

Utilidad del ultrasonido Doppler transcraneal en Neurología

Transcranial Doppler ultrasound usefulness

Dr. Claudio Enrique Scherle Matamoros^I; Dr. Jesús Pérez Nellar^{II}

^IEspecialista de II Grado en Neurología.

^{II}Especialista de II Grado en Neurología, DrC, Profesor Titular.

RESUMEN

El Doppler transcraneal (DTC) es una técnica de ultrasonido no invasiva que permite evaluar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en los segmentos proximales de las principales arterias cerebrales. Se utiliza principalmente en la evaluación y seguimiento de pacientes con enfermedades cerebrovasculares, por lo que se ha convertido en herramienta fundamental para el monitoreo en la fase aguda y de apoyo para el diagnóstico de la muerte encefálica. En esta revisión se resalta la importancia del DTC como herramienta diagnóstica y terapéutica en pacientes con afecciones cerebrovasculares ingresados en una unidad de ictus y como prueba complementaria en el diagnóstico de la muerte encefálica.

Palabras clave: Doppler transcraneal, ictus, muerte encefálica, diagnóstico, tratamiento.

ABSTRACT

Transcranial Doppler (TCD) is a noninvasive ultrasound (US) technique allowing assessing the velocity and direction of blood flow in proximal segments of main cerebral arteries. It is used in assessment and follow-up of patients presenting with cerebrovascular diseases thus becoming in an essential tool of encephalic death. In

present review the TCD significance is emphasized as diagnostic and therapeutical mean in patients presenting with cerebrovascular affections admitted in a ictus unit and also as a complementary test in encephalic death diagnosis.

Key words: Transcranial Doppler, ictus, encephalic death, diagnosis, treatment.

INTRODUCCIÓN

El Doppler transcraneal (DTC) es una aplicación de la ultrasonografía que permite el estudio no invasivo de algunos parámetros del flujo sanguíneo en las porciones proximales de los vasos que forman el polígono de Willis.¹

Se fundamenta en el cambio de frecuencia entre el eco emitido y recibido por una fuente de sonido fija aplicada al cráneo del paciente, con respecto a los elementos formes de la sangre en el vaso sanguíneo. Lo que hace posible determinar la velocidad y la dirección del flujo sanguíneo en el vaso que se está estudiando. ¹ Permite una evaluación en tiempo real del estado de la circulación cerebral a la cabecera del paciente. Puede ser repetido cuantas veces sea necesario, sin riesgo para el enfermo y/o el examinador y resulta menos costoso que otras técnicas diagnósticas. No requiere del uso de sustancias de contraste, por lo que se evitan las reacciones alérgicas.²

Al no contar con imagen en modo B, la interpretación de los resultados en casos con lesiones arteriales bilaterales o variaciones anatómicas del polígono de Willis se dificulta. Otras de sus desventajas es la ausencia de ventana ósea craneal que no permite la penetración del ultrasonido².

Desde su introducción en el año 1982, se ha convertido en una herramienta esencial para el diagnóstico de lesiones vasculares extracraneales e intracraneales y el seguimiento de los resultados del tratamiento.³

Actualmente tiene indicación y se emplea en la Unidad de Ictus del Hospital «Hermanos Ameijeiras» en las siguientes situaciones clínicas:

- Detección y seguimiento de estenosis arteriales extracraneales e intracraneales severas (> 60 %).
- Valoración del estado de la circulación colateral en pacientes con estenosis u oclusión arteriales.
- Estudio de la reserva hemodinámica cerebral.
- Monitorización no invasiva de la recanalización arterial en la fase aguda del infarto cerebral.

- Sonotrombólisis.
- Detección de microembolias cerebrales.
- Diagnóstico de shunt derecha-izquierda (agujero oval permeable).
- Diagnóstico y seguimiento del vasospasmo arterial en la hemorragia subaracnoidea.
- Monitoreo de la presión intracraneal en la hemorragia intraparenquimatosa.
- Fístulas carótido-cavernosas.
- Diagnóstico de la muerte encefálica.

Estenosis intracraneales

La arteriosclerosis intracraneal es responsable de hasta el 10 % de los ictus isquémicos. Una vez excluidas las causas carotídeas y cardíacas como mecanismos etiológicos, es importante determinar si existe una estenosis arterial intracraneal, sobre todo en sujetos mestizos en los que parece ser más frecuente. ⁴

El DTC, comparado con la angiografía convencional tiene una sensibilidad del 70 al 90 % y una especificidad del 90 al 95 % para las arterias de la circulación anterior. En el territorio vertebrobasilar la especificidad es similar a la del sistema carotídeo, pero la sensibilidad es menor (50-80 %). ³

Los criterios para el diagnóstico de estenosis intracraneal mediante DTC incluyen incremento focal de la velocidad del flujo en la arteria explorada ([Fig.1](#)) y diferencias significativas en la velocidad entre segmentos homólogos de ambos lados.

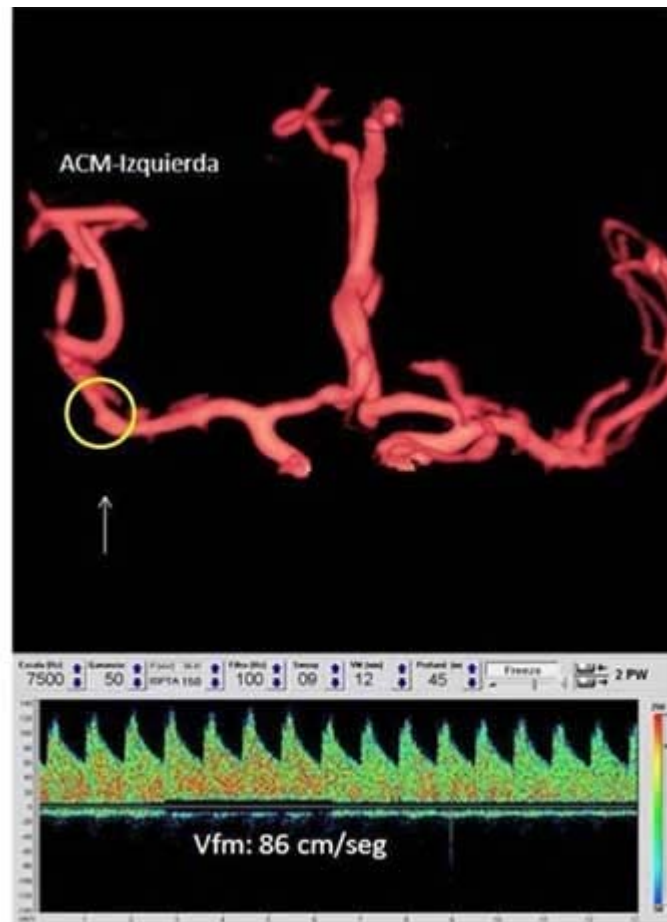


Fig. 1. Estenosis intracraneal en la arteria cerebral media izquierda en una paciente con vasculitis aislada del sistema nervioso central. Aumento de la vfm a 45 mm de profundidad.

Los criterios de oclusión comprenden la ausencia de señal a partir de un punto, se obtiene el espectro a la misma profundidad en la arteria homóloga contralateral por la misma ventana y el registro de signos de circulación colateral.⁵

Los vasos en los que se puede diagnosticar con mayor sensibilidad una estenosis u oclusión mediante el DTC son: el segmento proximal de la arteria cerebral media (ACM), el sifón carotídeo, la porción intracraneal de la arteria vertebral (AV), la arteria basilar (AB) proximal y el segmento proximal de las arterias cerebrales posteriores (ACP)^{5,6} ([Fig. 2](#)).

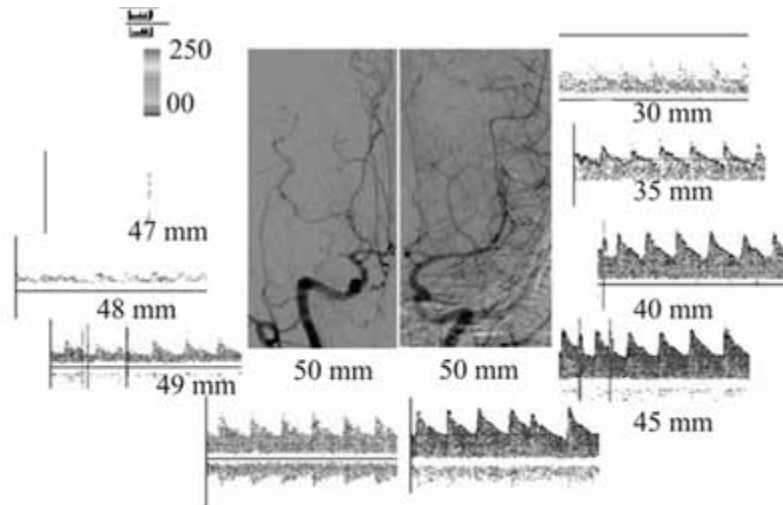


Fig. 2. Oclusión de la arteria cerebral media izquierda en una paciente joven con antecedentes de migraña y consumo de anticonceptivos orales. En la angiografía oclusión de la ACM-I próxima a la bifurcación carotídea. Asimetría en profundidad de los registros de DTC.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus.

Estenosis carotídea

En la modalidad de Doppler continuo es posible localizar estenosis mayores del 50 % en los troncos supraaórticos extracraneales ⁷ ([Fig.3](#)) y evaluar su repercusión hemodinámica en el resto de la circulación intracraneal a través del estudio de la reserva hemodinámica cerebral.⁸

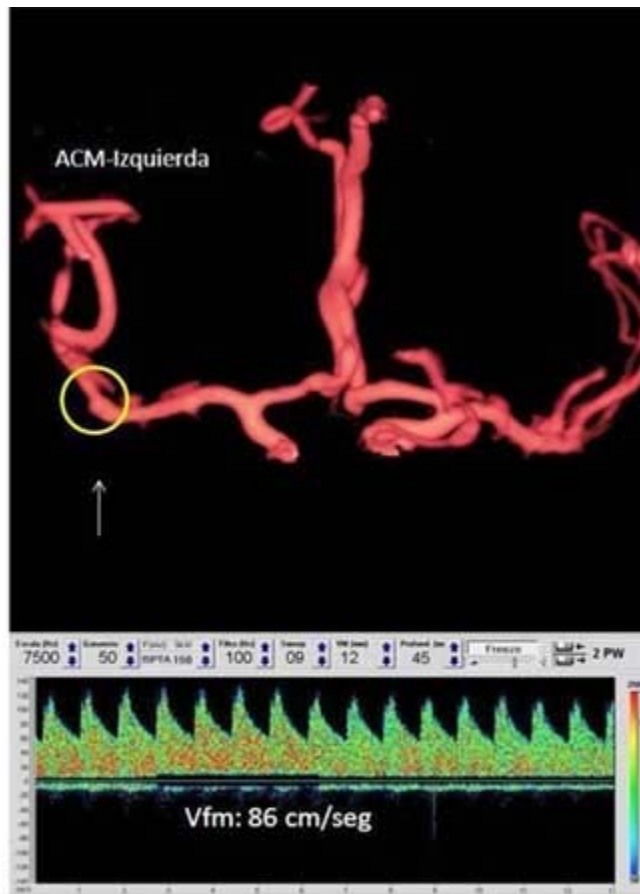
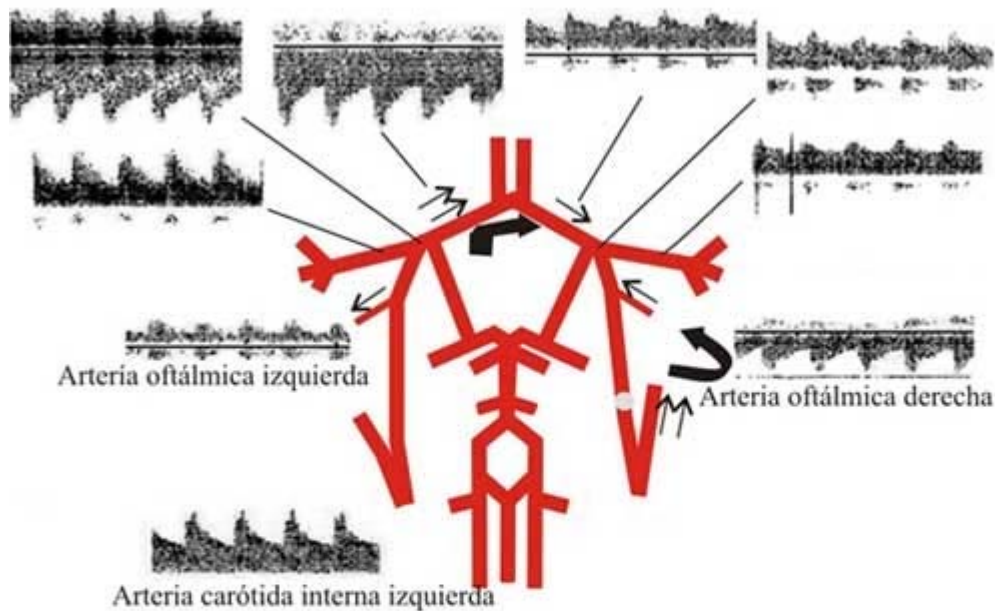


Fig. 3. Correlación Doppler continuo extracraneal-angiografía en un paciente con amaurosis fugaz.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus.

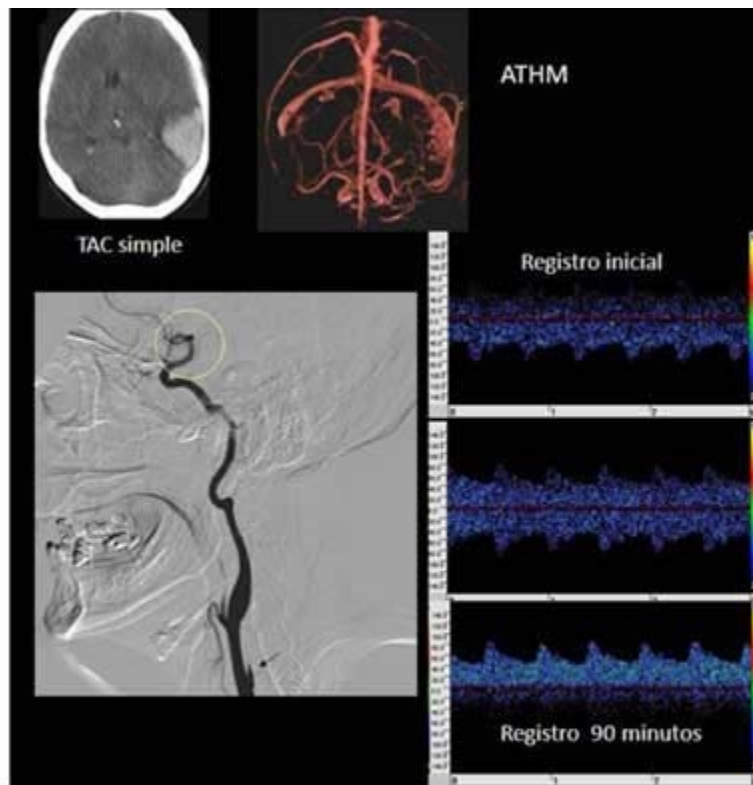
La inversión de la dirección de flujo en la arteria oftálmica y de la arteria cerebral anterior ipsilateral, sumados a disminución flujo en la ACM, con aumento de la vfm en la carótida interna contralateral son signos muy sugestivos y específicos de estenosis carotídea mayor del 70 % ^{1,7} ([Fig.4](#)).



Fuente: archivo de la Unidad de Ictus).

En pacientes con estenosis u oclusión de la arteria carótida interna (ACI) el riesgo de padecer de un ictus en determinadas situaciones depende tanto del grado de estenosis como del grado de compensación de los sistemas de colaterales (arteria oftálmica homolateral, la ACI contralateral, polígono de Willis y las anastomosis leptomeníngicas corticales). Si el sistema de colaterales es insuficiente, las arteriolas se encuentran en un grado de máxima dilatación y la RHC está disminuida o exhausta, existe un mayor riesgo de infartos por embolismos arteriales, o de síndrome de reperfusión cerebral después de realizada la endarterectomía o de la colocación de un stent.^{9,10}

Un estudio reciente, realizado en casos con contraindicaciones para la administración de TPA, demuestra que el empleo del DTC de 2 MHz permitió recanalizar la arteria durante la primera hora en el 62 % de los casos, mientras que no ocurrió de manera espontánea en ninguno de los controles ¹³ ([Fig. 5](#)).



TAC: tomografía axial computarizada, ATHM: Angiotomografía helicoidal multicortes.

Fig. 5. Angiografía con sustracción digital que demuestra la oclusión de la ACM.

Detección de microembolismos cerebrales

La diferencia en la impedancia del material embólico con respecto a la sangre provoca cambios en la intensidad de la señal Doppler que es recibida, lo que permite identificar el paso del material ajeno a la composición de la sangre y diferenciar si se trata de embolismos gaseosos o sólidos. ^{1,2} Por consenso la determinación se realiza durante 30 minutos ¹³ ([Fig.6](#)).

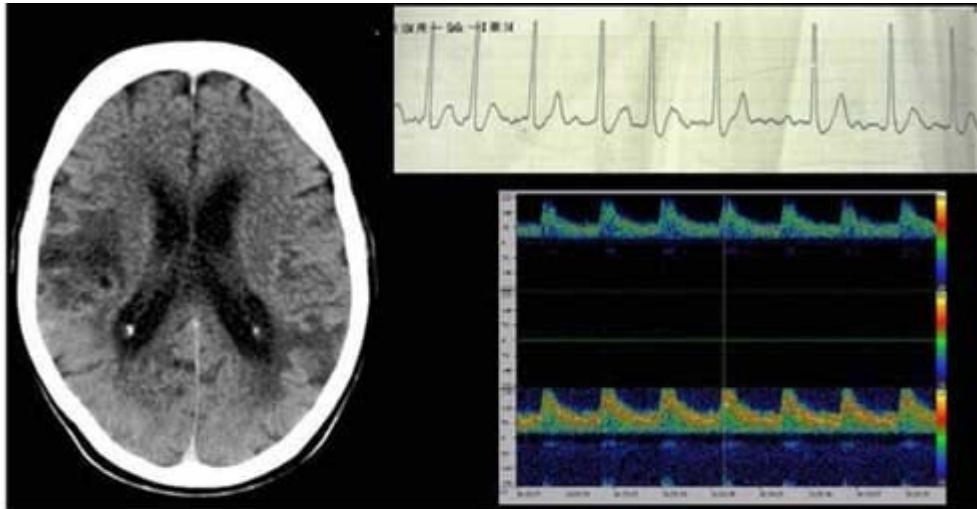


Fig. 6. Determinación de émbolos en un paciente con ictus isquémico y fibrilación auricular.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus).

Los criterios establecidos para identificar señales embolicas ^{1,2} (MES), son:

- Señal audible (sonido chirriante).
- Breve: duración menor de 300 mseg.
- Intensidad mayor de 3 db en la banda espectral de base.
- Predominio unidireccional.
- La señal aparece sola, generalmente al final de la sístole.

Shunt cardíacos derecha-izquierda por persistencia del foramen oval

Estudios necrópsicos realizados en corazones sanos reportan la existencia de un foramen oval permeable (FOP) en el 27 % de los casos, independientemente del grupo de edad, y es un factor de riesgo vascular a considerar en sujetos jóvenes con un ictus isquémico.

La detección se realiza inyectando microburbujas de aire en la circulación periférica, que posteriormente son detectadas al pasar por la ACM. La existencia del FOP se establece si en un período de 5 a 10 s, después de terminada la maniobra de Valsalva son registrados con el DTC las microburbujas. Según la cantidad de señales detectadas es posible determinar la magnitud de la comunicación derecha izquierda. ¹⁴⁻¹⁵.

Fístulas carotidocavernosas

La fístula carotidocavernosa (FCC) de acuerdo con su supendencia se clasifican en directa, indirecta y mixta. La directa se establece entre la carótida interna y el seno cavernoso. La indirecta muestra una comunicación entre las ramas meníngeas de la ACI o la externa y el seno cavernoso y en la tipo mixto recibe contribución de las 2.

Reportes recientes describen la aplicación de la ultrasonografía Duplex transcraneal en el diagnóstico de la FCC.¹⁶ Sin embargo, en pacientes en los que se sospeche una FCC el estudio con el DTC a través de la ventana oftálmica con el transductor de 2 mhz, permite registrar el espectro de la vena oftálmica engrosada con flujo invertido y arterializado (pulsátil) ([Fig. 7](#)).

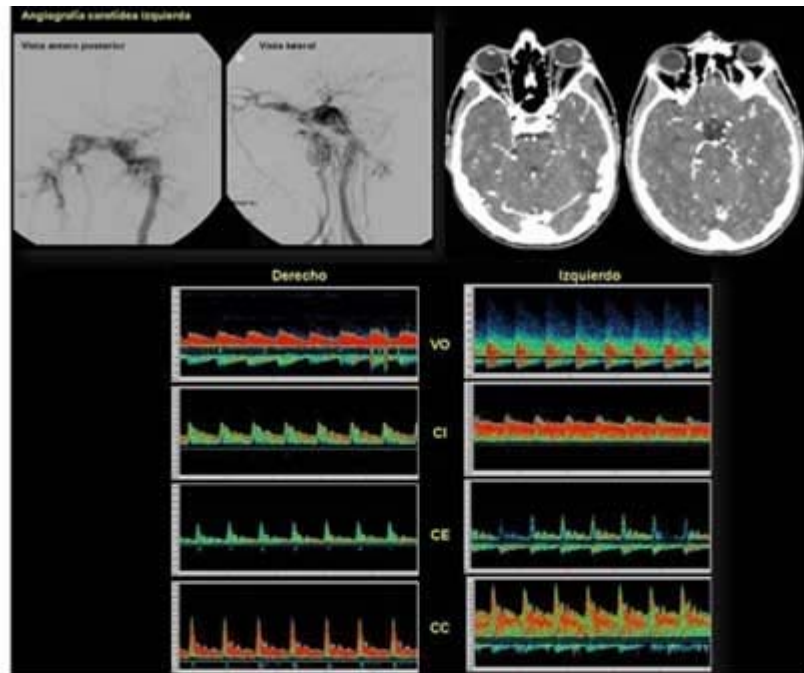


Fig. 7. Hiperflujo con aumento del componente diastólico en la carótida común y la carótida interna izquierdas. Hay arterialización de ambas venas oftálmicas, con velocidades muy altas, especialmente de la izquierda. Fístula carotidocavernosa directa.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus.

Detección del vasospasmo en la hemorragia subaracnoidea (HSA)

El monitoreo con DTC juega un papel importante en el diagnóstico y monitoreo del vasospasmo en la HSA.^{17,18} En un estudio de validación realizado en la Unidad de Ictus, encontramos que tiene una sensibilidad del 80 % y especificidad excelente (95 %) para las arterias cerebrales medias. En las que vfm mayores de 120 cm/s corresponden a vasospasmo¹⁹ ([Fig. 8](#)).

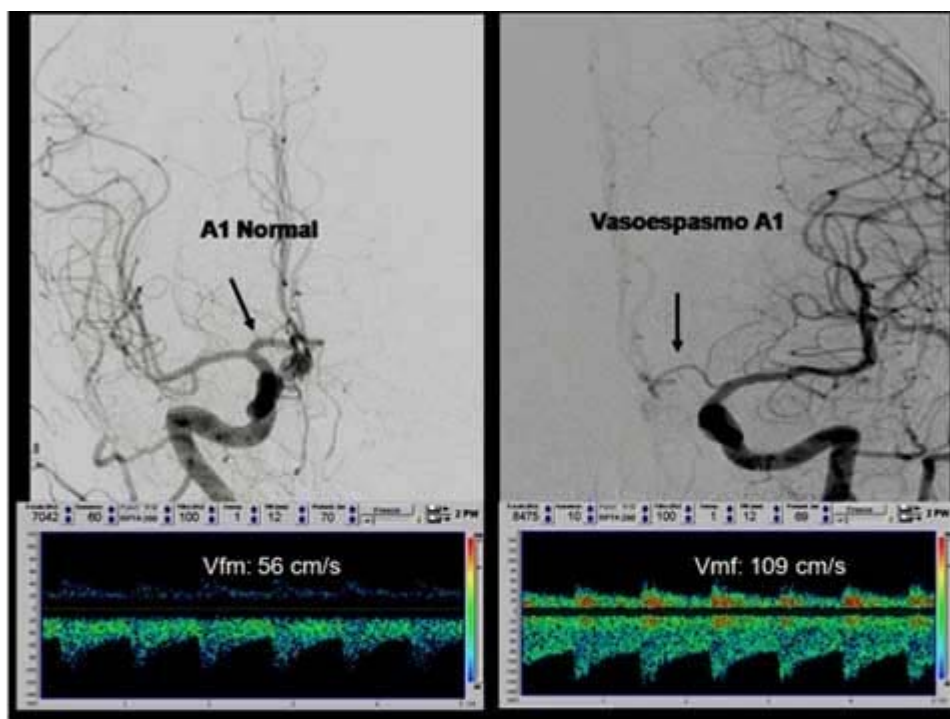


Fig. 8. Correlación angiografía-DTC en un paciente con vasospasmo del segmento proximal de la arteria cerebral anterior izquierda.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus.

La realización de estudios seriados posibilita anticipar el comienzo del vasospasmo sintomático. Un incremento en 24 horas del 50 % de la vfm en la ACM debe ser considerado como un signo temprano de vasoconstricción severa en evolución. Otros factores pronósticos para vasospasmo sintomático son las vfm > 180 cm/s y el índice de Lindegaard >6.^{19,20}

Monitoreo de la presión intracraneal en la hemorragia intraparenquimatosa (HIP)

La utilidad del DTC como marcador de la presión intracraneal (PIC) fue descrito por Klingelhofer²¹ en un estudio en el que comparó los valores de las velocidades de flujo en las ACM con los niveles de PIC.

Existe una relación cualitativa entre el aumento progresivo de la PIC y el patrón de flujo sanguíneo en las arterias intracraneales, que modifican los índices de pulsatilidad (IP) y disminuyen la velocidad de pico diastólico.

En pacientes con HIP supratentoriales el seguimiento de las velocidades de flujo en las ACM y la determinación del (IP) en el hemisferio no afectado se correlacionan con el resultado de la escala de Glasgow y es un indicador pronóstico de la supervivencia del paciente.²²

Diagnóstico de muerte encefálica

En 1988, Hassler y cols ²³ exploraron las posibilidades del DTC en la evaluación de pacientes con hipertensión intracraneal. En el diagnóstico de la parada circulatoria cerebral como criterio fisiopatológico de muerte cerebral, la sensibilidad del DTC varía entre el 91 y el 100 % y la especificidad del 100 %.³.

El aumento de la presión intracraneal produce un incremento de la resistencia al flujo que determina un descenso de la presión de perfusión al superar los niveles de tensión arterial media. Los cambios progresivos que ocurren condicionan una disminución inicial de la velocidad diastólica, seguido de flujo retrógrado en diástole y finalmente no se obtiene ninguna señal ²³ ([Fig. 9](#)).

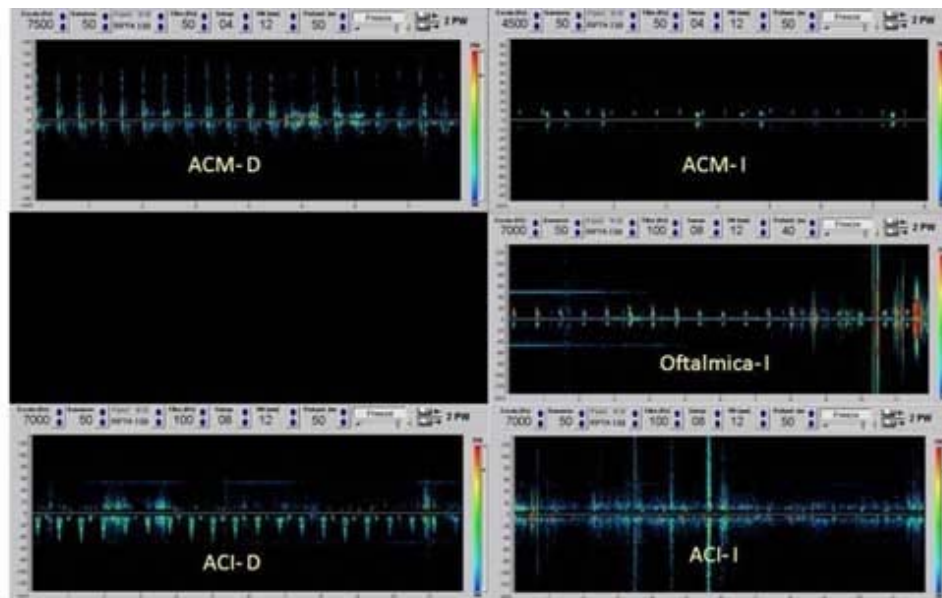


Fig. 9. Registros que apoyaron el diagnóstico clínico de muerte encefálica en un caso con HSA. Patrones intermedios entre puntas sistólicas y flujo reverberante de predominio en la arteria cerebral media derecha.

Fuente: archivo de la Unidad de Ictus.

Aunque se han encontrado varios patrones que pueden corresponder a muerte cerebral, los más aceptados son: ²³⁻²⁴

- _ Inversión del flujo diastólico.
- _ Presencia de espigas sistólicas sin flujo diastólico.
- _ Ausencia de flujo.

El estudio de DTC no se afecta por la administración de sedantes, lo que le otorga superioridad frente al EEG, complementando al examen clínico, además de que resulta un método útil en situaciones donde no puede completarse la evaluación neurológica por el estado del paciente. Sin embargo, en pacientes que no han sido previamente

evaluados la ausencia completa de ventana ósea temporal puede dar un falso positivo (ausencia de registro). En este caso la ausencia de señal de flujo en la ACM sin tener un registro previo (por el mismo examinador) que valide la utilidad de la ventana temporal, no debe ser tomada como un patrón de parada circulatoria.

Recientemente un comité de expertos de la Sociedad Española de Neurosonología ²⁴ elaboró una guía para la realización e interpretación del DTC en la confirmación del diagnóstico clínico de ME. Recomiendan realizar 2 exámenes con un intervalo entre ellos de 30 min. Como mínimo se requiere documentar estos hallazgos en ambas ACM a través de las ventanas temporales y en la arteria basilar a través de la ventana transforaminal, utilizando un volumen muestra de 10.

CONCLUSIONES

El DTC es una herramienta confiable y de bajo costo, importante para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con enfermedades cerebrovasculares que requieren cuidado estricto y monitoreo del estado de la circulación cerebral. Apoya el diagnóstico clínico de muerte encefálica y es de utilidad como parte del tratamiento trombolítico en los primeros momentos del ictus isquémico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alexandrov AV, Sloan MA, Wong LKS, Douville C, Razumovs AY, Koroshetz W, et al. Practice standards for transcranial Doppler ultrasound: Part I test performance. J Neuroimaging. 2007; 17:11-18.
2. Scherle CE. Ultrasonido Doppler transcraneal. Protocolo. Manual de Prácticas Médicas del Hospital Hermanos Ameijeiras. 2006.
3. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Assessment: Transcranial Doppler ultrasonography. Neurology. 2004; 62:1468-81.
4. Sacco RL, Kargman DE, Quong GU, Zamanillo MC. Race-ethnicity and determinants of intracranial atherosclerotic cerebral infarction. The Northern Manhattan Study. Stroke. 1995; 26:14-20.
5. Rorick MB, Nichols FT, Adams RJ. Transcranial Doppler correlation with angiography in detection of intracranial stenosis. Stroke. 1994; 25:1931-34.
6. Navarro JC, Mikulik R, Garami Z, Alexandrov AV. The accuracy of transcranial Doppler in the diagnosis of stenosis or occlusion of the terminal internal carotid artery. J Neuroimaging. 2004; 14:314-18.
7. Garzon F, Gil-Peralta A, Otero A, Crespo P, Salinas E. Estudio de validez del Doppler continuo. Rev Neurol. 1999; 29:980-84.

8. Jiménez-Caballero PE, Segura T. Valores de normalidad de la reactividad vasomotora cerebral mediante el test de apnea voluntaria. *Rev Neurol*. 2006; 43 (10):598-602.
9. Hosoda, K; Kawaguchi T, Ishii K, Minoshima S, Shibata Y, Iwakura M, et al. Prediction of Hyperperfusion After Carotid Endarterectomy by Brain SPECT Analysis With Semiquantitative Statistical Mapping Method. *Stroke*. 2003; 34:1187-93.
10. Markus S H, Cullinane M. Severely impaired cerebrovascular reactivity predicts stroke and TIA risk in patients with carotid artery stenosis and occlusion. *Brain*. 2001; 124:457-467.
11. Alexandrov AV, Molina CA, Grotta JC, et al. Ultrasound-enhanced systemic thrombolysis for acute ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2004; 351: 2170-8.
12. Alexandrov AV. Ultrasound Identification and Lysis of Clots. *Stroke*. 2004; 35[suppl 1]:2722-25.
13. Eggers J, Seidel G, Koch B, König IR. Sonothrombolysis in acute ischemic stroke for patients ineligible for rt-PA. *Neurology*. 2005; 64:1052-4.
14. Forteza AM, Koch S, Romano JG, Babikian VL. Detección de microémbolos con Doppler transcraneal. *Rev Neurol*. 2000; 31:1046-53.
15. Nemec JJ, Marwick TH, Lorig RJ, et al. Comparison of transcranial Doppler ultrasound and transesophageal contrast echocardiography in the detection of interatrial right-to-left shunts. *Am J Cardiol*. 1991; 68:1498-502.
16. Llompарт-Pou JA, Abadal JM, Pérez-Bárcena J, Homar J, Rodríguez A, Ibáñez J. Diagnóstico precoz no invasivo de la fístula carótido-cavernosa postraumática por dúplex transcraneal color. Análisis de 4 pacientes. *Med Intensiva*. 2007; 31(1):46-9.
17. Lysakowski C, Walder B, Constanza MC, Tramer MR. Transcranial Doppler versus angiography in patients with vasospasm due to a ruptured cerebral aneurysm: a systematic review. *Stroke*. 2001; 32:2292-8.
18. Scherle CE, Pérez J, Rosello H, Cutiño Y, Amaro A, Matos JL. Hemorragia subaracnoidea. Diagnóstico y seguimiento del vasoespasmio por Doppler transcraneal. *Rev Cub Med Int Emerg*. 2007; 6(1):624-32.
19. Scherle-Matamoros CE, Pérez-Nellar J, Castro-Jiménez M. Utilidad clínica del Doppler transcraneal en el diagnóstico del vasoespasmio cerebral en la hemorragia subaracnoidea. Estudio de validación. *Rev Neurol*. 2008; 47: 295-8.
20. Janjua N, Mayer SA. Cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Curr Opin Crit Care*. 2003; 9:1139.
21. Klingelhofer J, Conrad B, Benecke R, Sander D. