

Eficacia del ultrasonido Doppler para diagnóstico de estenosis carotídea comparado con arteriografía de troncos supraaórticos en un hospital de tercer nivel

Efficacy of doppler ultrasound for diagnosis of carotid stenosis compared to angiography of supra-aortic vessels in a third level hospital

José F. Ibáñez-Rodríguez, Lorena Montoya-Luna y Karla G. Caballero-Rodarte*

Departamento de Angiología y Cirugía Vascular, Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) número 34, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Monterrey, Nuevo León, México

Resumen

Introducción: La identificación mediante ultrasonido Doppler de estenosis de la arteria carótida común o interna del 50-99% es suficiente para la toma de decisiones. El objetivo consiste en determinar la eficacia del ultrasonido Doppler para el diagnóstico de estenosis carotídea comparado con la arteriografía de troncos supraaórticos (ATSA). **Métodos:** Estudio observacional de prueba diagnóstica. Se incluyeron, desde enero de 2018 a mayo de 2019, 100 pacientes > 50 años con enfermedad carotídea sintomática, con ultrasonido Doppler y ATSA de la unidad. Documentamos variables demográficas, clínicas y grado de estenosis carotídea. Se determinó la sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN), eficacia y cálculo de área bajo la curva del ultrasonido Doppler para enfermedad carotídea vs. el estándar de oro. Se consideró significancia estadística $p < 0.05$ e intervalo de confianza 95%. **Resultados:** 70 pacientes hombres y 30 mujeres, edad media 70 años. La detección mediante ultrasonido Doppler de estenosis carotídea > 50% comparado con ATSA tuvo una sensibilidad del 91.4%, especificidad del 66.1%, VPP del 48%, VPN del 95% y eficacia del 72%. El cálculo del área bajo la curva fue de 0.527. **Conclusiones:** En nuestra unidad el ultrasonido Doppler tiene una alta sensibilidad para el diagnóstico de estenosis carotídea, sin embargo, el valor del área bajo la curva es débil al compararse con ATSA como prueba diagnóstica independiente.

Palabras clave: Ultrasonido Doppler carotídeo. Angiografía. Estenosis carotídea.

Abstract

Introduction: Stenosis of the common or internal carotid artery of 50-99% identified by Doppler Ultrasound is sufficient for therapeutic decision making. The aim of this study is to determine the efficacy of Doppler Ultrasound for diagnosis of carotid stenosis compared to angiography of supra-aortic vessel (ASAV). **Methods:** Observational and diagnostic test study. 100 patients >50 years with symptomatic carotid disease were included during January-2018 to May-2019, with Doppler Ultrasound and ASAV. We document demographic, clinical variables and degree of carotid stenosis. Sensitivity, specificity, positive

Correspondencia:

*Karla G. Caballero-Rodarte

E-mail: kgcaballero.rd@gmail.com

0377-4740/© 2019 Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, A.C. Publicado por Permanyer. Éste es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 02-10-2019

Fecha de aceptación: 21-10-2019

DOI: 10.24875/RMA.19000009

Disponible en internet: 10-12-2019

Rev Mex Angiol. 2019;47(4):43-48

www.RMAngiologia.com

and negative predictive values (PPV, NPV), efficacy and area under the curve of Doppler Ultrasound for carotid disease vs. gold standard were determined. P value <0.05 and confidence interval of 95% were considered statistically significant. **Results:** 70 men and 30 women, mean age 70 years. Doppler USG detection of carotid stenosis > 50% compared to ASAV had a sensitivity of 91.4%, specificity 66.1%, PPV 48% NPV 95% and 72% efficacy. The calculation of the area under the curve was 0.527. **Conclusions:** In our hospital, the Doppler USG has high sensitivity for diagnosis of carotid stenosis, however the value of the area under the curve is weak when compared to ASAV as an independent diagnostic test.

Key words: Carotid Doppler ultrasound. Angiography. Carotid stenosis.

