tratamiento. El stenting intracraneal permite no solo la derivación del aneurisma, sino también la redirección del flujo sanguíneo del vaso afectado. A esto último se le ha denominado diversión de flujo.^{1, 5} La estenosis de las arterias intracraneales también puede ser tratada con estos dispositivos.

Ya que ésta es una nueva tecnología, el seguimiento a través de imágenes es necesario para evaluar la estabilidad del stent.^{1, 9} Frecuentemente el seguimiento de estos dispositivos se ha realizado con angiografía por sustracción digital convencional, lo que implica un procedimiento invasivo.^{26,27} Se ha utilizado la angiotomografía computada, sin embargo por cuestión de técnica se producen artefactos que pueden representar un problema para la evaluación de éstos dispositivos.^{11,12}

Los recientes avances en técnicas de resonancia magnética nos permite actualmente la evaluación de estructuras vasculares evitando radiación y los riesgos vasculares propios de la angiografía. Estas técnicas anteriormente se empleaban con posterioridad a la colocación de coils.^{8, 9, 11, 19, 21}

Se han estudiado numerosos materiales que han sido probados para compatibilidad de resonancia magnética, por lo que tratamos de demostrar la utilidad clínica de la angiorresonancia magnética en pacientes tratados con stent intracraneal.^{8, 9, 14}

INTRODUCCION

ANGIORRESONANCIA MAGNÉTICA CON SECUENCIA TIME OF FLIGHT

La angiorresonancia magnética en secuencia de tiempo de vuelo “time of flight” (ARM TOF) puede demostrar patología intracraneal en varias arterias con diámetro menor de 3mm.^{10, 13} De cualquier manera es difícil interpretar la permeabilidad o el grado de estenosis en una arteria con colocación de stent en ARM-TOF por el artefacto de radiofrecuencia en los stents intracraneales. Se ha observado que el grado de degradación de la imagen por estos artefactos es variable y está relacionado con el tipo de stent intracraneal.¹⁵ De tal forma que se ha necesitado optimizar los parámetros de RM para la evaluación de los stent.²⁴

Los artefactos son fenómenos causados por variaciones en la “compatibilidad con RM”. Los stent pueden condicionar una disminución significativa en la calidad de la imagen.¹⁷ En este contexto, la compatibilidad con RM se refiere a dos tipos, el primero, que en el material de los dispositivos no influyan fuerzas

magnéticas relevantes o que presenten torques; y el segundo tipo, requiere que solamente se formen escasos artefactos.^{25,24}

Cuando se obtiene ARM de grandes arterias utilizando TOF, la selección del Flip Angle y el tiempo de repetición, se compromete la saturación del tejido circundante que no satura adecuadamente. Los valores típicos del Flip Angle oscilan entre 20° y 35° para secuencias 3D TOF, y estos valores son aplicables para obtener imágenes de grandes arterias sin inserción de stent.¹⁷ Es así que, los stent intracraneales ocasionan dos tipos principales de artefactos mencionados previamente como Artefactos de armadura de radiofrecuencia y artefactos de susceptibilidad magnética.²⁵

La baja señal en el interior de los stent metálicos no es debida únicamente a artefactos de susceptibilidad, sino también a la armadura de radiofrecuencia por la propia forma del stent *RIS (Relative in-stent signal)*.^{24,25}

Para obtener imágenes que no consideramos solo factores por incremento de contraste entre la sangre y el entorno, pero también por reducción del artefacto relacionado con el stent.¹⁹

El artefacto de armadura de radiofrecuencia es causado por turbulencia en la conductividad eléctrica por el alambre de la malla del stent. Esta turbulencia produce un campo de radiofrecuencia opuesto, el cual reduce la sensibilidad de recibir y emitir señal en el interior del stent. El artefacto de radiofrecuencia puede ser atenuado por incremento en la potencia de radiofrecuencia de la excitación de pulso. Porque el Flip Angle es proporcional a la integral del pulso de radiofrecuencia, el incremento de la potencia es requerido para crear una excitación mayor del Flip Angle. En cuanto es utilizado un mayor Flip Angle se crea mayor magnetización transversal. Así, la magnetización transversal de la sangre insaturada de un alto flujo arterial en el plano, incrementa la imagen en el plano. Aunque el incremento del Flip Angle en ARM TOF puede causar pérdida de señal de las arterias pequeñas periféricas o arterias de flujo lento debido al efecto de saturación, la porción proximal de las arterias mayores como el segmento M1 de la arteria cerebral media o la porción distal de la arteria carótida puede no presentar alteración por efecto de saturación por alto Flip Angle.^{15,16,17}

Interesantemente, la señal intrastent relativa de algunos stents (neuroform) disminuye cuando se incrementa el Flip Angle, mientras que de otros (solitaire y Enterprise) la señal intrastent relativa se incrementa hasta un Flip Angle de 50°. ²⁴

Los stent utilizados intracranealmente son elaborados de Nitinol, que es conocido como una aleación no ferromagnética y causa discreta pérdida de señal en TOF, donde el tiempo de eco es relativamente corto.²⁴

El engrosamiento de los Strut y el diseño de las celdas en los stent intracraneales parece ser importante para determinar el ángulo de radiofrecuencia, en el artefacto de armadura de radiofrecuencia. El grosor de celda de los strut en el stent Neuroform es de 0.07mm y es diseño de celda abierta. Los stent Enterprise y soilltaire es de 0.08mm y 0.06mm respectivamente y tienen diseño de celda cerrada. ²⁵

El diseño de celda abierta y el grosor del Strutt, según algunos autores^{24, 25} pueden ocasionar menor artefacto de radiofrecuencia y producir mejor calidad de imagen, comparado con el Enterprise. El stent

Solitaire tiene strut más delgados y diseño de hendidura amplia, pero su artefacto de radiofrecuencia es similar al del Enterprise por su diseño de celda cerrada.^{24, 25}

Como se ha comparado con los marcadores proximales y distales cercanos a la zona de liberación, se genera una pérdida completa de señal de la luz debido a la susceptibilidad magnética del metal. Esto resulta en la imposibilidad de evaluar el segmento adyacente al marcador del stent.^{16,17}

Es bien conocido que un amplio ancho de banda puede reducir el artefacto de susceptibilidad y vencer el artefacto de armadura de radiofrecuencia. Esto reduce la relación señal/ruido de la ARM TOF.^{24,25}

Se ha visto que se puede reducir el artefacto de radiofrecuencia en stent de celda cerrada y disminuir el artefacto de susceptibilidad. El cambio de ancho de banda no afecta significativamente la señal intrastent relativa.^{22,23}

SECUENCIA TIME RESOLVED IMAGING OF CONTRAST KINETICS (TRICKS)

Con la codificación de fase central elíptica del espacio K es posible obtener imágenes de circulación arterial y venosa incluso en sistemas de flujo rápido como en la cabeza y el cuello, donde el tránsito de contraste desde las arterias a las venas transcurre en promedio de 6 a 7 segundos.¹²

La secuencia Time Resolved Imaging in Contrast Kinetics (TRICKS) es una secuencia multifase, realizada con contraste y angio-resonancia magnética de adquisición tridimensional que sirve para visualizar el proceso dinámico como el paso de sangre con medio de contraste a través del sistema vascular. Esto elimina la necesidad de realizar inyecciones repetidas de medio de contraste para evaluar su recorrido. La principal aplicación de la secuencia TRICKS es obtener una mayor resolución temporal para análisis angiográficos.¹⁹

La evaluación vascular convencional con imágenes realizadas con contraste proporciona una fotografía estática de un proceso dinámico que limita cualquier información fisiológica.¹⁸ Las imágenes de resolución temporal capturan imágenes dinámicas del flujo del contraste contenido en la sangre que permiten la obtención de información de una forma más fisiológica respecto al flujo sanguíneo. La secuencia TRICKS permite la visualización.¹²

El centro del espacio K es lo más importante para controlar el contraste de una imagen. En una secuencia convencional codificada en 3D, el giro de codificación entero es adquirido antes que cambie al siguiente paso. Así que en cada fase de codificación tiene un ordenamiento central, codificando líneas en una forma espiral del espacio K que inicia desde el centro y se dirige hacia la periferia dependiendo del espacio K disponible para cada fase de codificación y cada paso de codificación en cada corte.¹²

Este orden significa que el centro del espacio K es adquirido al menos 10 veces más rápido. El resultado deriva en imágenes de alta resolución de la circulación intracraneal sin contaminación venosa.²¹

En esta técnica, el proceso de reconstrucción recuerda que las adquisiciones pertenecen a alguna fase específica. Una vez que una región de datos haya sido recolectada, cada una de las otras regiones está

generada utilizando la información de los episodios que preceden y suceden en la misma región del espacio K. Esto significa que en la duración del tiempo que un cuarto del espacio K es adquirido, el espacio K entero se forma y se puede realizar una reconstrucción 3D para producir la imagen en volumen. Por lo tanto, TRICKS provee un método para la evaluación dinámica del paso de sangre con medio de contraste a través del sistema vascular del paciente mas rápido que la angiorresonancia en tiempo de vuelo.^{12,20,21}

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es de utilidad la angiorresonancia magnética para la valoración del stent intracraneal?

HIPÓTESIS

Es posible demostrar por Angiorresonancia magnética con variación de valores el stent y los cambios secundarios a la colocación del stent y el interior del dispositivo.

HIPÓTESIS NULA

No es posible demostrar por Angiorresonancia magnética con variación de valores el stent y los cambios secundarios a la colocación del stent y el interior del dispositivo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Identificar si la angiorresonancia magnética es una técnica imagenológica eficaz para valoración y seguimiento de los resultados de la embolización de aneurismas intracraneales con stent.

Objetivos Específicos:

Desarrollar un protocolo original de evaluación por angiorresonancia magnética para adecuada visualización del stent y del árbol arterial involucrado.

Estandarizar un método de procesamiento y reconstrucción de imágenes obtenidas en la adquisición por resonancia magnética.

Identificar si la angiorresonancia magnética es efectiva para valorar la permeabilidad de la arteria portadora y tratada con stent.

Identificar si la angiorresonancia magnética es efectiva para valorar el diámetro prestent, intrastent y poststent de la arteria portadora de stent.

Identificar si la angiorresonancia magnética es efectiva para valorar los cambios circundantes al stent.

Identificar si la angiorresonancia magnética es efectiva para valorar la conformación espacial del stent.

Identificar cuales son los artificios que mas afectan la calidad de las imágenes obtenidas mediante Angiorresonancia magnética.

Identificar las diferencias en la obtención, procesamiento y reconstrucción de las imágenes de angiorresonancia magnética.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente existe dificultad para evaluar y dar seguimiento a pacientes con colocación de stent intracraneal, debido a que el abordaje de evaluación es difícil realizarlo a través de técnicas no invasivas como el ultrasonido, que al no encontrar adecuadas ventanas de exploración transcraneal dificulta su evaluación por éste método; en casos como la angiotomografía computada, existe dificultad técnica para la evaluación por la formación de artefactos por deflexión del rayo X que traduce alteración de la imagen. Y las técnicas convencionales de resonancia magnética demuestran artefacto de susceptibilidad con alteración de la imagen y la pobre capacidad para resaltar las estructuras vasculares, por lo que surge la necesidad de realizar evaluación con angiorresonancia magnética y modificar algunos parámetros técnicos para demostrar alteraciones en los dispositivos, así como los cambios subsecuentes en estructuras vasculares y estructuras adyacentes.

METODOLOGÍA

DISEÑO:

Estudio prospectivo, longitudinal y descriptivo

POBLACION Y MUESTRA:

Pacientes del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía portadores de Stent intracraneal por patología intracraneal, ya sea estenosis o aneurisma.

TIPO DE MUESTREO UTILIZADO

No aleatorizado, consecutivo.

CRITERIOS DE INCLUSION

Pacientes del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía portadores de Stent intracraneal que hayan aceptado mediante consentimiento informado la inclusión en este protocolo.

CRITERIOS DE EXCLUSION

Pacientes que no hayan autorizado el uso de sus imágenes para efectos de investigación y enseñanza médica y publicación en el apartado específico para esto del consentimiento informado.

Pacientes que hayan presentado diagnóstico de oclusión del stent y arteria portadora previo al inicio del presente estudio.

Pacientes con implantes metálicos contraindicados para su ingreso en resonancia magnética.

CRITERIOS DE ELIMINACION

Pacientes que por el fallecimiento, decisión del paciente no continúen en el plan de seguimiento establecido

VARIABLES:

VARIABLE	DEFINICION conceptual	Definición	TIPO DE VARIABLE	UNIDADES	FUENTE
GENERO	Tipo de persona determinado por sus genes	Tipo de persona determinado por su fenotipo	Dicótico	Masculino y femenino	Base de datos
EDAD	Tiempo en años que ha vivido el sujeto	Tiempo en años que ha vivido el sujeto hasta el momento del estudio	Numérica	Años	Base de datos
Numero de aneurismas	Cantidad de aneurismas que presenta un paciente	Cantidad de aneurismas que han sido tratados con stent	Numérica	#	Base de Datos
Ubicación del aneurisma	Sitio anatómico de localización del aneurisma	Segmento anatómico donde se localiza el aneurisma	Categórica ordinal	C1(1), C2(2),C3(3),C4(4),C5(5), C6(6),C7(7),M1(8),M2(9),A1(10),A2(11)	Base de Datos
Dimensiones del aneurisma	Dimensión máxima del aneurisma en eje X,Y o Z	Medida en mm. En sus ejes mayores previo al tratamiento	Numérica	#	Base de Datos
Tamaño del Aneurisma	Tamaño del aneurisma	Tamaño del aneurisma según clasificación internacional	Categórica Ordinaria	Pequeño (1) Mediano (2) Grande (3) Gigante (4)	Base de Datos
Coils/clips en el aneurisma	Dispositivos de tratamiento de aneurismas	Presencia de coils o clips en el aneurisma tratado o en sitio cercano	Categórica ordinaria	Ninguno (0) En aneurisma (1) Cercano (2) Distante (3)	Base de Datos
Ramas colaterales cruzadas	Ramas arteriales que emergen de un vaso sanguíneo	Ramas de la arteria portadora cubiertas por el stent	Categórica ordinaria	Oftálmica (1) Com Post (2) Coroid ant(3) Rama ACM (4) Rama Cereb Anterior (5)	Base de Datos

Número de stent	Cantidad de stent	Cantidad de stent para tratamiento del aneurisma	Numérica	1 (1) 2 (2) 3 (3)	Base de Datos
Artificios por estructuras metálicas	Deflexión de la señal magnética causada por metal	Presencia de artefacto por estructura metálica adyacente	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
Visualización de la patencia de la arteria portadora	Identifica la permeabilidad del vaso sanguíneo	Es posible valorar la arteria portadora	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
Visualización del grado de estenosis intrastent	Reducción de la luz intrastent	Es posible medir el porcentaje de estenosis	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
Visualización del grado de oclusión del aneurisma	Valora la disminución de dimensiones del aneurisma tratado	Es posible obtener las dimensiones del aneurisma tratado	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
Visualización de la conformación espacial del stent	Valora la disposición espacial del dispositivo	Es posible valorar el trayecto y la forma que toma el stent	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
Opacificación intrastent de la arteria portadora.	Llenado con medio de contraste el interior del stent.	Es posible visualizar la luz del stent con medio de contraste	Categórica ordinal	Baja (1) Media (2) Alta (3)	Base de Datos
Oclusión del stent	Falta de paso de contraste a través del dispositivo.	No es posible visualizar la luz del stent	Dicotómica	Si (1) No (2)	Base de Datos
% de luz del stent visualizada	Visualización intrastent de pared a pared en porcentaje	Porcentaje de visualización del stent	Categórica ordinal	No se observa (0), 1 al 25%(1), 26 al 50(2),51 al 75%(3), 76 al 100%(4)	Base de Datos
Tipo de stent	Marca del dispositivo intravascular	Marca del dispositivo intravascular	Categórica ordinal	Neuroform (1), Enterprise (2), Solitaire (3), Pipeline (4), Cardiológico (5), Otro (6), Excalibur (7)	Base de Datos

PROCEDIMIENTO

Tiempo:

Desde el 27 de Junio del 2013 hasta el 01 de agosto de 2014 a todos los pacientes enrolados en el protocolo, se le realizó el estudio de Angiorresonancia Magnética a 46 sujetos con antecedente de colocación de stent, a algunos de ellos como tratamiento único de aneurismas, otros como método complementario y a otros como tratamiento específico para estenosis intracraneal. Los pacientes contaron con los criterios de inclusión establecidos. Se les solicitó que firmen la carta de consentimiento informado y aceptaron el apartado referente al uso de sus imágenes para fines de investigación, enseñanza médica y publicación médica y si aceptaron la realización de estos exámenes con la firma del consentimiento informado propio del presente estudio.

Equipo de resonancia magnética:

El estudio de resonancia magnética estructural y angiorresonancia magnética se realizó en un equipo de resonancia magnética disponibles en el departamento de neuroimagen del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez; General Electric Healthcare de 1.5T con los siguientes parámetros:

AX 3D TOF ; Flip Angle 20 FOV 22.0; Number of Echoes 1 Slice Thickness 0.8; TR 28.0 Location per Slab 34; Receiver Bandwidth 20.83 Overlap Locations 10; Filter Choice None Freq 384; Phase 224; Freq DIR A/P; Phase FOV 0.75; Auto Shim Auto; Phase Correction No Auto Trigger Type Off User CV5 1.00; PSD Trigger Internal # of Acquisition 0; Slice Order Interleaved Seperate Series 0; View Order Bottom/Up Mask Phase 0; # of Repetitions REST 0 Mask Pause 0; # of Repetitions ACTIVE 0; SAT Location S # of Collapse Images On; Tag Type None # of Projection Images 0; Fat/Water Saturation Fat Ramp Pulse None; Recon All Images On Slice Acceleration Factor 1.00; Phase Acceleration Factor 2.00; Pause On/Off On Contrast Yes/No No; Auto Subtract 0; Auto SCIC On;

COR TRICKS;: Flip Angle 30 FOV 24.0; TE Minimum Slice Thickness 1.6; Number of Echoes 6; Receiver Bandwidth 62.50; Filter Choice None Freq 320; Phase 192; Freq DIR S/I; NEX 0.75; Phase FOV 0.70; Auto, Shim Auto; Phase Correction No; Auto Trigger Type Off User CV6 2.00; PSD Trigger Internal # of Acquisition 0; Slice Order Interleaved Seperate Series 0; View Order Bottom/Up Mask Phase 0; # of Repetitions REST 0 Mask Pause 0; # of Repetitions ACTIVE 0; Tag Type None Recon All Images On; Slice Acceleration Factor 1.00 Output Temporal Phases 15; Phase Acceleration Factor 2.00 Delay Time after Mask Minimum; Pause On/Off On; Auto Subtract 0; Auto SCIC Off; Tracker Length 200.0 Contrast Yes/No Yes; Tracker Thickness 20.0;

AX FSPGR 3D+C: Flip Angle 12 FOV 25.6; TE In Phase Slice Thickness 1.5; Number of Echoes 1 Location per Slab 100; Receiver Bandwidth 41.67 Overlap Locations 0; Filter Choice None Freq 256; Phase 256; Freq DIR A/P; NEX 1.00; Phase FOV 0.70; Auto Shim Auto; Phase Correction No; Auto Trigger Type Off User CV6 1.00; User CV23 100.00; PSD Trigger Internal # of Acquisition 0; Slice Order Interleaved Seperate Series 0; View Order Bottom/Up Mask Phase 0 # of Repetitions REST 0 Mask Pause 0; # of Repetitions ACTIVE 0; Slice Acceleration Factor 1.00 Pause On/Off On; Phase Acceleration Factor 1.00 Auto Subtract 0; Auto SCIC On; Tracker Length 200.0 Contrast Yes/No Yes; Tracker Thickness 20.0

Se obtuvieron secuencias convencionales y secuencia de angiorresonancia magnética, y se procesaron en estación de trabajo y en equipo de cómputo. Se procesaron las imágenes de angiorresonancia magnética obtenidas en colaboración con el Ingeniero Biomédico.

Equipo de angiografía:

Las angiografías con sustracción digital se realizaron en 2 equipos de angiografía disponibles en el departamento de terapia endovascular del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez

1. Angiógrafo biplano AXIOM-Artis (Siemens AG Medical Solutions Angiography, Fluoroscopic and Radiographic Systems Siemenstr, 1DE-91301, Forcheim, Alemania)
2. Angiógrafo monoplanar Artis Zeego (Siemens AG Medical Solutions Angiography, Fluoroscopic and Radiographic Systems Siemenstr, 1DE-91301, Forcheim, Alemania)

Preparación del paciente:

1. Se indicó ayuno.
2. Se requiere que no haya sido expuesto a medios de contraste dentro de las 24 horas previas.
3. Canalización de una vena periférica en pliegue cubital o antebrazo, con catéter venoso periférico de 20G con retorno sanguíneo sin presencia de aire, y que no hubiera dolor ante la infusión de 10cc de solución de cloruro de sodio al 0.9% (este paso para valorar acceso venoso permeable y disminuir el riesgo de infiltración del medio de contraste durante el estudio).
4. Se posiciona al paciente centrado en la mesa y en el soporte cefálico con comodidad, con sujeción para evitar el movimiento durante el examen. Previo a esto se retira cualquier objeto metálico.
5. Se le explica al paciente en que consiste el examen, el tiempo que dura, las potenciales sensaciones molestas con la inyección del medio de contraste y se le pide que mantenga los ojos cerrados, no se mueva, no hable durante el estudio, mientras mantenga una respiración relajada lo mas superficial posible.
6. Posterior al examen se retira la canalización.

La adquisición angiográfica del equipo AXIOM Artis se realizó con los siguientes parámetros: Programa de "Neuro baja dosis" con sustracción digital, adquisición de 3 imágenes por segundo en las proyecciones que fueron necesarias en diferentes angulaciones, obteniéndose principalmente proyecciones ortogonales en AP-Towne y Lateral con detector plano de 30x40cm². de silicio amorfo con un plano de entrada diagonal de 48cm, matriz de 1920 x 2480 de alta resolución con un tamaño en pixeles de 154 (29,6cm x 38,2cm), velocidad máxima de adquisición hasta 30 imágenes /seg. Y una dosis de radiación de aproximadamente uGy/proyección.

La adquisición de los datos en el equipo Artis Zeego se realizó con los siguientes parámetros: Programa de Neuro baja dosis con sustracción digital, adquisición de 3 imágenes por segundo en las proyecciones que fueron necesarias en diferentes angulaciones, obteniéndose principalmente proyecciones ortogonales en AP-Towne y Lateral con detector plano de 30x40cm². de silicio amorfo con un plano de entrada diagonal de 48cm, matriz de 1920 x 2480 de alta resolución con un tamaño en pixeles de 154 (29,6cm x 38,2cm), velocidad máxima de adquisición hasta 30 imágenes /seg. Y una dosis de radiación de aproximadamente uGy/proyección.

Inyección del medio de contraste:

Se realizó la inyección de 10cc de medio de contraste a base de Gadobenato de Gadolinio. La inyección fue manual para iniciar con el retardo necesario para la adquisición de imágenes vasculares contrastadas, que tarda 12 segundos entre cada fase, con poca variabilidad según cada paciente (varía según la talla del paciente, el género o por la presencia de alguna condición anatómica, fisiológica o patológica que modifique el tiempo de llegada del contraste a nivel intracraneal, como por ejemplo falla cardíaca, aterosclerosis severa o una estenosis severa, o si se trata de un aneurisma gigante con lento flujo intraaneurismático, entre otros)

Procesamiento de imágenes:

Se realizó el post procesamiento de las imágenes en las estaciones de trabajo X-Leonardo con el programa Syngo ® XWP VB 11B y con la aplicación InSpace3D (Siemens AG Medical Solutions Forchheim, Alemania). Además se utilizó la estación de trabajo AW Volumeshare SDC 1.4. (General Electric Healthcare).

El postproceso de estos programas computacionales incluyen el desarrollo de algoritmos específicos para obtener imágenes MIP (Maximum intensity projection, por sus siglas en inglés).

Las reconstrucciones VRT, MIP y MPR se realizaron utilizando los ejes de corte en los tres planos (sagital, coronal y transversal) para obtener las imágenes donde se visualiza el stent y el vaso de la manera más completa y continua posible. Así mismo se realizaron trazos transversos a lo largo del stent dividiéndolo en tercios y tratando de pasar por los puntos de estenosis si esta estaba presente. Las imágenes transversales del stent fueron utilizadas para establecer un porcentaje de estenosis y/o de visualización en cada uno de los segmentos y de los casos. Las anteriores imágenes se procesaron con un voxel de 0.1mm³.

Evaluación de las imágenes:

Las imágenes fueron evaluadas por cuatro médicos especialistas en neuroradiología, para determinar si esta técnica es eficaz en mostrar los diferentes aspectos a evaluar en un control de un stent intracraneal para un tratamiento de aneurismas, tal cual se determinó en los objetivos y variables del presente estudio.

Análisis estadístico:

Procesamiento de resultados con herramientas estadísticas para obtener porcentajes debido a las características descriptivas del estudio. Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 19.0.0.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio es factible pues solamente se recolectara información derivada de estudios de RM que se realizaran habitualmente en la unidad a la que solo se le agregará una secuencia adicional estando el paciente en el equipo de resonancia magnética, esto no representará riesgo para el paciente.

A los pacientes se les solicitará que firmen carta de consentimiento informado en el que se les pedirá que permitan utilizar la información derivada de sus casos respetando en todo momento la confidencialidad de su identidad en los escritos, presentaciones y publicaciones que deriven de éste trabajo

La angiorresonancia magnética es un método que se utiliza rutinariamente ya que no implica ningún riesgo para el paciente. Se realizara criterios de exclusión para aquellos pacientes que tengan marcapaso o algún elemento metálico no compatible con resonancia magnética en su cuerpo.

CONSIDERACIONES FINANCIERAS

El estudio de resonancia magnética es un estudio de rutina que se realiza a todos los pacientes con previa colocación de stent para valoración anatómica del parénquima cerebral, a éste nosotros le agregaremos dos secuencias de angiorresonancia magnética y el paciente regularmente paga su estudio de rutina.

RESULTADOS

Características demográficas y clínicas de los pacientes

Se analizaron los datos de un total de 45 pacientes, de los cuales el 24% fueron hombres y 76% del sexo femenino. La media de edad fue de 51.6 años (DE 2.4 años). La dimensión promedio de las lesiones aneurismáticas estudiadas fue de 11 mm (DE 1.17mm) y en la tabla 1 se muestra la clasificación del tamaño de los aneurismas. A cada paciente se le realizó al menos una resonancia magnética a partir del 27 de Junio de 2013 hasta el 01 de Agosto de 2014. Se colocaron en total 50 stent ya que 5 pacientes requirieron colocación de dos stent.

Tabla 1. Clasificación por tamaño de las lesiones aneurismáticas.

Tamaño (mm)	Frecuencia	Porcentaje
Estenosis	3	6.7
Pequeño <7	10	22.2
Mediano 7-12	17	37.8
Grande 12-24	12	26.7
Gigante 25 o mas	3	6.7
Total	45	100.0

Características del tratamiento

De los 45 pacientes, 28 tienen tratamiento previo con coils, 1 con clip y 16 no tuvieron ninguna estructura metálica similar cercana.

Respecto a las resonancias magnéticas realizadas, ninguno de los 45 procedimientos presentó artificios por movimiento ni artificios por estructuras óseas. Los artificios por estructuras metálicas se presentaron en tan solo 1 paciente (2.2%) que presentó un clip adyacente al aneurisma, elaborado de material no ferromagnético.

La visualización de la patencia de la arteria portadora fue positiva en 41 (91.1%) de los casos y se logró demostrar la patencia de la arteria; hecho que al ser comparado con los valores obtenidos con la angiografía, logró alcanzar una sensibilidad del 91%, sin lograr calcular la especificidad pues no hay casos negativos para la patencia observada por angiografía.

Comparación de métodos

Para el establecimiento de la sensibilidad y especificidad de la resonancia magnética como método alternativo o complementario, para la evaluación clínica del aneurisma intervenido; se realizó la comparación contra la angiografía que actualmente es el estándar de oro para el control de estas lesiones vasculares.

Para la cuantificación del grado de estenosis, se obtuvo una sensibilidad del 50% y una especificidad del 100%; y al correlacionar los valores directos, medidos en mm, se obtuvo una correlación de Spearman de 0.672 con $p < 0.01$.

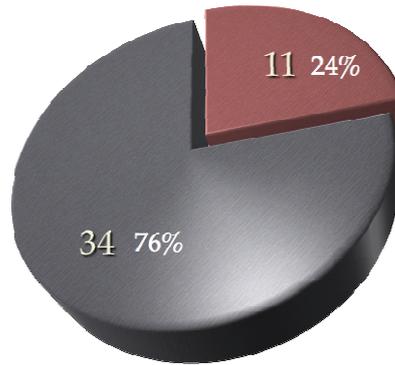
Para la visualización de del grado de oclusión se obtuvo una sensibilidad del 85.7%, con una especificidad del 100%. Observando los siguientes grados de opacificación: 17 (37.7%) con opacificación alta, 15 (33.3%) opacificación media, 13 (28.8%) con opacificación baja.

Para la comparación de las dimensiones medidas en mm, entre la angiorresonancia y la angiografía por sustracción digital, se llevó a cabo una T de Student para muestras relacionadas, se encontró una diferencia de aproximadamente 1 mm entre métodos, habiendo significancia estadística entre métodos ($p < 0.05$), sin embargo al realizar el coeficiente de correlación de Spearman, se obtuvo un valor de 0.9 ($p < 0.01$). Demostrando que la variación es estable y sistemática en todos los casos.

