



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIROGÍA MANUEL  
VELASCO SUAREZ**

**USO DE LA RESONANCIA EN LA EVALUACIÓN DEL WALLSTENT EN  
PACIENTES CON ENFERMEDAD CAROTIDEA EN EL INSTITUTO  
NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIROGÍA MANUEL VELASCO  
SUAREZ. EXPERIENCIA INICIAL**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:**

**TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA**

**PRESENTA**

**ALEJANDRO FELIPE ROJAS MARROQUÍN**

**TUTORES**

**DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS  
DR JORGE LUIS BALDERRAMA BAÑARES**

**COAUTORES**

**DR RODOLFO ZA VALETA ANTÚNEZ  
TR FERNANDO ITURBE**

**SERVICIO TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA  
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIROGÍA MANUEL VELASCO SUAREZ**

**MÉXICO D.F,**

**JULIO 2013**



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 JUAN NICASIO ARRIADA MENDICOA**

**DIRECTOR DE ENSEÑANZA  
INNyNMVS**

---

**DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS  
PROFESOR TITULAR DEL SERVICIO DE TERAPIA ENDOVASCULAR  
NEUROLÓGICA Y TUTOR DE TESIS  
INNyNMVS**

---

**DR. JORGE LUIS BALDERRAMA BAÑARES  
ADSCRITO DEL SERVICIO DE TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA Y  
TUTOR DE TESIS  
INNyNMVS**

**ALEJANDRO FELIPE ROJAS MARROQUÍN  
AUTOR DE LA TESIS**

---

**JULIO 2013**

“El contenido y la presentación de esta tesis es responsabilidad exclusiva del autor y tutor de la misma, por lo que su reproducción parcial o total requiere la autorización por escrito de ambos”

**ALEJANDRO FELIPE ROJAS MARROQUÍN  
AUTOR DE LA TESIS**

---

**DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS  
DR. JORGE LUIS BALDERRAMA BAÑARES  
DR. RODOLFO ZAVALA ANTÚNEZ  
DR. FERNANDO ITURBE  
ASESORES DE TESIS  
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA MANUEL  
VELASCO SUÁREZ**

---

**JULIO 2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Abdón y Esperanza por ser mis guías y mi inspiración,  
A mi esposa, Ana Milena porque me supo comprender la noble esencia de la  
vocación médica,

A mis hijos, Alejandro y Emilio por ser las razones de mi vida,  
A mis tutores, los Maestros Zenteno y Balderrama por sus valiosísimas enseñanzas.

A mi gran amigo Rodolfo Zavaleta Antúnez, quien sin su inmensa ayuda habría  
sido imposible la realización de ésta tesis.

## ÍNDICE

Página

---

1. Introducción .....	6
2. Antecedentes .....	7
3. Planteamiento del problema.....	10
4. Pregunta de Investigación .....	11
5. Hipótesis.....	12
6. Objetivos.....	13
7. Justificación.....	14
8. Material y Métodos.....	15
9. Protocolo de imagen.....	16
10. Resultados.....	17
11. Discusión .....	18
12. Conclusiones.....	19
13. Anexos.....	20
14. Consentimiento Informado .....	24
15. Bibliografía.....	25

## INTRODUCCION.

La colocación de Stent en la arteria carótida (CAS) es una medida terapéutica ampliamente utilizada actualmente para la prevención del evento cerebrovascular en personas con estenosis carotídea sintomática o con alto grado de estenosis. Para la evaluación de la efectividad del tratamiento y la detección fiable de complicaciones como la re-estenosis o la oclusión del vaso, es obligatorio un seguimiento imagenológico adecuado. Las opciones incluyen el ultrasonido Doppler, la angiografía por sustracción digital (**ASD**), la angiotomografía (**ATC**) y la angioresonancia (**ARM**). Sin embargo existen algunas limitantes como por ejemplo el uso de radiación ionizante en la ASD y la ATC. En cuanto a la ecografía es operador-dependiente y puede ofrecer reproducibilidad limitada. En comparación, la resonancia magnética mediante secuencias angiográficas ofrece la ventaja de ser no invasiva y libre de radiación ionizante, por lo que es una opción prometedora para la formación de imágenes de seguimiento. Sin embargo, los artefactos relacionados con el Stent, condicionan una limitación para su uso. Se han realizado estudios previamente mejorando la resolución espacial mediante el uso de medio de contraste que ha demostrado el lumen intra-stent en diferentes intensidades de campo [<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>]. A pesar de dichos cambios los artefactos relacionados con el stent dan la impresión de estrechamiento de la luz y la señal es limitada para la visibilidad en la atenuación de la luz del stent. La secuencia angiográfica Tiempo de vuelo (**TOF**) es un tipo de secuencia establecida y ampliamente utilizada para representar las estructuras vasculares intra y extra craneales que no requieren el uso de agentes de contraste. Hasta la fecha, no existen directrices claras para los exámenes de seguimiento eficaces en el Stenting carotídeo. [<sup>10,11,12,13</sup>].

Para ayudar a desarrollar protocolos estándar para el seguimiento mediante éste método de imagen, se deben comparar diferentes modalidades objetivamente en cuanto a la luz del stent, la atenuación de la señal en el stent y los artificios relacionados con el dispositivo. Estudios previos sobre las imágenes de los stent emplean ARM, ATC y ASD [<sup>14,15</sup>]. Hasta donde sabemos, solo existen un par de investigaciones hasta la fecha que analizan sistemáticamente artificios y visibilidad del stent con secuencias angiográficas tridimensionales (3D-TOF), sin embargo no existen investigaciones en donde muestren la superioridad de las secuencias volumétricas con visualización directa del paso de medio de contraste a través del stent, ni la versatilidad y mejora de la secuencia 3D -TOF de alta resolución y a que actualmente con las bobinas de resonancia magnética y de superficie de alto campo, potentes herramientas que han sido desarrolladas para reducir el tiempo de adquisición y mejorar la calidad de la imagen. Que esto ayude a superar las mínimas debilidades que ocasionan las secuencias angiográficas, por lo que ambas secuencias son un prometedor protocolo de estudio de los stent carotídeos usando o no medio de contraste. El propósito de este estudio fue determinar la eficacia y fiabilidad de la secuencia 3D-TOF de alta resolución y las secuencias con fluoro-resonancia en la representación de la luz del stent y características propias del vaso.