Introducción

La estenosis de la arteria carótida común o interna es un estrechamiento del lumen de dicho vaso, resultado generalmente de la enfermedad aterosclerótica, la misma que es responsable del 10 al 20% de todos los eventos vasculares cerebrales (EVC)¹. En México, según los resultados del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en su último reporte de 2017, ubican los EVC como la sexta causa de defunción de las principales diez registradas^{2,3}. La enfermedad carotídea es considerada significativa cuando se presenta un estrechamiento de más del 50% de la arteria carótida común (ACC) y/o de la porción extracraneal de la arteria carótida interna¹. La prevalencia global de enfermedad carotídea extracraneal mayor o igual al 50% es del 4.2%⁴. Actualmente, la enfermedad carotídea en la Unidad Médica de Alta Especialidad número 34 (UMAE 34) del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ocupa el tercer lugar en el diagnóstico en consulta externa, segundo en hospitalización y primero en causa de cirugía.

Para el diagnóstico de la enfermedad carotídea, el ultrasonido Doppler carotídeo, realizado en un laboratorio vascular acreditado, es el estudio inicial de imagen para evaluar la gravedad de la estenosis carotídea. La identificación de una estenosis del 50-99% en pacientes sintomáticos, o del 70-99% en pacientes asintomáticos es suficiente para la toma de decisión en cuanto el manejo⁵. Los datos deben reportarse como se señala en la tabla 1⁵. Las principales desventajas del ultrasonido Doppler carotídeo son su calidad de dependiente del operador, la limitación para la visualización de la porción proximal de la ACC y las porciones intracraneales⁵. Las ventajas son su bajo costo, puede realizarse de forma extrahospitalaria, no requiere radiación ni preparación previa, es un método no invasivo y su disponibilidad en la mayoría de los centros⁵. Por otro lado, la arteriografía de troncos supraaórticos (ATSA) con sustracción digital es considerada el estándar de oro sobre otras modalidades de imagen para el diagnóstico de enfermedad carotídea extracraneal. La medición de la estenosis carotídea es realizada con el

método NASCET^{5,6}. La ATSA es un método de imagen preciso, objetivo y fácil de interpretar. Puede identificar lesiones desde el arco aórtico hasta los vasos intracraneales. Sus principales limitaciones son su costo elevado y las complicaciones asociadas a su realización: neurológicas (0.5-4%), del sitio de punción (5%), nefropatía por contraste (1-5%), eventos tromboembólicos (1-2.6%) y déficit neurológico permanente (0.1-0.5%)⁶.

En muchos centros a nivel mundial, la decisión de intervención quirúrgica, endovascular o únicamente médica puede realizarse con base en el resultado del ultrasonido Doppler, gracias a la validación de los servicios de radiología. Se reduce así la necesidad de someter a gran número de pacientes a estudios invasivos, lo que lleva a menores complicaciones en el paciente, ausencia de requerir hospitalizaciones, acortamiento en instauración de tratamientos y menor gasto por parte de la institución⁷. El objetivo de este estudio fue determinar la eficacia del ultrasonido Doppler carotídeo para el diagnóstico de estenosis carotídea comparado con ATSA, así como determinar la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN) del ultrasonido Doppler carotídeo para el diagnóstico de estenosis carotídea, comparar el porcentaje de estenosis carotídea y determinar las características demográficas y clínicas del paciente con enfermedad carotídea sintomática.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional de prueba diagnóstica en el Departamento de Angiología y Cirugía Vascular de la UMAE 34 del IMSS. La población de estudio fueron los pacientes adultos con diagnóstico de enfermedad carotídea significativa sintomática valorados por el Servicio de Angiología y Cirugía Vascular de la UMAE 34. Se incluyeron la totalidad de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión durante el periodo de enero de 2018 a mayo de 2019. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: pacientes hombres y mujeres, con edad mayor de 50 años, que tuvieran expediente localizado en las instalaciones de

Tabla 1. Consenso de los criterios por ultrasonido Doppler carotídeo para el diagnóstico de estenosis de la ACI⁵

Grado de estenosis (%)	Parámetros principales		Parámetros adicionales	
	VPS ACI (cm/s)	Estenosis (%)	Relación VPS ACI/ACC	VFD ACI (cm/s)
Normal	< 125	Ninguna	< 2.0	< 40
< 50	< 125	< 50	< 2.0	< 40
50-69	126-230	≥ 50	2.0-4.0	40-100
≥ 70	> 230	≥ 50	> 4.0	> 100
Cercana a oclusión	Alto, bajo o indetectable	Visible	Variable	Variable
Oclusión	Indetectable	Visible, no se detecta lumen arterial	No aplica	No aplica