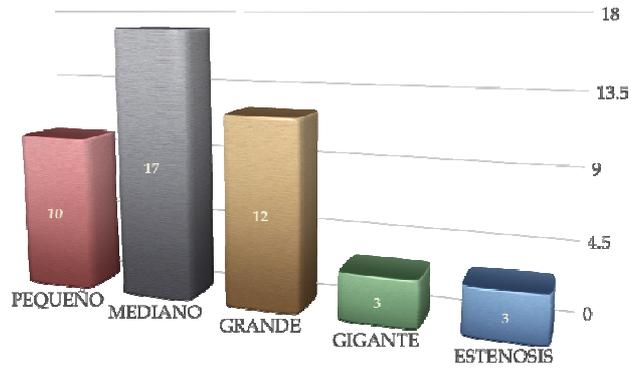
En la tabla 2 se resumen los hallazgos encontrados por medio del estudio de resonancia magnética.

Tabla 2.

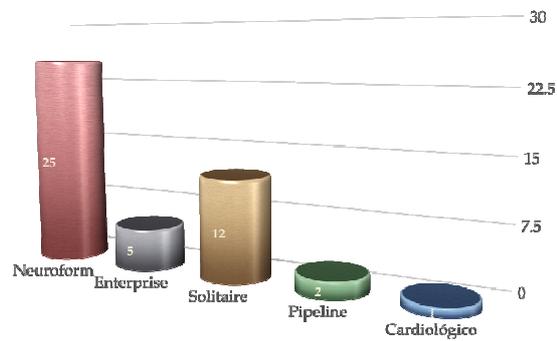
VARIABLE	Resultado
Coils/clips en el aneurisma:	
En el aneurisma	19 (42.2%)
Cercanos al aneurisma	4 (8.8%)
Distantes al aneurisma	6 (13.3%)
No dispositivos:	16 (35%)
Número de stent:	
1:	40 (88%)
2:	5 (12%)
Artificios por estructuras metálicas	16 (35%)
Visualización de la patencia de la arteria portadora	45 (100%)
Visualización del grado de estenosis intrastent	
Si	4 (9%)
No	41 (91%)
Visualización del grado de oclusión del aneurisma	
Si	24 (53%)
No	21 (47%)
Visualización de la conformación espacial del stent	100%
Opacificación intrastent de la arteria portadora.	100%
Tipo de stent:	
Neuroform	25 (55.5%)
Enterprise	5 (11.3%)
Solitaire	12 (26.6%)
Pipeline	2 (4.4%)
Cardiológico	1 (2.2%)



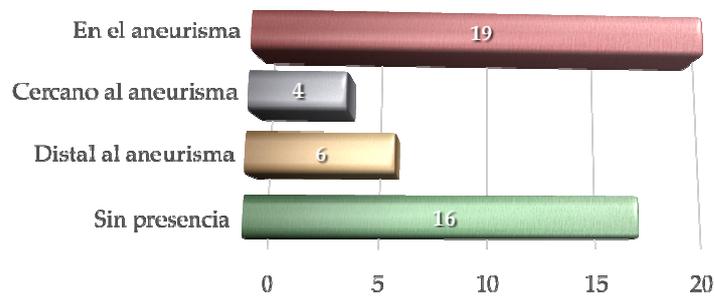
Gráfica 1. Distribución por género (Guinda: Hombres Gris: Mujeres)



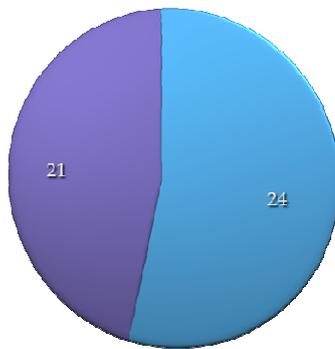
Gráfica 2. Distribución por tamaño de aneurisma.



Gráfica 3. Distribución tipo de Stent.

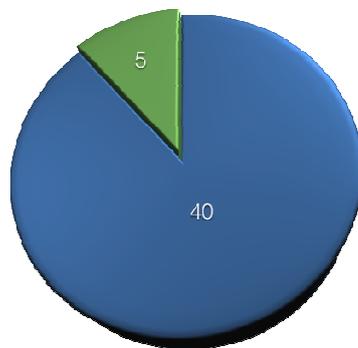


Gráfica 3. Distribución por presencia de Coils cercanos al stent



Oclusión del aneurisma.

Gráfica 4. Visualización de residual en aneurisma (Azul con residual, morado sin residual)



Gráfica 5. Pacientes tratados con 1 coil (azul) y tratados con 2 coils (verde)

DISCUSIÓN

Cuando se hace el tratamiento de un aneurisma intracraneal con cualquier tipo de stent, se debe tener especial cuidado y rigurosidad en el seguimiento de la respuesta del aneurisma y del vaso portador debido a los efectos adversos que se vienen reportando en la literatura mundial atribuibles a este tipo de dispositivos como la estenosis tardía, hiperplasia neointimal y la ruptura de aneurismas incidentales, entre otros.

En este estudio se presenta la técnica radiológica de Angiorresonancia magnética como una técnica no invasiva, eficaz, rápida y segura y reproducible para la valoración y seguimiento de los pacientes embolizados de su aneurisma cerebral con stent.

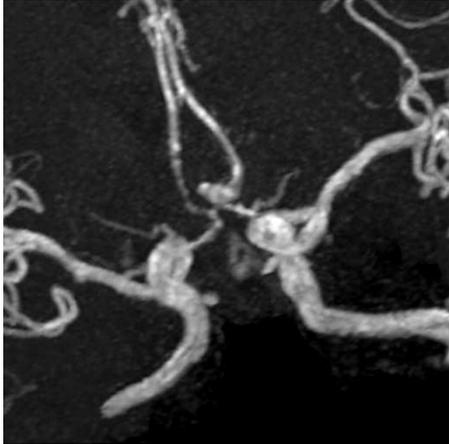
Respecto a las variables estudiadas para determinar la eficacia de la resonancia magnética de detector plano en la valoración y seguimiento de los pacientes quien han sido tratados con stent intracraneales, se encontró que la ARM con valores modificados permite evaluar todas las variables.

De estos 45 estudios, se presentaron 29 (64%) sin artefactos metálicos, con una alta asociación a adecuada opacificación del segmento intrastent. Asociado a esto, los otros 16 (35%) pacientes con artificios por estructuras metálicas puede afectar la calidad de la imagen.

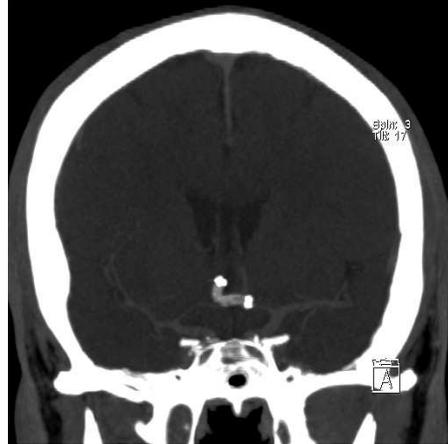
Existe un posible fallo diagnóstico en la interpretación del flujo laminar, ya que esto determina que en el centro del stent haya mas velocidad de flujo y se traduzca en mayor intensidad de la imagen comparado con el flujo en la periferia, el cual al ser mas lento, hace que la intensidad no sea tan marcada. Este fenómeno de flujo laminar se ha descrito claramente en los estudios de enfermedad carotídea ateromatosa.

También, puede considerarse que el artefacto metálico no se ha logrado suprimir en su totalidad, lo que indica una discreta reducción del diámetro medible en comparación con estudios de angiografía por sustracción digital.