## ANTECEDENTES

Desde que Fisher en 1958 hizo notar la importancia de la enfermedad aterosclerótica carotídea como una de las principales causas en la génesis del Evento Vascular Cerebral, se han cifrado grandes esperanzas en la prevención y tratamiento de esta enfermedad incapacitante (<sup>1,2,3</sup>). Hoy en día, el infarto cerebral es la tercera causa de muerte en los E.U. y aproximadamente el 50% de ellos se deben a enfermedad aterosclerótica de la arteria carótida extra craneal (<sup>2,3</sup>).

La estenosis intensa u oclusión de la arteria carótida interna puede ser completamente asintomática cuando la circulación colateral a través del polígono de Willis es adecuada. En estos pacientes, la identificación de una placa carotídea puede ser la única lesión estenótica que sugiera un bajo flujo arterial cerebral (<sup>2,3,4</sup>). En busca de una evaluación de la estenosis carotídea mediante técnicas no invasivas, aparecieron la oculopleetismografía, el doppler bidireccional peri orbitario y el doppler transcraneal. Estos estudios, debido a que son métodos de exploración indirectos, no pudieron precisar la localización, extensión o número de lesiones en la arteria carótida, y se considera que el 35% de ellos no son diagnósticos debido a la insuficiente penetración del ultrasonido (<sup>16,17,18,19</sup>).

El examen con el método doppler-duplex descrito por Barber y colaboradores en 1974 ha demostrado su utilidad diagnóstica al combinar la imagen de alta resolución en escala de grises del Modo-B con el análisis doppler de los flujos obteniendo una información anatómica de las estructuras vasculares así como datos fisiológicos sobre el flujo sanguíneo en el interior de las mismas. Este procedimiento, no invasivo y de exploración directa, permite determinar el grado de estenosis y su repercusión hemodinámica (<sup>20,21,22</sup>).

Las imágenes obtenidas de la combinación de sonografía doppler con sonografía en modo-B (sonografía dúplex) son capaces de detectar pequeños y precoces cambios ateroscleróticos incluso no detectados por angiografía, pero la calidad de la imagen se deteriora cuando incrementa el grado de estenosis, esto debido a placas irregulares o calcificadas con sombras que oscurecen la luz del vaso así como trombos anecoicos e invisibles. En estos casos, el análisis espectral doppler en color puede identificar y cuantificar de forma mas precisa la estenosis (<sup>23,24</sup>). Sin embargo, aún con todo esto en ocasiones no se pueden demostrar las características de la placa y la posible repercusión hemodinámica como ya se ha mencionado.

La alta resolución de las imágenes en escala de grises permite la caracterización de la placa. Todas las placas deben evaluarse para determinar su extensión y localización, Para Young y colaboradores la sensibilidad y la especificidad de la sonografía dúplex comparada con los resultados angiográficos digitales en pacientes con estenosis menor del 30% es de 93% y 82% respectivamente, en estenosis del 30-70% es de 89% y 93%, en estenosis mayor del 70% de 93% y 92% y en la oclusión de 93% y 99% (<sup>25,26</sup>).

Srinivasan afirma que, independientemente de la exactitud de la sonografía dúplex en estenosis carotídea comparada con la angiografía digital, la evaluación ecográfica es un excelente método de screening en pacientes sintomáticos o asintomáticos con factores de riesgo (<sup>22,23</sup>).

Anteriormente en todos los pacientes en quienes se detectaba estenosis carotídea ya sea por el método sonográfico o bien por el método angiográfico se decidía el tratamiento quirúrgico y se normaron criterios según la clasificación de NASCET (COMITÉ DE ENDARTERECTOMIA CAROTÍDEA SINTOMÁTICA DE NORTEAMERICA). Posteriormente el uso de la tomografía mostró su utilidad al demostrar las placas calcificadas como zonas de mayor densidad adheridas a la pared del vaso y al aplicar medio de contraste a través de estas arterias mostraba las características morfológicas de la arteria así como la relación que tiene con la placa, más sin embargo nunca se pudo demostrar de manera fehaciente la estabilidad o bien la inestabilidad de la placa, únicamente proporcionaba la reducción del calibre arterial acercando al grado de estenosis que pudiera tener; hasta éste momento el ultrasonido doppler demostró su superioridad con respecto a la tomografía y actualmente por sobre la angiografía por sustracción digital.

Actualmente con el advenimiento tecnológico la resonancia magnética ha demostrado su valor al permitir observar mediante secuencias cada vez más complejas las características de la placa, la estabilidad o la inestabilidad de la misma, así como los aspectos morfológicos de la arteria. (<sup>27,28</sup>)

La colocación de los stent carotídeos se han convertido en un método terapéutico dinámico y rápido para el tratamiento de la reducción de calibre carotídeo secundario a enfermedad aterosclerótica, sin someter a los pacientes a un procedimiento altamente invasivo de endarterectomía, pero, ésto ha sido controversial y se han comparado ambos métodos, mostrando la superioridad que puede tener la colocación del stent carotídeo para estos fines. Con el transcurrir del tiempo se ha vuelto más frecuente el uso del Stent carotídeo con o sin Angioplastía acompañados de dispositivos de protección distal, dentro sus beneficios ofrecidos se encuentran que es una técnica menos invasiva, con menores tiempos de recuperación posterior al procedimiento; así como una menor morbilidad a los pacientes clasificados como de alto riesgo para endarterectomía, dentro de este grupo de personas encontramos patologías como insuficiencia renal crónica, insuficiencia cardíaca congestiva NYHA III/IV, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, pacientes con antecedente de radioterapia en cuello o de anatomía complicada, antecedente de endarterectomía con re-estenosis y presencia de traqueostomía.

Así pues esto ha incluido el seguimiento de estos dispositivos tras su colocación, lo cual se llevó a cabo mediante la angiografía con sustracción digital, posteriormente se combinó el método angiográfico con el método sonográfico convencional y doppler dúplex, posteriormente se utilizó la tomografía computada con resultados regulares ya que se producía artefacto y una mala reconstrucción de éste dispositivo sin poder visualizar el interior del mismo. Posteriormente con el advenimiento de la tomografía por detector plano se innovó la forma de estudiar los dispositivos intra-arteriales (stent) permitiendo observar el paso de medio de contraste a través de los dispositivos reconstruyendo en forma fiel las características del stent, la relación con el vaso y así mismo el calibre de éste en relación

con el vaso, sin embargo, tras la colocación de estos dispositivos se demostró la presencia de reacción endotelial como una respuesta fisiológica ante la agresión que se presentaba condicionando un reto, ya que si bien, con el uso del stent carotideo se logra recuperar el flujo carotideo en arterias estenosadas, la formación de crecimiento endotelial en el stent condiciona a su vez reducción del calibre y por tanto del flujo en el interior de estos dispositivos. De tal manera que los métodos de imagen que se acercan a la caracterización de estas condiciones solo han sido el ultrasonido y la tomografía por detector plano; sin embargo, con el razonamiento de que la resonancia magnética es un método que nos permite la visualización de los tejidos con mayor precisión tomamos como consideración que existen secuencias angiográficas que nos pueden posibilitar el estudio con mayor precisión estos dispositivos.