ACC: arteria carótida común; ACI: arteria carótida interna; VFD: velocidad máxima al final de la diástole; VPS: velocidad de pico sistólica.

la UMAE 34 y que contaran con diagnóstico de estenosis carotídea sintomática mayor o igual al 50%, corroborada por ultrasonido Doppler carotídeo en el periodo de estudio; además que tuvieran reporte de ultrasonido Doppler carotídeo en el sistema Synapse 5 y fueran sometidos a ATSA por el servicio de Angiología y Cirugía Vascular en UMAE 34. Se excluyeron los pacientes con reporte de ultrasonido Doppler carotídeo de otra unidad y se eliminaron aquellos que contaron con angiotomografía u otro estudio contrastado que no fuera ATSA. La técnica de muestreo fue de tipo no probabilístico de casos consecutivos.

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de rendimiento diagnóstico de los estudios de imagen para enfermedad carotídea con medición de la sensibilidad, especificidad, VPP y VPN y eficacia. Se utilizó estadística descriptiva para variables independientes con medidas de tendencia central y de dispersión. También se empleó estadística inferencial con χ^2 , t de Student y U de Mann-Whitney. Se analizaron curvas característica operativa del receptor (COR). Se utilizó el paquete de estadística SPSS versión 22. Se consideró significancia estadística $p < 0.05$ e intervalo de confianza 95%.

Descripción general del estudio

Se identificaron aquellos pacientes con los criterios mencionados, referidos vía consulta externa o admisión continua al Servicio de Angiología y Cirugía Vascular por sospecha de enfermedad carotídea sintomática. Se revisó el expediente clínico para obtener el reporte por escrito de ultrasonido Doppler y se analizaron las

imágenes obtenidas y almacenadas durante el examen mediante ultrasonido Doppler de las arterias carótidas. Se registró, en la hoja de recolección de datos, el resultado del grado de estenosis según el cálculo de área en porcentaje, para cada arteria interrogada durante el estudio (arteria carótida común derecha, arteria carótida interna derecha, arteria carótida común izquierda y arteria carótida interna izquierda). También se anotó el valor de la velocidad de pico sistólica (VPS) para cada arteria estudiada. Se verificó que los estudios de ultrasonido Doppler carotídeo fueran realizados con la técnica adecuada: uso de transductor lineal con rango de frecuencia de 5-12 MHz, con imágenes en tiempo real con modalidades de imagen en modo B, color, poder y espectral. El grado de estenosis fue clasificado además en normal (0%), leve (menor al 50%), moderado (50-69%), grave (70-99%) y oclusión (100%).

Para la revisión de las imágenes de la ATSA, se observaron las imágenes rotacionales con modalidad de sustracción digital, y se identificaron, en cada una de las arterias carótidas común e interna de forma bilateral, el mayor grado de estrechamiento en los vasos estudiados. Con la fórmula de NASCET se obtuvo el porcentaje de estenosis carotídeo. Se clasificaron los grados de estenosis en: normal (0%), leve (menor al 50%), moderado (50-69%), grave (70-99%) y oclusión (100%). Se registró en la hoja de recolección de datos el resultado del grado de estenosis en porcentaje para cada arteria observada en el estudio de ATSA.

Se realizó un análisis comparativo de los grados de estenosis obtenidos por ultrasonido Doppler carotídeo, –ya sea por medición directa por cálculo de área o por inferencia de la misma de acuerdo al valor calculado de VPS, tomando en cuenta aquel que otorgue mayor porcentaje de estrechamiento, según consenso

radiológico– con el mayor grado de estenosis observado en las imágenes rotacionales de sustracción digital de la ATSA y calculado según la fórmula del NASCET.

