

ESTADO ACTUAL DEL ULTRASONIDO DOPPLER CAROTÍDEO

Current state of the carotid and vertebral doppler ultrasonography

Dr. Héctor Pereira Recio¹

1. Especialista de I Grado en Radiología. Profesor Instructor. Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico "Manuel Ascunce Domenech. Camagüey

RESUMEN

El ultrasonido Doppler es el método de imagen más utilizado en el estudio de las carótidas pues ofrece una evaluación no invasiva para detectar las placas de ateroma como causa de tromboembolismo cerebral, permite definir sus características y el grado de estenosis que producen, muchas veces constituye el único estudio antes de la cirugía o la colocación de stent. Se ha demostrado su utilidad como método de screening de riesgo cardiovascular en pacientes asintomáticos y en el diagnóstico de otras afecciones no ateroscleróticas, sin embargo, aún no existe uniformidad en la realización e interpretación del examen lo cual depende en gran medida de la falta de protocolos de examen estandarizados y que los mismos sean realizados por un personal debidamente entrenado. En este artículo se hace una revisión del estado actual de la

ecografía Doppler carotídea, sus indicaciones, los protocolos de examen y los criterios diagnósticos empleados.

DeCS: ultrasonografía; enfermedades de las arterias carótidas/ultrasonografía

ABSTRACT

The Doppler ultrasonography is the most utilized image method in the study of the carotids thus offers a non invasive evaluation to detect atheromatous plaques as cause of cerebral thromboembolism, permits to define its characteristics and the degree of stenosis that produce, and constitutes many times the only study before the surgery or the placement of stent. Its utility has been shown as screening method of cardiovascular risk in asymptomatic patients and in the diagnosis of other no atherosclerotic affections, nevertheless, there is no uniformity yet in the achievement and interpretation of the exam which depends in great measure of the lack standardized exam protocols that are carried out for a properly personnel trained. A review of the current state of the carotid Doppler echography is done, its indications, the protocols of exam and the employed diagnostic criteria.

DeCS: ultrasonography; carotid artery diseases/ultrasonography

INTRODUCCIÓN

El Stroke constituye la tercera causa de muerte en el mundo y la principal causa de discapacidad severa a largo plazo, un tercio de los casos son fatales.^{1,2} La causa más comúnmente identificable es el tromboembolismo de origen cardiaco mientras que otra importante causa (20-30 %) es la ateroescclerosis a nivel de la bifurcación carotídea con formación de placas de ateroma que se extienden a la arteria carótida interna (ACI) y son causantes de embolismo o trombosis.³

Se han realizado importantes estudios en pacientes con estenosis carotídea sintomáticos y asintomáticos⁴⁻⁶, para evaluar la eficacia de la endarterectomía en ellos demostrando que los mismos tenían una reducción del riesgo para desarrollar stroke subsecuente, aunque estudios más recientes indican que la reducción absoluta es de solo un 2 % aproximadamente.⁷

Antes y después de estos importantes estudios se han realizado muchos esfuerzos dirigidos a determinar los diferentes grados de estenosis por ultrasonido, usando mediciones tales como la velocidad pico sistólica (VPS) y varios ratios de Doppler espectral.⁸⁻¹¹

La mayoría de las lesiones vasculares que afectan el cerebro tienen una distribución extracraneal y debido a la localización superficial de la carótida a este nivel hace que sea fácilmente accesible mediante ultrasonido en modo B, Doppler a color y espectral.

El ultrasonido Doppler es el método de imagen más utilizado en el diagnóstico de la enfermedad carotídea, muchas veces es el único estudio antes de la angioplastia, la colocación de stent o la endarterectomía, sin embargo, aún en nuestros días no existe uniformidad en la realización e interpretación del examen entre los diferentes centros e incluso entre diferentes operadores en un mismo laboratorio lo cual depende en gran medida de la falta de protocolos de examen estandarizados y que los mismos sean realizados por un personal debidamente entrenado.

Por tal motivo la Society of Radiologist in Ultrasound (SRU) realizó en octubre de 2002 una conferencia multidisciplinaria de consenso¹² donde un panel de expertos expuso algunas pautas generales del ultrasonido carotídeo para uso en aquellos laboratorios que no tenían sus propios criterios de validación, realizando algunas recomendaciones para la realización e interpretación de los resultados en el diagnóstico de estenosis carotídea mediante el ultrasonido Doppler.