La angiografía por Resonancia Magnética es una técnica ampliamente utilizada en instituciones de alta complejidad, es no invasiva, se utilizan diferentes secuencias para la evaluación de la estenosis entre ellas encontramos el 3D TOF (Time of flight), que obtiene imágenes en tercera dimensión, la ventaja de esta secuencia es que no utiliza medio de contraste. La utilización del medio de contraste (gadolinio) permite una mejor delineación de las áreas de estenosis; para una mejor evaluación de las arterias carótidas se puede emplear la resonancia con otras secuencias como secuencias 3D TOF y Fluoro-resonancia. La sensibilidad varía entre el 82% al 100% y su especificidad entre el 95% al 100% para estenosis mayores del 70%, esta herramienta permite objetivar el porcentaje de estenosis de las arterias carótidas, entre sus principales desventajas se encuentran su costo, disponibilidad, además puede sobre estimar el porcentaje de estenosis ocasionado por la turbulencia que causa desfase del Spin. (<sup>29,30,31</sup>).

La angioplastia con Stent carotideo requiere adecuado seguimiento con estudios imagenológicos para evaluar complicaciones tales como estenosis intra-stent u oclusiones. El objetivo de ésta tesis es evaluar la resonancia magnética con secuencias de angioresonancia en tiempo de vuelo en tres dimensiones (3D-TOF) y fluororesonancia para la visualización del lumen intra-stent en Wallstent carotídeo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente en el estudio de los dispositivos intra-arteriales (STENTS) existen secuencias que permiten observar dichos dispositivos; sin embargo, es posible que se pueda establecer una planeación adecuada para el estudio de estas estructuras y que además permita evaluar el interior del stent y nos proporcione información que permita medir cuantitativamente la presencia o no de estenosis intra stent u oclusión

## **PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿Podemos emplear secuencias por resonancia magnética cuya capacidad de visualización sea óptima a fin de determinar el comportamiento en el interior del stent carotideo WallStent?

## **HIPÓTESIS**

Entre los métodos de imagen para el seguimiento de los stent (WallStent) carotídeos existe un método de imagen que permita mostrar el interior del stent en forma precisa superior a los ya utilizados, que además permita caracterizar mejor los tejidos circundantes al dispositivo y la relación entre el dispositivo y el vaso.

## **OBJETIVOS Y METAS**

- Determinar el comportamiento del Stent en la pared arterial mediante resonancia
- Describir la presencia o no de estenosis intra-stent mediante el uso de secuencia 3D TOF de alta resolución y Fluororesonancia
- Crear un protocolo mediante resonancia magnética que permita el seguimiento de los stent carotideos

## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad las técnicas de imagen han evolucionado y se han modificado a fin de poder demostrar en forma adecuada los tejidos, la patología y la relación que tiene con las estructuras vecinas, estableciendo una serie de secuencias que permiten observar mejor los dispositivos endovasculares (stent), algunas de ellas han sugerido la evaluación por ultrasonido, algunas veces por métodos que emplean radiación ionizante y por resonancia magnética no se ha empleado por el mito de pensar que dicho dispositivo se moverá o generará cambios en el vaso con la aplicación de un gradiente de magnetización dada su estructura metálica que lo compone, por tal motivo se ha planteado el uso de secuencias angiográficas con medio de contraste y sin medio de contraste como una técnica prometedora en el seguimiento de los stent carotídeos, además de interpretar el comportamiento del stent con los tejidos vecinos, la relación que tiene el dispositivo con el vaso, la luz del stent y el artefacto que ejerce al aplicar secuencias de resonancia magnética y no solo eso sino que con la administración de gadolinio se incrementa la sensibilidad del método permitiendo observar de manera objetiva la luz del stent con mayor precisión.

El objetivo del presente trabajo de investigación es encontrar si las secuencias angiográficas 3D TOF de alta resolución y fluororesonancia pueden ser útiles, para permitir demostrar las características antes mencionadas y posteriormente generar un impacto sobre la terapéutica y en la evaluación pronóstica.

Si bien el diagnóstico de estas patologías se fundamenta en la clínica y en los estudios de ultrasonido que hasta la actualidad han demostrado su eficacia este método de imagen permitirá ayudar en forma oportuna al diagnóstico; incluido como parte de la metodología de estudio y seguimiento, ya que aún cuando el ultrasonido es muy eficiente en el estudio y seguimiento de estos dispositivos no deja de tener la limitante de requerir de personal altamente calificado para su realización e interpretación

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio prospectivo, observacional, descriptivo de casos en el periodo comprendido de marzo a junio del 2013 en el cual se incluyó a un total de 5 pacientes quienes acudieron a su cita de control para vigilancia del stent carotídeo con antecedente de enfermedad carotídea previa a la colocación del Wallstent con un rango de edades entre los 45 – 65 años; 55 años edad media) los cuales se sometieron a estudio de resonancia magnética para la aplicación de secuencias angiográficas 3D TOF de alta resolución y fluororesonancia, previo consentimiento informado, valores de creatinina normales y dispuestos a participar en el estudio. Todas las imágenes obtenidas se analizaron en una estación de trabajo avanzada en forma tridimensional con imágenes en crudo y MIP para el análisis del dispositivo y se comparó con los estudios de ultrasonido que se realizaron el mismo día en que se realizó la resonancia magnética, obteniendo imágenes representativas de ambos métodos. Para la sistematización y el análisis de la información se creó una base de datos en Excel, en donde se incluye el calibre de la luz en el interior del stent y se realiza tabla comparativa con respecto a las mediciones con ultrasonido, se comparan las imágenes.