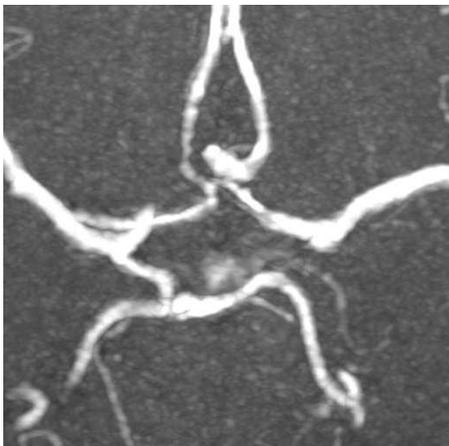
CASO 1



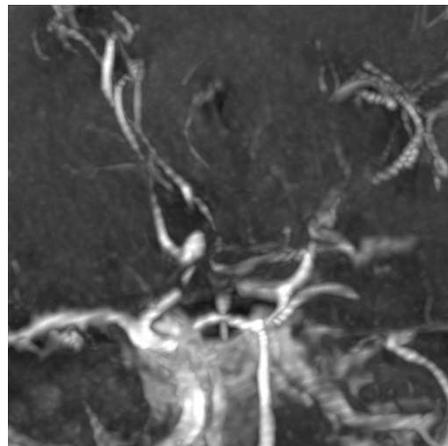
Angiorresonancia magnética, secuencia 3D TOF proyección coronal, donde se demuestra irregularidad en segmento A2 derecho en donde se encontró el Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria comunicante anterior.



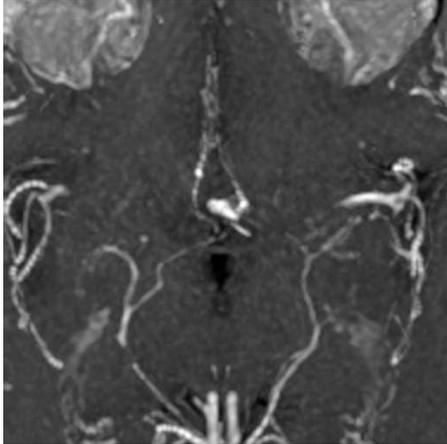
Correlación con DYNA-CT Head que demuestra la presencia del Stent Neuroform en arteria cerebral anterior en forma cruzada.



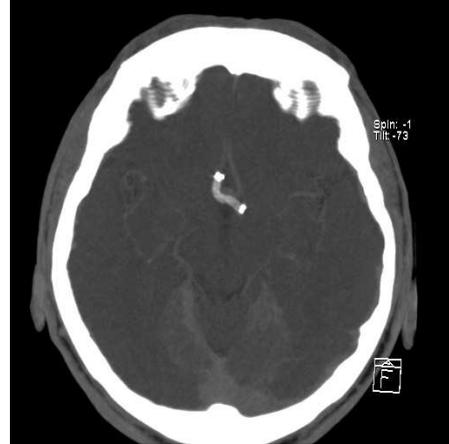
Angiorresonancia magnética, secuencia TRICKS proyección axial. Demuestra irregularidad en segmento A2 derecho en donde se encontró el Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria comunicante anterior.



Angiorresonancia magnética, secuencia SPGR Contrastada proyección axial. Demuestra irregularidad en segmento A2 derecho en donde se encontró el Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria comunicante anterior.



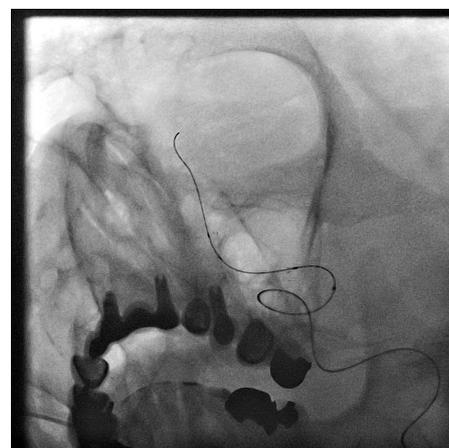
Angiorresonancia magnética, secuencia SPGR Contrastada con Gadolinio, proyección axial. Demuestra irregularidad en segmento A2 derecho en donde se encontró el Stant. Neuroform. El aneurisma aún está presente.



DYNA CT head en proyección axial que demuestra la posición del stent neuroform, en correlación con imagen previa.

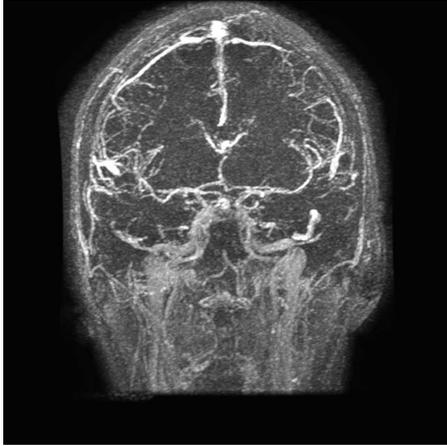


Angiografía en reconstrucción tridimensional que demuestra la irregularidad de la pared donde se encuentra el dispositivo intravascular.

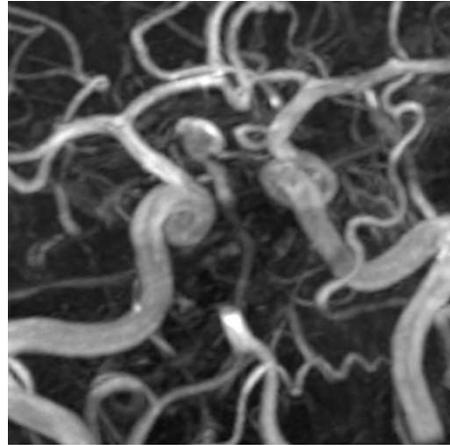


Angiografía con sustracción digital y micro guía metálica de referencia en donde se encuentra el stent neuroform.

CASO 2



Angiorresonancia magnética, secuencia 3D TOF proyección coronal Se observa defecto de llenado parcial en arteria basilar. Cuenta con Stant. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria basilar.



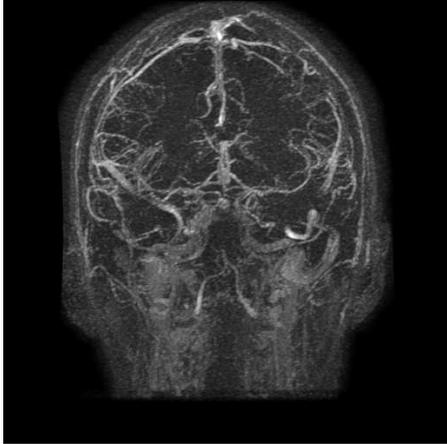
Angiorresonancia magnética, secuencia SPGR Contrastada proyección coronal Se observa defecto de llenado parcial en arteria basilar. Cuenta con Stant. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria basilar.



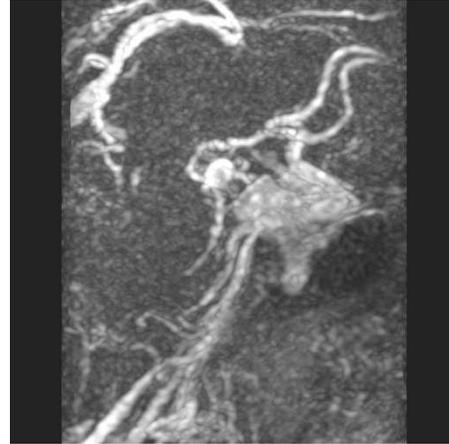
Angiorresonancia magnética, secuencia SPGR contrastada en proyección coronal Se observa defecto de llenado parcial en arteria basilar. Cuenta con Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria basilar parcialmente visible.