También se ha demostrado la utilidad del Doppler carotídeo como método de screening de riesgo cardiovascular en pacientes asintomáticos y en el

diagnóstico de otras afecciones no ateroscleróticas, y que abordaremos en este artículo.

DESARROLLO

Indicaciones del Doppler carotídeo

Como veremos en este artículo el estudio de la enfermedad aterosclerótica de las carótidas constituye la principal indicación del ultrasonido Doppler en el cuello aunque no la única, por lo que los candidatos a un examen ecográfico de las mismas pueden dividirse en dos grupos:

1. Sintomáticos: comprende a aquellos pacientes que han desarrollado un evento neurológico secundario a isquemia cerebral, también en los que se sospecha una disección carotídea y en pacientes postendarterectomía y stent con síntomas neurológicos.
2. Asintomáticos: comprende a aquellos pacientes con una masa pulsátil en el cuello o con soplo cervical y en pacientes que van a ser sometidos a una cirugía vascular mayor (valvuloplastias bypass coronarios) así como en el screening de riesgo cardiovascular.

Consideraciones técnicas e interpretación de los datos.

Los protocolos de exploración deben incluir un examen con transductores lineales de alta resolución de 7.5-10 Mhz. La exploración se debe realizar en modo B en los planos transversal y longitudinal, Doppler color incluyendo el Doppler poder en los planos transversal y longitudinal, y el Doppler espectral en plano longitudinal. Es importante tener en cuenta que durante el examen podemos encontrar varios problemas inherentes al paciente que limitan la realización de la exploración.^{3, 13}

Modo B: Es el momento en que se debe hacer la medición del grosor del complejo íntima media así como la caracterización de las placas de ateromas.

La medición del complejo íntima media puede realizarse de forma computarizada, o manualmente, su valor normal se considera de 0.6 a 0.8mm, entre 0.8 y 1.0mm se considera indeterminado y más de 1.1mm es actualmente el valor anormal más aceptado. En la actualidad es el único parámetro ecográfico recomendado por la American Heart Association para uso rutinario en el screening de riesgo cardiovascular, sin embargo, no se incluye rutinariamente en el examen de pacientes sintomáticos.^{2,14}

La evaluación y caracterización de la placa de ateroma incluye tamaño, superficie y ecogenicidad, con su correspondiente alteración hemodinámica, existe una clasificación acorde a estos parámetros según *Thiele et al*¹⁵, en esta clasificación la placa hemodinámicamente tiene una gradación que va de H1 a H5 según el % de estenosis o reducción del diámetro, existen dos métodos básicos de medición, por el diámetro y por el área, en ambos casos se realiza en un corte transversal a nivel del sitio de la estenosis, en el primero se calcula dividiendo el diámetro del vaso desde su pared externa entre el diámetro de la luz y en el segundo caso dividiendo el área del vaso entre el área de la luz. Según su morfología o ecogenicidad se clasifica en homogénea P1 y no homogénea P2 y según las características de su superficie en S1 hasta S3 (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la placa

Hemodinámica	Morfológica	Superficie
(Diámetro de estenosis %)		
H1 (ligera < 50 %)	P1 homogénea	S1 lisa
H2 (moderada 50-69 %)	P2 heterogénea	S2 irregular (defecto < 2mm)
H3 severa (70-95 %)		S3 ulcerada (defecto >2mm)
H4 (crítica 95-99 %)		
H5 (oclusión 100 %)		

Fuente: Referencia 15

Doppler color: Este modo nos ofrece un mapa a color que favorece la identificación del origen y curso de la ACI, la mejor definición de estenosis y en la diferenciación entre estenosis crítica y oclusión. Con el Doppler color o de poder puede ser difícil e incluso imposible mostrar el verdadero grado de estenosis en presencia de una placa calcificada circunferencial con sombra acústica y debe recomendarse otra modalidad imagenológica para determinarse.¹³