## **PROTOCOLO DE IMAGEN**

Se realizaron secuencias angiográficas en un resonador GE 1.5 T (**Signa cv/i, versión 8.2.5– 8.4 software; GE Medical Systems**) dirigidas al cuello con énfasis a las carótidas 3D TOF en fase, con TE min máximo, ancho de banda 40, flip angle 25°, 256 x 256 matriz, 24-cm FOV, 1.2-mm sección de corte, y 0mm de espacio entre corte. Con función overlap desde los troncos supra-aórticos hasta la bifurcación carotidea intracraneal. Una secuencia SPGR isométrico de 128 x 128 de matriz, 24cm de FOV, 1.5mm sección de corte, y 0mm de espacio entre corte en el cuello para la planeación de secuencias angiográficas; localizador 2D en plano coronal para la planeación de la fluoro resonancia dirigida a las carótidas. Administración de medio de contraste 20cc y posteriormente 20cc de solución fisiológica al 0.9% para la fase dinámica y se corre secuencia de fluororesonancia con adquisiciones volumétricas al visualizar la llegada de medio de contraste al origen de la arteria carótida común.

### **Detección de Secuencia y Activación**

Se realiza una inyección de medio de contraste previamente realizada la adquisición del plano bidimensional que proporciona los troncos supra-aórticos, ejecutando la secuencia tras la administración de medio de contraste gadolinio con un caudal de 5 cc por segundo a 250psi de presión en una vena cateterizada con catéter calibre 18G en la M venosa a fin de asegurar una vena de calibre adecuado. Tras la visualización de gadolinio en el cayado aórtico se dirige el ROI en el origen de la arteria carótida hasta la visualización del ingreso del medio de contraste a estas arterias, aplicando secuencia bajo visualización directa de paso de contraste con adquisición volumétrica.

### **Monitorización en tiempo real y adquisición**

El orden de visualización de esta secuencia angiográfica por resonancia es en orden ascendente desde la distancia radial del espacio – K hasta el espacio K de origen. Los parámetros de la secuencia incluyen 6.2/1.5; flip angle of 30°; fractional echo acquisition; field of view of 36 3 27 cm (three-fourths of the field of view in the frequency-encoding dimension); matrix of 352 3 352; bandwidth of 62.5 kHz; section thickness of 1.2 mm; 70 sections acquired, which resulted in a 8.4-cm-thick sagittal slab; and a total imaging time of 118 seconds. Obteniendo voxel isotrópico de 1.0 3 1.0 3 1.2 mm.

### **Procesamiento y revisión de imagen**

Por medio de postprocesamiento, con software VRT, GE, Workstation, de las imágenes en tres planos (axial, coronal y sagital) mediante mapa lineal colocado en el sitio de colocación del stent para visualizar el interior del stent, en el cual se midió el calibre de la luz intrastent. Así mismo se hizo reconstrucción VRT y MIP de cada stent.

## RESULTADOS

Se estudiaron un total de 5 pacientes con antecedente de enfermedad aterosclerótica con estenosis carotídea y cuyo tratamiento fue la colocación de stent (Wallstent) con un rango de edades entre los 45 – 65 años; 55 años edad media), todos ellos de sexo masculino en el periodo comprendido de marzo a junio del 2013, a los cuales se les realizó estudio de ultrasonido como seguimiento del dispositivo carotídeo y que previo consentimiento informado aceptaron participar en este protocolo de resonancia magnética con aplicación de secuencias angiográficas sin contraste y con medio de contraste.

Se realizó tabla de concentración en relación a los hallazgos obtenidos en los estudios por ultrasonido y se comparó con los estudios por resonancia magnética para ambas secuencias.

En nuestro estudio todos los pacientes fueron de género masculino, la media de edad fue de 54.4 años, el 60% de los pacientes tenían el Stent en la arteria carótida interna derecha, el 20% en la arteria carótida interna izquierda y el 20% tenían localización bilateral (ACMD-ACMI). **Ver gráfica 1.**

En el 100% de los pacientes se visualizó el Stent en las secuencias angiográficas por resonancia y en el 80% se observó adecuadamente el lumen intra stent.

En la secuencia 3 D TOF el artefacto en el interior del Stent fue mínimo en el 80% de los pacientes, mientras que en la secuencia Fluororesonancia en el 80% de los pacientes no hubo artefacto en el interior del stent.

Por otra parte se documentó que existe una correlación con las imágenes tanto sonográficas como por resonancia en cuanto al sitio de reducción del calibre del vaso y en cuanto a la localización de la hiperplasia intra stent. **Ver gráficas 2 y 3.**

## DISCUSIÓN

Los 2 mayores tipos de artificios relacionados con el Stent están descritos en la literatura: Susceptibilidad y radiofrecuencia. La susceptibilidad relacionada con los artefactos es causada por el tipo de material del Stent y el tejido alrededor del stent. La radiofrecuencia es producida por los struts del stent.

El grado de artefacto y subsecuentes cambios en la visibilidad del lumen intra stent dependen del tipo de stent, su tamaño y secuencias utilizadas.

Sin embargo, la influencia de una geometría compleja del stent sobre el artefacto producido por él mismo es difícil de predecir. El desarrollo de guías específicas para el seguimiento imagenológico de Stenting carotídeos puede ser un abordaje beneficioso para sobrellevar éste problema. Para el desarrollo de guías standard de imagen diferentes tipos de secuencias MRA son necesarias para que sean comparadas con otras modalidades de imagen disponibles. Para el seguimiento imagenológico, la MRA tiene la ventaja de incluir la visualización del parénquima cerebral. La desventaja de la angio resonancia incluye el relativo alto costo así como también la disponibilidad limitada.

Éste estudio fue realizado In Vivo por lo que no tiene las limitantes de estudios realizados In Vitro en los que la geometría de los vasos y el patrón del flujo difieren de las condiciones In Vivo.

Los estudios por resonancia magnética son muy útiles para la visualización de los dispositivos intra arteriales (stent).

Las secuencias volumétricas SPGR nos permitieron definir el entorno del stent y planeaciones del estudio con alta definición del stent. (**Ver figura 1**).

Las secuencias 3 D TOF con la modificación a una de alta resolución con dimensiones voxel 0.9 mm, nos proporcionó la caracterización del stent exterior e interiormente. (**Ver figura 2**).

La secuencia Fluoresonancia nos permitió la visualización del lumen intra stent con mínimo artefacto (**Ver figura 3**); en suma, las secuencias utilizadas en el presente estudio nos permitieron la caracterización del stent y la visualización del flujo en el interior del mismo con mínimo artefacto (**Ver figuras 1,2 y3**) probablemente con mejor definición que el ultrasonido, sin embargo, se necesitarán estudios complementarios y líneas de investigación para comparar éstos métodos imagenológicos.