Se registraron, además, las variables demográficas y clínicas en la hoja de recolección de datos, de cada uno de los folios estudiados, considerando: género, edad, tabaquismo, índice tabáquico, hipertensión arterial sistémica (HAS), diabetes *mellitus* (DM) cardiopatía isquémica (CI), enfermedad arterial periférica (EAP), EVC, ataque isquémico transitorio (AIT), soplo carotídeo, enfermedad renal crónica (ERC), hipercolesterolemia e hiperfibrinogenemia. El total de folios fue de 100 y el número de arterias carótidas en el análisis global fue de 400.

Aspectos éticos

De acuerdo al apartado de Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud, en su artículo 17, este estudio corresponde a una investigación sin riesgo, ya que empleó técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participaron en el estudio, en los que no se identificaron ni trataron aspectos sensitivos de su conducta.

No se requirió carta de consentimiento informado, sin embargo, se requirió la autorización del Comité Local de Ética en Investigación y el Comité de Investigación en Salud de nuestra unidad para la revisión de las notas médicas del expediente clínico, ya sea en físico o del expediente electrónico.

Resultados

Se realizó un análisis de las características clínicas y demográficas durante el periodo de estudio, de enero de 2018 a mayo de 2019, de un total de 100 pacientes, de los cuales 70 fueron hombres y 30 mujeres, con una media de edad de 70 ± 7.8 años (rango 50-93 años). Se reportaron las frecuencias de presentación de cada uno de los factores de riesgo estudiados (**Tabla 2**). Se reportó, además, el índice tabáquico de los pacientes fumadores con enfermedad carotídea, con valores que iban de 0 a 135 paquetes/año.

Se comparó el porcentaje global de estenosis de las 400 arterias carótidas estudiadas, determinado por ultrasonido frente a ATSA, y se obtuvo que el total de

Tabla 2. Características clínicas de los pacientes con enfermedad carotídea (n = 100)

	Sí (%)	No (%)
Tabaquismo	77	23
Hipertensión	79	21
Diabetes	61	39
CI	33	67
EAP	29	71
Hipercolesterolemia	23	77
Hiperfibrinogenemia	85	15
EVC	46	54
AIT	31	69
ERC	22	78
Soplo carotídeo	36	64

AIT: ataque isquémico transitorio; CI: cardiopatía isquémica; EAP: enfermedad arterial periférica; ERC: enfermedad renal crónica; EVC: evento vascular cerebral.

Tabla 3. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivo y negativo del ultrasonido Doppler para el diagnóstico de enfermedad carotídea

Valores diagnósticos	Porcentaje (%)	IC 95%	
		Superior	Inferior
Sensibilidad	91.4	85.6	97.2
Especificidad	66.1	60.5	71.6
VPP	48.9	41.7	56.2
VPN	95.5	92.5	98.6
Eficacia	72.7	68.2	77.2

VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

pacientes con algún porcentaje de estenosis en ultrasonido fue de 268, con una mediana de estenosis del 60% (10-100%), frente a los resultados de ATSA, con un total de 157 pacientes con algún porcentaje de estenosis, con una mediana de 60% (10-100%). El cálculo del área bajo la curva fue de 0.527; IC 95%: 0.467-0.587.

Para evaluar la capacidad de detección de enfermedad carotídea (estenosis carotídea mayor al 50%) mediante ultrasonido Doppler en las 400 arterias estudiadas, se obtuvieron valores de sensibilidad, especificidad, VPP, VPN y eficacia (**Tabla 3**). Para la detección de estenosis carotídea mayor al 70% se tuvo una sensibilidad del 83.6%, especificidad del 87.1%, VPP del 56.5% y VPN del 96%.

Tabla 4. Comparativa de los pacientes

Factor de riesgo	Enfermedad carotídea		Valor de p	OR (IC 95%)
	Sí n (%)	No n (%)		
Sexo masculino	53 (75.7)	17 (24.3)	0.801	1.13 (0.42-3.01)
Tabaquismo	61 (79.2)	16 (20.8)	0.075	2.45 (0.9-6.6)
HAS	61 (77.2)	18 (22.8)	0.321	1.694 (0.59-4.83)
DM	45 (73.8)	16 (26.2)	0.723	0.84 (0.33-2.15)
CI	26 (78.8)	7 (21.2)	0.539	1.364 (0.5-3.68)
EAP	23 (79.3)	6 (20.7)	0.525	1.401 (0.49-3.96)
HCL	18 (78.3)	5 (21.7)	0.681	1.263 (0.41-3.84)
HFB	64 (75.3)	21 (24.7)	0.872	1.108 (0.31-3.85)
EVC	36 (78.3)	10 (21.7)	0.487	1.385 (0.55-3.47)
AIT	22 (71)	9 (29)	0.533	0.738 (0.28-1.92)
ERC	17 (77.3)	5 (22.7)	0.78	1.172 (0.38-3.59)
Soplo carotídeo	29 (80.6)	7 (19.4)	0.336	1.621 (0.6-4.35)

AIT: ataque isquémico transitorio; CI: cardiopatía isquémica; DM: diabetes mellitus; EAP: enfermedad arterial periférica; ERC: enfermedad renal crónica; EVC: evento vascular cerebral; HAS: hipertensión arterial sistémica; HCL: hipercolesterolemia; HFB: hiperfibrinogenemia; IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio.

Se obtuvo una *odds ratio* (OR) para cada uno de los factores de riesgo analizados en los pacientes que tenían enfermedad carotídea corroborada por ATSA (Tabla 4).

Discusión

Este estudio se realizó para evaluar la eficacia del ultrasonido Doppler para el diagnóstico de estenosis carotídea en la población seleccionada, comparando este método de imagen con la ATSA como estándar de oro. Además, se analizaron las características clínicas y demográficas.

Según los resultados de un metaanálisis de Aboyans, et al., la prevalencia global de enfermedad carotídea extracraneal mayor o igual al 50% es del 4.2%. En los hombres, la enfermedad carotídea es más frecuente que en las mujeres: los hombres están afectados en un 4.8-12.5% vs. un 2.2-6.9% las mujeres⁴. Tal como se evidenció en nuestro estudio, la prevalencia fue mayor en este grupo de pacientes (53% hombres vs. 22% mujeres).

En un metaanálisis de Joanna Wardlaw, et al., se encontraron valores de sensibilidad del 25-49% y especificidad del 87-94% en estenosis mayor al 50%. En estenosis mayor al 70%, una sensibilidad del 85-92% y una especificidad del 77-89%⁸.

La sensibilidad en nuestro estudio fue superior a lo descrito en la literatura para establecer diagnóstico de estenosis carotídea significativa; sin embargo, la especificidad fue muy baja en comparación con lo descrito en estudios previos. Se obtuvieron en nuestro centro, para aquellos pacientes con estenosis carotídea en grado grave, resultados muy similares de sensibilidad y especificidad a los que pueden encontrarse en otros lugares.

En el análisis de los factores de riesgo, en nuestro estudio se mostró que los que tienen mayor prevalencia en nuestro centro fueron la hiperfibrinogenemia, seguido de HAS y luego tabaquismo. De igual forma se evaluó el riesgo que tienen los pacientes de tener enfermedad carotídea con cada una de las características clínicas registradas. En orden de frecuencia, en nuestro centro, ser fumador (activo o previo) tiene un riesgo 2.45 veces mayor de tener enfermedad carotídea, comparado con aquellos que nunca han fumado; tener hipertensión, 1.694 veces; tener EAP, 1.401 veces; tener antecedente de EVC, 1.385 veces; tener antecedente de CI, 1.364 veces; presencia de soplo carotídeo, 1.621 veces; tener hipercolesterolemia, 1.263 veces; tener ERC, 1.172 veces; ser hombre, 1.134 veces que ser mujer; y tener hiperfibrinogenemia, 1.108 veces. En nuestro estudio ser diabético no se asoció a un mayor riesgo de tener enfermedad carotídea, así como en aquellos pacientes con antecedente de AIT.

Los resultados encontrados en nuestra investigación son similares a los de otras publicaciones. Uno de los más grandes análisis de factores de riesgo asociados a estenosis carotídea fue realizado en el estudio Tromso⁹. En este estudio se obtuvo una OR en pacientes fumadores que habían suspendido el hábito de 1.83 y en aquellos con tabaquismo activo de 2.61. Así mismo, se encontró una fuerte asociación de hiperfibrinogenemia con enfermedad carotídea, con un OR de 1.28. La hipercolesterolemia también tuvo una asociación importante, con un OR de 1.51. Tal como se describe en el estudio Tromso, encontramos en nuestro estudio que la DM no tiene asociación con la estenosis carotídea. Sin embargo, en la mayoría de las investigaciones se ha encontrado una prevalencia mayor de EVC en pacientes diabéticos. La HAS tuvo una OR de 1.25¹⁰. La HAS es el factor de riesgo modificable más importante para prevenir la EVC¹¹. En el estudio publicado por Aboyans, et al., se encontró que la enfermedad carotídea estuvo presente en el 19% de los pacientes que tienen EAP, comparado con el 3% de los pacientes que no padecen EAP⁴.

Limitantes

La principal limitante en el análisis del ultrasonido Doppler carotídeo es su característica dependiente del operador, por lo que la evaluación de los vasos carotídeos extracraneales depende completamente de la destreza del radiólogo que realiza el estudio. Nuestra sede se caracteriza por ser un centro de tercer nivel con entrenamiento de médicos residentes, por lo que la realización de gran parte de los estudios de imagen queda en manos de médicos en formación. Con esto, los resultados de las modalidades de imagen son dependientes del grado de residencia, tiempo de práctica y dominio de los equipos.

Dadas las limitaciones de nuestro estudio son necesarias investigaciones futuras prospectivas controladas para poder validar el ultrasonido Doppler como herramienta única de diagnóstico de enfermedad carotídea.

Conclusiones

Aunque el ultrasonido Doppler tuvo una alta sensibilidad para el diagnóstico de estenosis carotídea, su especificidad, VPP, eficacia y valor del área bajo la curva, al compararse con ATSA como prueba diagnóstica única, son bajas. Por ello, se considera el ultrasonido Doppler como una herramienta inicial fundamental para la selección apropiada de los pacientes con enfermedad

carotídea que requieran la extensión de su protocolo de estudio con un método de imagen contrastado. Así, la combinación de ultrasonido Doppler con ATSA es una estrategia ideal para el diagnóstico definitivo de enfermedad carotídea en nuestro centro.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

- Morris DR, Ayabe K, Inoue T, Sakai N, Bulbulia R, Halliday A, et al. Evidence-based carotid interventions for stroke prevention: State-of-the-art review. *J Atheroscler Thromb.* 2017;24(4):373-87.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Características de las defunciones registradas en México durante 2017. México: INEGI; 2018.
- Secretaría de Salud. Rehabilitación de Adultos con Enfermedad Vascular Cerebral. Catálogo Maest CENETEC. 2009.
- Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. *Eur Heart J.* 2018;39(9):763-816.
- Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov AV, Baker JD, Bluth EI. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis--Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiology.* 2003;229(2):340-6.
- Qureshi AI, Suri MF, Ali Z, Kim SH, Fessler RD, Ringer AJ, et al. Role of conventional angiography in evaluation of patients with carotid artery stenosis demonstrated by Doppler ultrasound in general practice. *Stroke.* 2001;32(10):2287-91.
- De la Cruz Cosme C, Dawid Milner MS, Ojeda Burgos G, Gallardo Turd A, Márquez Martínez M, Segura T. Validación de un laboratorio básico de neurosonología para la detección de estenosis carotídea cervical. *Neurología.* 2018;1-9.
- Wardlaw J, Chappell F, Best J, Wartolowska K, Berry E. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: a meta-analysis. *Lancet.* 2006;367(9521):1503-12.
- Mathiesen EB, Joakimsen O, Bønaa KH. Prevalence of and risk factors associated with carotid artery stenosis: The Tromso Study. *Cerebrovasc Dis.* 2001;12(1):44-51.
- Riaz N, Wolden SL, Gelblum DY, Eric J. Prediction of asymptomatic carotid artery stenosis in the general population: identification of high risk groups. *Stroke.* 2014;45 (8):2366-71.
- Instituto Mexicano del Seguro Social, Diagnóstico y tratamiento temprano de la enfermedad vascular cerebral isquémica en el segundo y tercer nivel de atención. México: IMSS; 2017.