Análisis espectral: La velocidad del flujo es el principal parámetro para evaluar la severidad de una estenosis carotídea para cuya medición el cursor o gate que debe tener un tamaño de 2 a 3mm se debe colocar en el centro de la luz de la carótida en corte longitudinal con un ángulo de 60 grados o menos (preferiblemente entre 45 y 60 grados) y en las estenosis la velocidad debe ser determinada a todo lo largo de ella hasta el extremo distal de la placa para asegurar que las máximas velocidades han sido detectadas. Se consideran valores normales de la velocidad pico sistólica (VPS) en las carótidas internas cifras inferiores a 125cm/s y de la velocidad diastólica final (VDF) inferiores a 40cm/s mientras que el ratio VPS ACI/ACC es menor de 2. Existen ciertas afecciones que alteran la fisiología cardiovascular y que pueden afectar los patrones de la onda espectral y los valores de estas velocidades (haciéndolas menos confiables) como son la HTA, el bajo o alto gasto cardiaco, valvulopatías aórticas y las oclusiones carotídeas bilaterales.^{2,3,16}

Según el panel multidisciplinario, el grado de estenosis en la ACI se debe clasificar en cinco categorías basada en dos parámetros primarios (VPS de la ACI y el tamaño de la placa) y dos parámetros secundarios (el ratio VPS ACI/ACC y la VDF en la ACI). El ratio, que consiste en dividir la VPS máxima en la ACI entre la VPS de la ACC a 2cm proximales al bulbo, es útil cuando se detectan altas velocidades en la ACI en estados hiperdinámicos tales como en pacientes jóvenes o cuando los cambios del flujo son inducidos por una estenosis severa bilateral de las carótidas internas o la oclusión o estenosis proximal de la ACC, probablemente su uso más importante es en aquellos pacientes que tienen bajo gasto cardiaco con velocidades sistólicas proporcionalmente bajas para un determinado grado de estenosis. En el caso

de la VDF es útil sobre todo cuando hay un alto grado de estenosis en que ésta también se eleva pero la VPS no es alta. Aunque los investigadores han confirmado que como promedio las velocidades se elevan proporcionalmente al grado de estenosis^{17,18} existe una amplia variabilidad de los rangos de valores que hacen imposible subclasificar estenosis menores de un 50 % por lo que estas deben clasificarse todas como "menores de un 50 %". Las estenosis hemodinámicamente significativas comienzan cuando la reducción del diámetro arterial es mayor de un 50 % aunque los efectos más relevantes se identifican con reducciones entre 70 y 99 % por lo que la estratificación de los grados de éstas debe realizarse de la siguiente forma: estenosis de 50-69 %, estenosis mayores de 70 %, pero sin llegar a crítica, estenosis crítica, y oclusión total (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios diagnósticos de estenosis de la ACI en modo B y Doppler

Grado de estenosis %	Parámetros primarios		Parámetros secundarios		
	VPS (cm/seg)	ACI	Grado de la placa (%) †	Ratio VPS ACI/ACC	VDF ACI (cm/seg)
Normal	< 125		Ninguno	< 2.0	< 40
< 50	< 125		< 50	< 2.0	< 40
50-59	125-230		≥ 50	2.0 - 4.0	40-100
70 % sin llegar a crítica	> 230		≥ 50	> 4.0	> 100
Estenosis crítica	Alto, bajo o indetectable		Visible	Variable	Variable
Oclusión total	Indetectable		Visible, luz no detectable	NA*	NA*

Fuente: Referencia 12

Leyenda:

*No aplicable

† Valor estimado basado en la reducción del diámetro en modo B y Doppler color.

Estas dos últimas no están basadas en mediciones de los parámetros Doppler sino en los hallazgos en modo B y a color, ya que en la estenosis crítica las velocidades lo mismo pueden ser altas que bajas y en la oclusión no son detectables. El diagnóstico de una estenosis crítica está dada por la presencia del "signo del cordón" o "chorrito de flujo" en el Doppler color debido al marcado estrechamiento de la luz.³ En el caso de una oclusión, además de la no detección de señal de flujo Doppler, puede verse la luz ocluida por material ecogénico, la presencia de flujo de baja resistencia en la ACE (conocido como internalización) y en el punto de la oclusión un patrón de flujo conocido como "thud flow" o "flujo en porrazo". Las oclusiones deben confirmarse por angiografía. Las estenosis de un 70 % son consideradas en muchas instituciones como el criterio para cirugía profiláctica.¹²

Otras aplicaciones.