## CONCLUSIONES

Los estudios por resonancia magnética son muy útiles para la visualización de los dispositivos intra arteriales (stent) dejando a un lado el mito que se tenía con respecto a dichos dispositivos, si bien su composición es de acero inoxidable en los estudios no se observaron cambios en relación a movimiento o desplazamiento del mismo, así mismo los pacientes no experimentaron ningún cambio en relación a la temperatura o referencia de dolor en el sitio del stent en ningún momento del estudio.

Las secuencias volumétricas SPGR nos permitieron definir el entorno del stent y planeaciones del estudio con alta definición del stent.

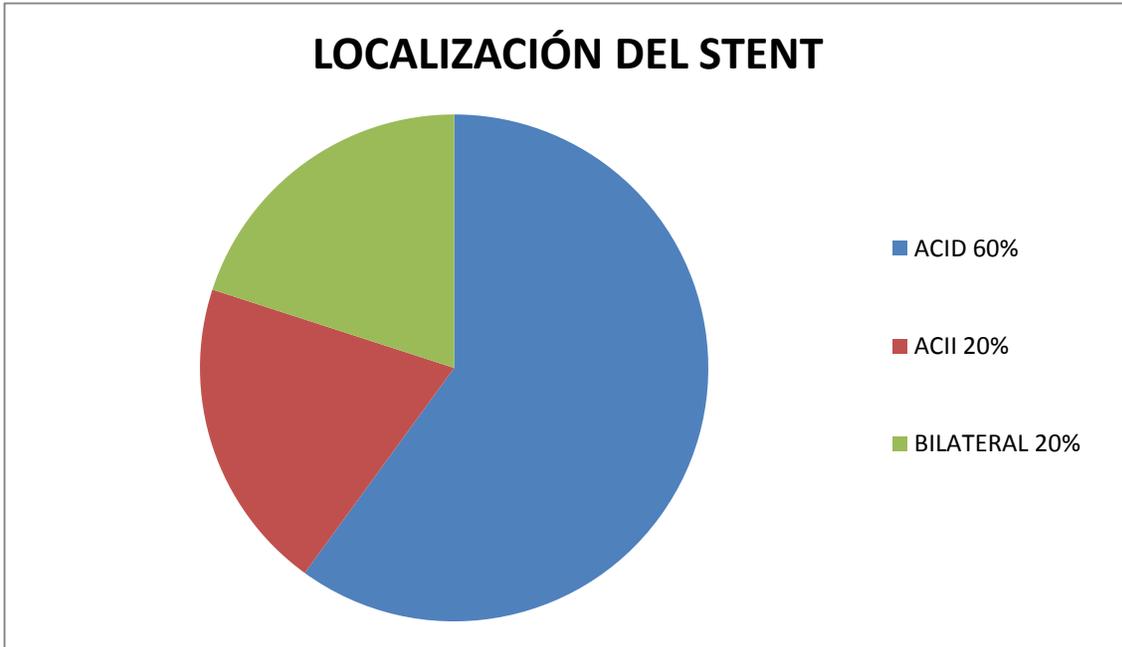
La secuencia 3D TOF es la secuencia más utilizada para la caracterización de las estructuras arteriales, sin embargo como se ha descrito en algunas publicaciones el artificio que condiciona estas secuencia ante la presencia del dispositivo carotideo no permite la visualización adecuada del interior del stent; sin embargo al realizar la modificación de secuencia convencional a una de alta resolución con dimensiones de voxel de 0.9mm proporciona la caracterización del stent y nos permite la evaluación del interior del stent en forma muy precisa.

Por otro lado la secuencia por fluoro resonancia permite la visualización del flujo en el interior del stent con mínimo artificio sobre la luz del dispositivo lo que hace una caracterización aún más precisa.

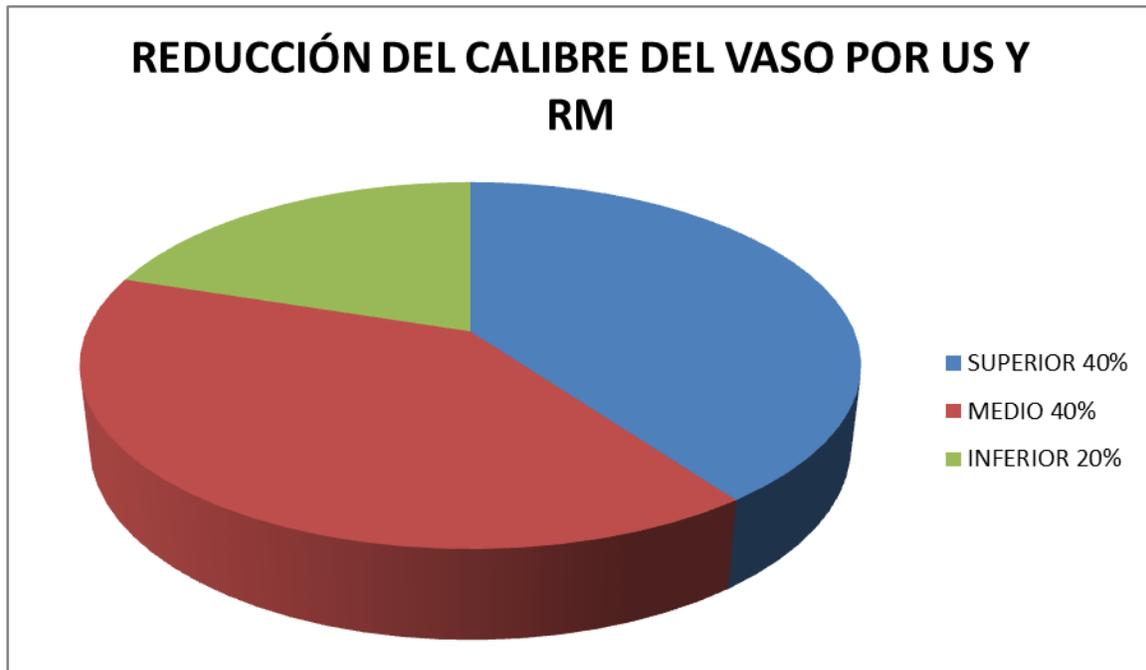
Por tanto las secuencias utilizadas nos permitieron la caracterización del stent, así como el interior del mismo en forma precisa probablemente con mayor eficacia que el ultrasonido, aunque esto requerirá una línea de investigación para comparar los métodos que se emplean para el seguimiento de estos dispositivos; por lo cual resulta ser un método prometedor para el seguimiento de los stent carotideos.