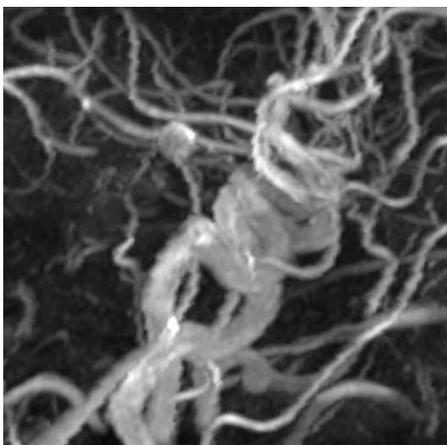
Angiorresonancia magnética, secuencia SPGR contrastada en proyección sagital Se observa presencia de Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria basilar.



Angiorresonancia magnética, secuencia 3D TOF proyección coronal. Se observa defecto de llenado parcial en arteria basilar. Cuenta con Stent. Neuroform y presencia del aneurisma en arteria basilar.



Angiorresonancia magnética, secuencia TRICKS proyección oblicua derecha. Se observa visualización de arteria basilar con aneurisma con llenado.



Angiorresonancia magnética, secuencia 3D TOF proyección oblicua derecha. Se observa llenado parcial en arteria basilar y aneurisma con llenado parcial. Cuenta con Stent. Neuroform.



Angiografía por sustracción digital que demuestra la presencia de stent en arteria basilar con presencia de aneurisma en el tope de la arteria basilar.

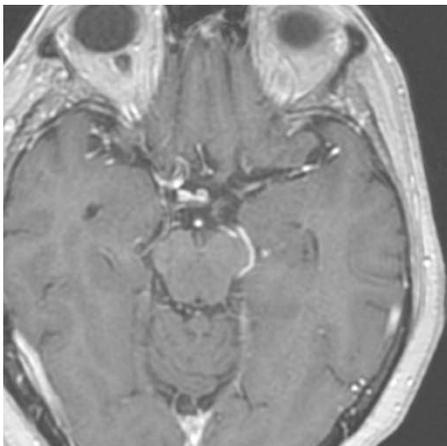
CASO 3



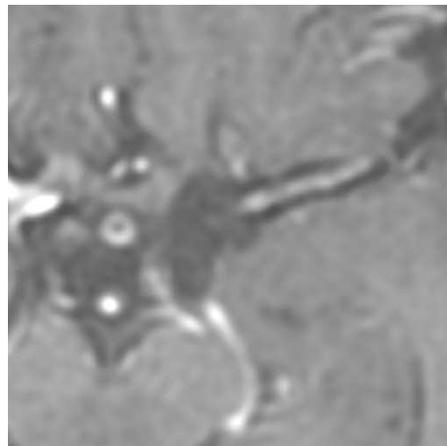
Angiografía digital con máscara ósea y en negativo que demuestra la permeabilidad de la arteria cerebral media izquierda y su diámetro.



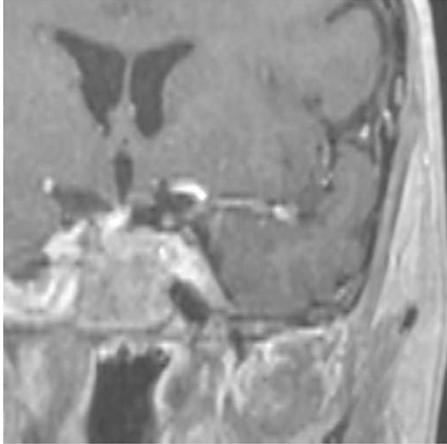
Angiografía con sustracción digital con sustracción ósea que demuestra la permeabilidad de la arteria cerebral media izquierda y su diámetro, con colocación de stent neuroform.



Resonancia magnética en secuencia SPGR contrastada en proyección axial, que demuestra la permeabilidad de la arteria cerebral media derecha y su diámetro.



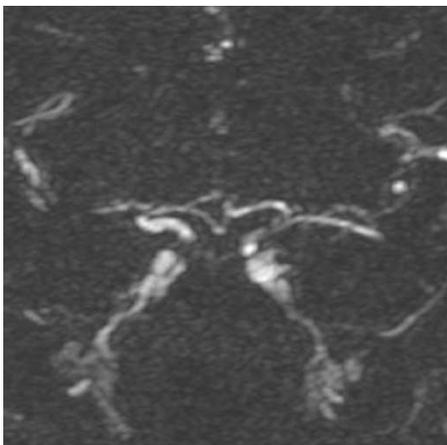
Resonancia magnética en secuencia SPGR contrastada con zoom en arteria cerebral media izquierda que demuestra el dispositivo.



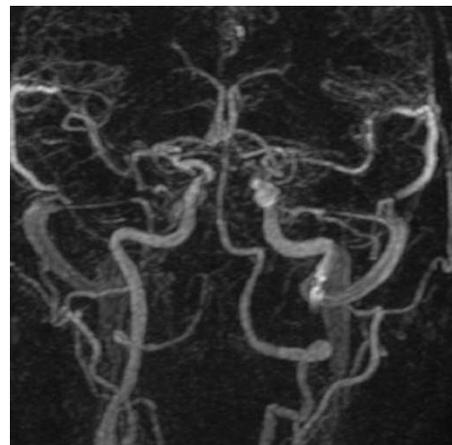
Resonancia magnética en secuencia SPGR contrastada en proyección coronal, que demuestra la permeabilidad de la arteria cerebral media derecha y su diámetro.



Resonancia magnética en secuencia 3D TOF con reconstrucción MIP que demuestra la permeabilidad de la arteria cerebral media derecha y su diámetro.



Resonancia magnética en secuencia TRICKS con reconstrucción MIP, donde se observa la permeabilidad de la arteria cerebral media izquierda y su diámetro.



Resonancia magnética en secuencia 3D TOF en reconstrucción tridimensional MIP, donde se observa la ACMI sin artefactos por dispositivo.

CONCLUSIONES

En este protocolo se logró demostrar que con la variación de valores de adquisición de angiorresonancia magnética se pueden obtener imágenes que demuestren adecuadamente el interior de los stent intracraneales y los cambios anatómicos que condiciona el dispositivo, así como su reproducibilidad en diversos equipos de resonancia magnética permitirán realizar estudios de seguimiento y control en pacientes tratados con stent intracraneal en cualquier equipo de resonancia magnética, evitando así procedimientos invasivos en ocasiones peligrosos.

Si la secuencia de angiorresonancia magnética modificada demuestra una buena evaluación del stent se puede evitar complicaciones derivadas de los procedimientos intervencionistas como la angiografía, así como la exposición a radiación ionizante como son los rayos X implicados en estudios de angiotomografía y angiografía por sustracción digital, con las siguientes consecuencias que esto trae a la salud, como factor de riesgo para algunas enfermedades neoplásicas.

REFERENCIAS

1. Karl-Olof Lövblad, Hassan Yilmaz, Amine Choutier, et al. Intracranial aneurysm stenting: Follow-up with MR Angiography. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 2006;24:418-422
2. Molyneaux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trail (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial. *Lancet* 2002;360:1267–74
3. Gnanalingham KK, Apostolopoulos V, Barazi S, O'Neill K: The impact of the international subarachnoid aneurysm trial (ISAT) on the management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage in a neurosurgical unit in the UK. *Clin Neurol Neurosurg*, 2006; 108: 117–23
4. Campi A, Ramzi N, Molyneux AJ et al: Retreatment of ruptured cerebral aneurysms in patients randomized by coiling or clipping in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Stroke*, 2007; 38: 1538–44
5. Ries T, Siemonsen S, Thomalla G et al: Long-term follow-up of cerebral aneurysms after endovascular therapy prediction and outcome of retreatment. *Am J Neuroradiol*, 2007; 28: 1755–61
6. Schaafsma JD, Velthuis BK, Majoie CB et al: Intracranial aneurysms treated with coil placement: test characteristics of follow-up MR angiography – multicenter study. *Radiology*, 2010; 256: 209–18
7. Kwee TC, Kwee RM: MR angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: systematic review and meta-analysis. *Neuroradiology*, 2007; 49: 703–13
8. Takayama K, Taoka T, Nakagawa H et al: Usefulness of contrast-enhanced magnetic resonance angiography for follow-up of coil embolization with the Enterprise stent for cerebral aneurysms. *J Comput Assist Tomogr*, 2011; 35: 568–72
9. Strother CM, Unal O, Frayne R et al: Endovascular treatment of experimental canine aneurysms: feasibility with MR imaging guidance. *Radiology*, 2000; 215: 516–19
10. Wikström J, Ronne-Engström E, Gal G et al: Three-dimensional time-of-flight (3D TOF) magnetic resonance angiography (MRA) and contrast-enhanced MRA of intracranial aneurysms treated with platinum coils. *Acta Radiol*, 2008; 49: 190–96
11. Buhk JH, Kallenberg K, Mohr A et al: Evaluation of angiographic computed tomography in the follow-up after endovascular treatment of cerebral aneurysms – a comparative study with DSA and TOF-MRA. *Eur Radiol*, 2009; 19: 430–36

12. Petkova M, Gauvrit JY, Trystram D et al: Three-dimensional dynamic time-resolved contrast-enhanced MRA using parallel imaging and a variable rate k-space sampling strategy in intracranial arteriovenous malformations. *J Magn Reson Imaging*, 2009; 29: 7–12
13. Horikoshi T, Fukamachi A, Nishi H, et al. Detection of intracranial aneurysms by three-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography. *Neuroradiology* 1994;36:203–07
14. Boulin A, Pierot L. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of gadolinium-enhanced 3D time-of-flight MRangiography and digital subtraction angiography. *Radiology* 2001;219:108–13
15. Kahara VJ, Seppanen SK, Ryymin PS, et al. MR angiography with three-dimensional time-of-flight and targeted maximum-intensity-projection reconstructions in the follow-up of intracranial aneurysms embolized with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999;20:1470–75
16. Westerlaan HE, van der Vliet AM, Hew JM, et al. Time-of-flight magnetic resonance angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *Neuroradiology* 2005;47:622–29
17. van Holten J, Wielopolski P, Bruck E, et al. High flip angle imaging of metallic stents: implications for MR angiography and intraluminal signal interpretation. *Magn Reson Med* 2003;50:879–83
18. Kaufmann TJ, Huston J III, Cloft HJ et al: A prospective trial of 3T and 1.5T time-of-flight and contrast-enhanced MR angiography in the follow-up of coiled intracranial aneurysms. *Am J Neuroradiol*, 2010; 31: 912–18
19. Schanker BD, Walcott BP, Nahed BV et al: Time-resolved contrast-enhanced magnetic resonance angiography in the investigation of suspected intracranial dural arteriovenous fistula. *J Clin Neurosci*, 2011; 18: 837–39
20. Maj E, Cieszanowski A, Rowiński O et al: Time-resolved contrast-enhanced MR angiography: Value of hemodynamic information in the assessment of vascular diseases *Pol J Radiol*, 2010; 75: 52–60
21. Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, et al. Intracranial aneurysms: evaluation by MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1990;11:449–55
22. Kang HS, Han MH, Kwon BJ, et al. Postoperative 3D angiography in intracranial. aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1463–69
23. Schmalbrock P, Yaun C, Chakeres DW, et al. Volume MR angiography: methods to achieve very short echo times. *Radiology* 1990;175:861–65
24. Wehrli FW, Chao PW, Youssef DM. Parameter dependence of susceptibility induced signal losses in gradient-echo imaging. *Magn Reson Imaging* 1989;7:139.

25. Wang Y, Truong TN, Yen C, et al. Quantitative evaluation of susceptibility and shielding effects of nitinol, platinum, cobalt-alloy, and stainless steel stents. *Magn Reson Med*. 2003;49:972–76
26. Sugahara T, Korogi Y, Nakashima K, et al. Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:1545–52
27. Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA, et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:1401–07

ANEXOS

APÉDICE 1: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIURGÍA
MANUEL VELASCO SUAREZ
Lic. San. 04 AM 0913012

INSURGENTES SUR NO.3877
C.P. 14269 MEXICO
TEL. 56 06 38 22

DIRECCIÓN MÉDICA
DEPARTAMENTO DE NEUROIMAGEN
Lic. San. 05 R 09 014 0004

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA RESONANCIA MAGNETICA
CCIRM-1/2014

C. DIRECTOR GENERAL DEL INNN MVS
P R E S E N T E

FECHA _____
NO. DE FOLIO _____
NO. DE EXP _____
NO. DE CAMA _____

EL (LA) QUE SUSCRIBE _____
NOMBRE COMPLETO DEL PACIENTE

CON DOMICILIO EN _____

_____ DOMICILIO COMPLETO (CALLE, COLONIA, C.P., DELEGACIÓN O MUNICIPIO Y ESTADO).

TELEFONO _____

ACUDO VOLUNTARIAMENTE A ESTE INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, PARA EL TRATAMIENTO DE MI ENFERMEDAD Y DE ACUERDO A LO QUE ME EXPLICARON E INFORMARON EN UN LENGUAJE CLARO Y SENCILLO; Y CONFORME A LO DISPUESTO EN LOS ARTICULOS 29, 76, 77, 78, 80 Y 81 DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS Y ATENCIÓN MÉDICA; EXPRESO MI CONSENTIMIENTO Y EN CONSECUENCIA AUTORIZO AL PERSONAL MÉDICO Y PARAMÉDICO DE ESTE INSTITUTO, PARA QUE ME APLIQUE EL MEDIO DE CONTRASTE, NECESARIO PARA TENER UN ESTUDIO COMPLETO DE RESONANCIA MAGNÉTICA Y LLEGAR A UN DIAGNÓSTICO, PARA CONTINUAR CON MI TRATAMIENTO. ENTIENDO QUE TODO ACTO MÉDICO, DIAGNÓSTICO O TERAPÉUTICO, LLEVA IMPLÍCITO UN RIESGO DE COMPLICACIONES MENORES O MAYORES E INCLUSO DE MORTALIDAD, COMO EN EL CASO DEL MEDIO DE CONTRASTE, EL CUAL PUEDE DESENCADENAR REACCIONES ADVERSAS NO PONDERABLES, EN TAL VIRTUD, CONSCIENTE Y COMPRENDIENDO TODO LO QUE SE ME HA EXPLICADO Y SIN QUE EN MI PERSONA EXISTA COACCION ALGUNA Y ESTANDO EN POSESIÓN DE MI LIBRE VOLUNTAD, EXPRESO Y REITERO MI CONSENTIMIENTO VALIDAMENTE INFORMADO, POR LO QUE FIRMO AL CALCE O PONGO LA HUELLA DIGITAL DE MI PULGAR DERECHO PARA EFECTOS LEGALES PROCEDENTES.

LOS PARIENTES O RESPONSABLE LEGAL DEL PACIENTE INFORMAMOS QUE NO ESTA CAPACITADO PARA TOMAR DECISIONES, PERO A SU NOMBRE ACEPTAMOS LA INFORMACIÓN QUE NOS PROPORCIONO Y LA RESPONSABILIDAD CORRESPONDIENTE.

ATENTAMENTE

_____ NOMBRE COMPLETO DEL PACIENTE O RESPONSABLE LEGAL CON IDENTIFICACIÓN OFICIAL

TESTIGO POR EL PACIENTE

TESTIGO POR EL INSTITUTO

_____ NOMBRE COMPLETO Y FIRMA
CON IDENTIFICACIÓN OFICIAL

_____ NOMBRE COMPLETO Y FIRMA
CON IDENTIFICACIÓN OFICIAL