Como hemos analizado en este artículo la formación de placas de ateroma como manifestación de enfermedad aterosclerótica de las carótidas constituye la principal causa de estenosis y oclusión, sin embargo, ya adelantábamos que existe otro grupo de afecciones en estos vasos que pueden ser valoradas con efectividad mediante ultrasonido Doppler como veremos a continuación.

Kinking y enrollamientos de las carótidas: otros posibles signos morfológicos de aterosclerosis incluyen la dilatación y elongación del vaso afectado y es un hallazgo particularmente común en los pacientes ancianos. Su significación hemodinámica ha sido atribuida a un verdadero enrollamiento y kinking del vaso, el cual puede ser evaluado efectivamente mediante Doppler color.¹⁹

Lesiones relacionadas con traumas, procesos inflamatorios y tumorales: pueden detectarse aneurismas, pseudoaneurismas, fístulas arteriovenosas y oclusiones relacionadas con un traumatismo, procesos inflamatorios (arteritis) y tumorales, en estos casos el ultrasonido Doppler es particularmente útil como método no invasivo para un diagnóstico rápido y efectivo de las lesiones.¹⁹

Tumor del cuerpo o glomus carotídeo: estos tumores que aparecen a nivel de la bifurcación son muy vascularizados por lo que con el Doppler color se detecta la presencia de un tumor que separa a ambas carótidas (interna y externa), con múltiples pequeños vasos que se originan desde ellas.¹⁹

Seguimiento después de cirugía carotídea y colocación de stents: en estos casos es útil para demostrar reestenosis y otras posibles complicaciones.¹⁹

Vigilancia o seguimiento de los pacientes.

El panel de la SRU también discutió el tema del adecuado seguimiento de los pacientes asintomáticos con estenosis identificada en la ACI así como a los pacientes con alto riesgo de estenosis de la ACI o de Stroke acordando que aquellos con estenosis ≥ 50 % de la ACI que no sean sometidos a endarterectomía y los que pueden ser candidatos a endarterectomía profiláctica deben ser evaluados en intervalos de 6-12 meses; que los de alto riesgo con placas visibles de < 50 % de estenosis deben ser evaluados cada 1-2 años, mientras que los pacientes con factores de riesgo marcados que tengan un ultrasonido carotídeo normal serán evaluados cada 3-5 años y en todos los casos se realizará siempre un examen completo y se debe comparar con los resultados anteriores.

CONCLUSIONES

El ultrasonido Doppler carotídeo ofrece una evaluación no invasiva de las porciones extracraneales de las arterias carótidas para detectar fundamentalmente enfermedad aterosclerótica de la mismas como causa importante de tromboembolismo cerebral y definir las características de las placas de ateroma que se forman en ellas así como el grado de estenosis que producen. Sin embargo, se ha demostrado también su utilidad como método de screening de riesgo cardiovascular en pacientes asintomáticos y en el diagnóstico de otras afecciones no ateroscleróticas como las asociadas con

traumas, procesos inflamatorios y tumorales. Además es utilizado en el seguimiento después de cirugía carotídea y colocación de stents.

Cuando se revisa la literatura observamos que existe un abundante número de artículos que abordan el tema Doppler carotídeo, sin embargo, existe una gran variabilidad en la realización e interpretación de los resultados obtenidos por lo que los criterios que se han usado en los distintos laboratorios para la estratificación del grado de estenosis varían considerablemente, de tal forma que en octubre de 2002, auspiciados por la SRU, se reunió en San Francisco, California, un panel de expertos de varias especialidades médicas para elaborar un grupo de recomendaciones a fin de establecer un consenso en cuanto a los criterios y protocolos a seguir con el objetivo de estandarizarlos ya que en la actualidad es el único método utilizado en muchas instituciones para determinar si un paciente será sometido a cirugía o no, de ahí la gran importancia que la información que se ofrezca sea reproducible y confiable.

No obstante, aún existen interrogantes que deben seguir siendo investigadas como son el rol de la caracterización de la placa de ateroma, del engrosamiento del complejo íntima-media, los límites de relevancia a tener en cuenta en el seguimiento de la estenosis de la ACI, los criterios que deben ser usados en la valoración posterior a una cirugía o colocación de stent y si el ultrasonido debería o no ser usado como método de screening de enfermedad carotídea.

En la actualidad existe una gran variabilidad entre los diferentes equipos según sus fabricantes y según su antigüedad lo cual pudiera explicar, en parte, la variabilidad e inconsistencia que ha existido en la literatura referida a los valores del Doppler carotídeo para el diagnóstico de la estenosis por lo que sería recomendable que los fabricantes se pusieran de acuerdo para minimizar esta variabilidad mediante el establecimiento de estándares de fabricación, medición y calibración, disponibles tanto para la industria como para los laboratorios vasculares lo que ayudaría aún más en el establecimiento de verdaderos protocolos estándares de exploración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robbin ML, Lockhart ME. Carotid Artery Ultrasound Interpretation Using a Pattern Recognition Approach. *Ultrasound Clin* 2006;1:11-31.
2. Gaitini D, Soudack M. Diagnosing carotid stenosis using Doppler sonography. State of the art. *J Ultrasound Med* 2005;24:1127-36.
3. Scoutt LM, Lin FL, Kliewer M. Waveform Analysis of the Carotid Arteries. *Ultrasound Clin* 2006;1:133-59.
4. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991;325:445-53.
5. European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998; 351:1379-87.
6. Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study Collaborators. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995; 273:1421-28.
7. Benavente O, Moher D, Pham B. Carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis: a metanalysis. *Br Med J* 1998; 317:1477-80.
8. Filis KA, Arko FR, Johnson BL. Duplex ultrasound criteria for defining the severity of carotid stenosis. *Ann Vasc Surg* 2002;16:413-21.
9. Staikov IN, Nedeltchev K, Arnold M. Duplex sonographic criteria for measuring carotid stenoses. *J Clin Ultrasound* 2002; 30:275-81.
10. Hwang CS, Shau WY, Tegeler CH. Doppler velocity criteria based on receiver operating characteristic analysis for the detection of threshold carotid stenoses. *J Neuroimaging* 2002; 12:124-30.
11. Sabeti S, Martin Schillinger M, Mlekusch W. Quantification of Internal Carotid Artery Stenosis with Duplex US: Comparative Analysis of Different Flow Velocity Criteria. *Radiology* 2004; 232:431-39.

12. Grant EG, Benson CB, Moneta GL. Carotid Artery Stenosis: Gray- Scale and Doppler US Diagnosis—Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiology* 2003; 229:340-46.
13. Tahmasebpour HR, Buckley AR, Cooperberg PL, Fix CH. Sonographic Examination of the Carotid Arteries. *RadioGraphics* 2005; 25:1561-75.
14. O'Leary DH, Polak JF. Intima-media thickness: a tool for atherosclerosis imaging and event prediction. *Am J Cardiol* 2002; 90 (Suppl):18L-21L.
15. Thiele BL, Jones AM, Hobson RW. Standards in non invasive cerebrovascular testing. Report from the Committee on Standards for Noninvasive Vascular Testing of the Joint Council of the Society for Vascular Surgery and the North American Chapter of the International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Sur* 1992; 15:495-503.
16. Grant EG, Duerinckx AJ, El Saden SM, et al. Ability to use duplex US to quantify internal carotid arterial stenoses: fact or fiction?. *Radiology* 2000;214:247-52.
17. Soulez G, Therasse E, Robillard P. The value of internal carotid systolic velocity ratio for assessing carotid artery stenosis with Doppler sonography. *Am J Roentgenol* 1999;172:207-12.
18. Bluth EI, Stavros AT, Marich KW, Aufrichtig D, Baker JD. Carotid duplex sonography: a multicenter recommendation for standardized imaging and Doppler criteria. *RadioGraphics* 1988;8:487-506.
19. Landwehr P, Schulte O, Voshage G. Ultrasound examination of carotid and vertebral arteries. *Eur Radiol* 2001;11:1521-34.

Recibido: 13 de marzo de 2007.

Aceptado: 16 de julio de 2007.

Dr. Héctor Pereira Recio. *Especialista de I Grado en Radiología. Profesor Instructor. Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico "Manuel Ascunce Domenech. Camagüey*