## ANEXOS

SUMARIO DE HALLAZGOS DEL STENT (WALLSTENT) EN IMÁGENES POR RM Y ULTRASONIDO							
HALLAZGOS	PACIENTES No. / sexo/edad						
	1/M/65	2/M/47	3/M/59	4/M/45	5/M/56		
localizacion del stent							
US	ACID	ACII	ACMI-ACMD	ACID	ACID		
RM	ACID	ACII	ACMI-ACMD	ACID	ACID		
IMÁGENES POR RM							
visualizacion del stent en las imágenes SPGR	SI	SI	SI	SI	SI		
Visualizacion el interior del stent en las imágenes	SI	SI	SI	SI	NO		
Artificio en el interior del stent 3D TOF	MINIMO	MINIMO	MINIMO	MINIMO	MODERADO		
Artificio en el interior del stent FLUORORM	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	MODERADO		
SITIOS DE REDUCCION DE CALIBRE							
US	1/3 MEDIO	1/3 SUP	1/3 MEDIO	1/3 INF	1/3 SUP		
RM	1/3 MEDIO	1/3 SUP	1/3 MEDIO	1/3 INF	1/3 SUP		
HIPERPLASIA LOCALIZACION							
US	1/3 MEDIO	1/3 INF	1/3 MEDIO 1/3 INF	1/3 INF	NO SE VISUALIZA		
RM	1/3 MEDIO	1/3 INF	1/3 MEDIO 1/3 INF	1/3 INF	NO SE VISUALIZA		

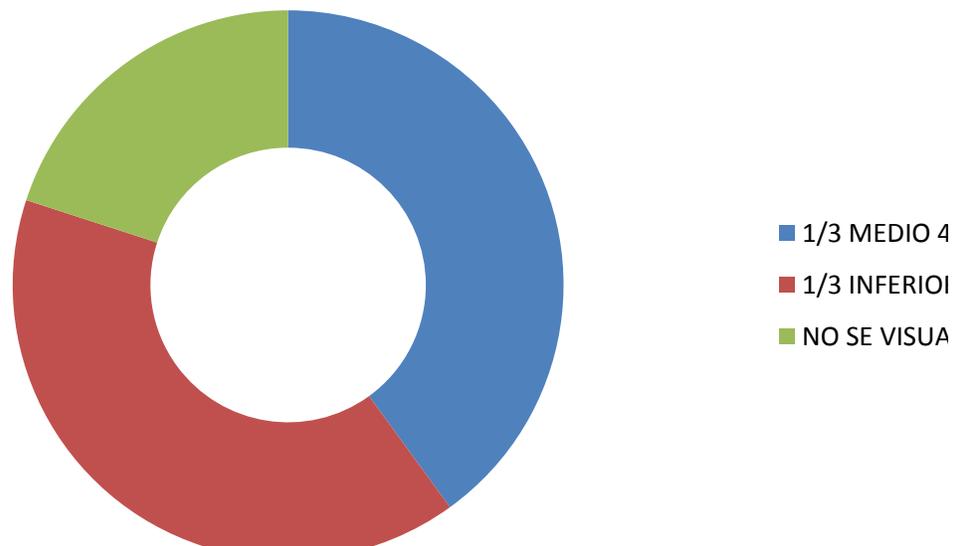


**Gráfica 1.** ACID: Arteria carótida interna derecha. ACII: Arteria carótida interna izquierda  
 BILATERAL: ACMD (Arteria cerebral media derecha) – ACMI (Arteria cerebral media izquierda).



**Gráfica 2** Reducción del calibre de la arteria. El 40% en el tercio superior, el 40% en el tercio medio y el 20% en el tercio inferior. (Concordancia tanto sonográfica como por RM).

## LOCALIZACIÓN HIPERPLASIA POR US Y RM



**Gráfica 3.** Localización de hiperplasia intra-stent por Ultrasonido y por Resonancia. Tercio Medio e Inferior 40% cada uno y en un 20% no se visualiza el sitio de hiperplasia ni sonográficamente ni por RM.

### Imágenes de Resonancia empleadas en el protocolo (Secuencias SPGR, 3D TOF y FluoroRM).



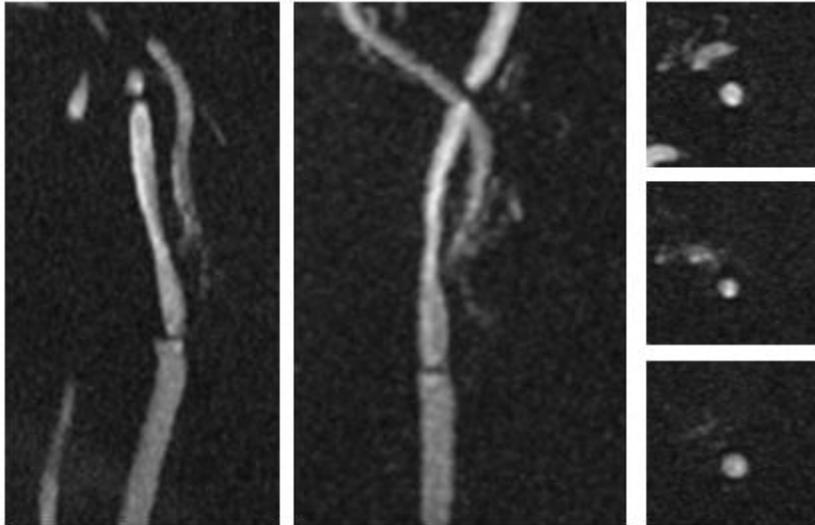


Fig 2. Secuencia 3D TOF carotideo en plano sagital (a), coronal (b) y axial en el tercio superior, medio e inferior (c), donde muestra zona de reducción de calibre en el tercio medio, en el plano axial se ve la porción central del stent con mayor intensidad de señal y los lados con la presencia de hiperplasia endotelial en menor intensidad.

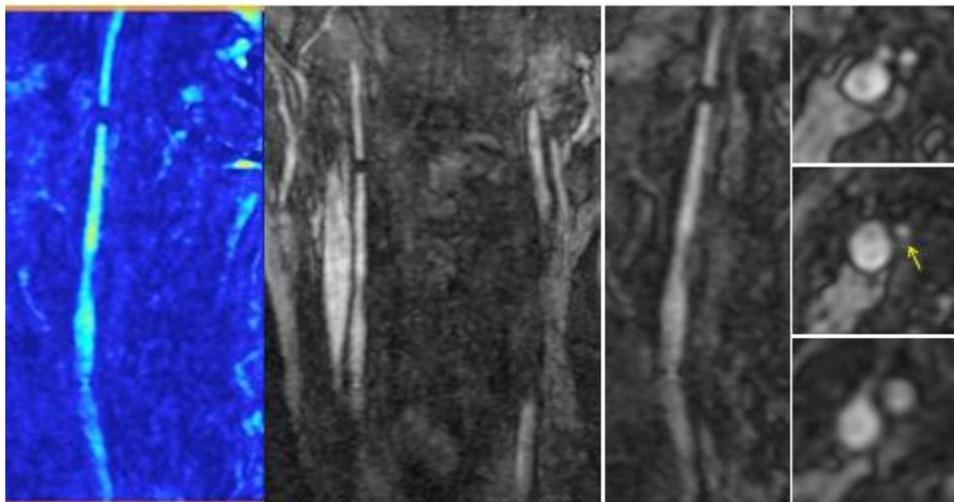


Fig. 3. Secuencia de fluoro resonancia en tabla densitometrica (a), coronal (b), sagital (c) y planos axiales en tercio superior, medio e inferior; se ve reducción de calibre de la luz del stent en la unión del tercio inferior con el tercio medio, secundario a la presencia de placa calcificada rechazada lateralmente, asociado con datos de hiperplasia endotelial, en el plano axial ( → ) se ve la reducción de calibre comparado con los extremos del stent, sin embargo, en el tercio superior se ve reducción de calibre por la presencia de hiperplasia endotelial.



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



**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA  
REALIZACIÓN DE RESONANCIA MAGNÉTICA CON  
SECUENCIAS ANGIOGRÁFICAS CON Y SIN  
CONTRASTE**

**FECHA:**  
**No. Expediente:**  
**SERVICIO: TEN**

**NOMBRE DEL PROTOCOLO:** USO DE LA RESONANCIA EN LA EVALUACION DEL WALLSTENT EN PACIENTES CON ENFERMEDAD CAROTÍDEA EN EL INNyN MVS. EXPERIENCIA INICIAL.

C. DIRECTOR GENERAL DEL INN  
P R E S E N T E.

**NOMBRE :** \_\_\_\_\_

**DOMICILIO:** \_\_\_\_\_

**Teléfono:** \_\_\_\_\_

AUTORIZO MI PARTICIPACIÓN EN EL PROTOCOLO: **“USO DE LA RESONANCIA EN LA EVALUACION DEL WALLSTENT EN PACIENTES CON ENFERMEDAD CAROTÍDEA EN EL INNyN MVS. EXPERIENCIA INICIAL”** Y DE ACUERDO A LO QUE ME EXPLICARON EN RELACIÓN A LO DISPUESTO EN LOS ARTÍCULOS 29, 76, 77, 78, 80 Y 81 DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ATENCIÓN MÉDICA POR LO QUE MANIFIESTO MI CONSENTIMIENTO EXPRESO PARA QUE EL PERSONAL MÉDICO Y PARAMÉDICO DEL INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA REALICE EL ESTUDIO ANTES CITADO EN EL ENTENDIDO DE QUE ME FUERON EXPLICADOS ADECUADAMENTE SUS RIESGOS Y CONSECUENCIAS.

POR OTRA PARTE SE ME INFORMÓ QUE EXISTEN RIESGOS RELACIONADOS CON EL EFECTO DEL MEDIO DE CONTRASTE INTRODUCIDO A TRAVÉS DE LOS PROPIOS CATÉTERES, QUE EN OCASIONES PUEDE GENERAR REACCIONES DE INTOLERANCIA, TAN BAJAS COMO UNO EN CADA CINCO MIL CASOS, SIENDO ÉSTAS, CAMBIOS EN LA PIEL, CALOR Y RARA VEZ CIERRE DE LA GARGANTA Y ASFIXIA. QUE EL INSTITUTO RECONOCE MI AUTONOMÍA PARA LA DECISIÓN DE CONTINUAR O SUSPENDER LA REALIZACIÓN DE MI RESONANCIA O CUALQUIER MANIOBRA MÉDICA O QUIRÚRGICA QUE PERMITA MI RESTABLECIMIENTO A LAS CONDICIONES DE INICIO. EN TAL VIRTUD, CONCIENTE Y COMPRENDIENDO TODO, SIN QUE EXISTA EN MI PERSONA COACCIÓN ALGUNA Y EN PROFESIÓN DE MI LIBRE VOLUNTAD EXPRESO MI CONSENTIMIENTO VALIDAMENTE INFORMADO Y FIRMO O PONGO HUELLA DIGITAL PARA LOS EFECTOS LEGALES PROCEDENTES.

LOS FAMILIARES O RESPONSABLE LEGAL DEL PACIENTE INFORMAMOS QUE NO ESTÁ CAPACITADO PARA TOMAR DECISIONES, PERO A SU NOMBRE ACEPTAMOS LA INFORMACIÓN QUE SE NOS PROPORCIONÓ Y LA RESPONSABILIDAD CORRESPONDIENTE.

SE COMENTAN LOS RIESGOS Y COMPLICACIONES.

ATENTAMENTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE COMPLETO DEL PACIENTE O RESPONSABLE LEGAL CON IDENTIFICACIÓN OFICIAL

TESTIGO POR EL PACIENTE

TESTIGO POR EL INSTITUTO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE COMPLETO Y FIRMA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE COMPLETO Y FIRMA

## BIBLIOGRAFÍA

1. Fisher CM. Occlusion of the internal carotid artery. *Arch Neurol Psychiatry*.1951;65:346-377.
2. Conrado J. Estol, MD, PhD. Dr C. Miller Fisher and the History of Carotid Artery Disease Stroke. 1996 Mar;27(3):559-66.
3. Fields WS. The history of carotid endarterectomy. *Rev Neurol Argent*.1991;16:20 - 28.
4. Jean Marie, Victoria Young, Jonathan H Gillard Carotid-artery imaging in the diagnosis and management of patients at risk of stroke. *The Lancet Neurology*, 2009 Jun;8, (6): Pages 569 – 580.
5. Baquis GD, Pessin MS, Scott MR. Limb shaking-a carotid TIA. *Stroke* 1985;16:444-448.
6. Final results of the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET). *Stroke* 1998;29:286
7. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of endarterectomy in carotid symptomatic patients with moderate or severe stenosis. *N Engl J Med* 1998;339: 1415-25.
8. Endovascular versus surgical treatment in patients with carotid stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): a randomized trial.*Lancet*.2001;357:1729-37.
9. Johnson MB, Wilkinson ID, Wattam J, et al. Comparison of Doppler ultrasound, magnetic resonance angiographic techniques and catheter angiography in evaluation of carotid stenosis. *Clin Radiol* 2000;55: 912-920.
10. Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJ,et al. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: a meta-analysis. *Lancet* 2006; 367: 1503-1512.
11. Blum MB, Schmook M, Schernthaner R, Edelhauser G, Puchner S, Lammer J, Funovics MA (2007) Quantification and detectability of in-stent stenosis with CT angiography and MR angiography in arterial stents in vitro. *AJR Am J Roentgenol* 189:1238–1242
12. Borisch I, Hamer OW, Zorger N, Feuerbach S, Link J (2005) In vivo evaluation of the carotid Wallstent on three-dimensional contrast material-enhanced MR angiography: influence of artifacts on the visibility of stent lumina. *J Vasc Interv Radiol* 16:669–677
13. HagspielKD, Leung DA,NandalurKR, Angle JF, DulaiHS, SpinosaDJ, Matsumoto AH, Christopher JM, Ahmed H, Berr SS (2005)Contrast-enhanced MR angiography at 1.5 T after implantation of platinum stents: in vitro and in vivo comparison with conventional stent designs. *AJR Am J Roentgenol* 184:288–294
14. Hahnel S, Nguyen-Trong TH, Rohde S, Hartmann M, Braun C,Sartor K, Heiland S (2006) 3.0 Tesla contrast-enhanced MR angiography of carotid artery stents: in vitro measurements as compared with 1.5 Tesla. *J Neuroradiol* 33:75–80
- 15 Hamer OW, Borisch I, Paetzel C, Nitz WR, Seitz J, Feuerbach S, Zorger N (2006) In vitro evaluation of stent patency and in-stent stenoses in 10 metallic stents using MR angiography. *Br J Radiol* 79:636–643

16. Klemm T, Duda S, Machann J, Seekamp-Rahn K, Schnieder L, Claussen CD, Schick F (2000) MR imaging in the presence of vascular stents: a systematic assessment of artifacts for various stent orientations, sequence types, and field strengths. *J Magn Reson Imaging* 12:606–615
17. Wang Y, Truong TN, Yen C, Bilecen D, Watts R, Trost DW, Prince MR (2003) Quantitative evaluation of susceptibility and shielding effects of nitinol, platinum, cobalt-alloy, and stainless steel stents. *Magn Reson Med* 49:972–976
18. Lettau M, Sauer A, Heiland S, Rohde S, Bendszus M, Hahnel S (2009) Carotid artery stents: in vitro comparison of different stent designs and sizes using CT angiography and contrast-enhanced MR angiography at 1.5 T and 3 T. *AJNR Am J Neuroradiol* 30:1993–1997
19. Johnson MB, Wilkinson ID, Wattam J, et al. Comparison of Doppler ultrasound, magnetic resonance angiographic techniques and catheter angiography in evaluation of carotid stenosis. *Clin Radiol* 2000;55: 912-920
20. Suh DC, Kim JK, Choi JW, Choi BS, Pyun HW, Choi YJ, et al. Intracranial stenting of severe symptomatic intracranial stenosis: results of 100 consecutive patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29:781-785
21. Costalat V, Maldonado IL, Vendrell JF, Riquelme C, Machi P, Arteaga C, et al. endovascular treatment of symptomatic intracranial stenosis with the wingspan stent system and gateway balloon: a multicenter series of 60 patients with acute and midterm results. *J Neurosurg* 2011
22. Lakshminarayan R, Simpson J, Ettles D. Magnetic resonance angiography: current status in the planning and follow-up of endovascular treatment in lower-limb arterial disease. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2009;32:397-405
23. Hamer OW, Finkenzeller T, Borisch I, Paetzel C, Zorger N, Feuerbach S, et al. In vivo evaluation of patency and in-stent stenoses after implantation of nitinol stents in iliac arteries using MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2005;185:1282-1288
24. Trost DW, Zhang HL, Prince MR, Winchester PA, Wang Y, Watts R, et al. Three-dimensional MR angiography in imaging platinum alloy stents. *J Magn Reson Imaging* 2004;20:975-980
25. Lenhart M, Volk M, Manke C, Nitz WR, Strotzer M, Feuerbach S, et al. Stent appearance at contrast-enhanced MR angiography: in vitro examination with 14 stents. *Radiology* 2000;217:173-178
26. Lovblad KO, Yilmaz H, Chouiter A, San Millan Ruiz D, Abdo G, Bijlenga P, et al. Intracranial aneurysm stenting: follow-up with MR angiography. *J Magn Reson Imaging* 2006;24:418-422
27. Bartels LW, Bakker CJG, Viergever MA. Improved lumen visualization in metallic vascular implants by reducing rf artifacts. *Magnetic Resonance in Medicine* 2002;47:171-180
28. van Holten J, Wielopolski P, Bruck E, Pattynama PM, van Dijk LC. High flip angle imaging of metallic stents: implications for MR angiography and intraluminal signal interpretation. *Magn Reson Med* 2003;50:879-883
29. Frolich A, Pilgram-Pastor S, Psychogios M, Mohr A, Knauth M. Comparing different MR angiography strategies of carotid stents in a vascular flow model: toward stent-specific recommendations in MR follow-up. *Neuroradiology* 2011;53:359-365

30. Siddiqui MA, J Bhattacharya J, Lindsay KW, Jenkins S. Horizontal stent-assisted coil embolisation of wide-necked intracranial aneurysms with the enterprise stent-a case series with early angiographic follow-up. *Neuroradiology* 2009;51:411-418
31. Patel NV, Gounis MJ, Wakhloo AK, Noordhoek N, Blijd J, Babic D, et al. Contrast-enhanced angiographic cone-beam CT of cerebrovascular stents: experimental optimization and clinical application. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011;32:137-144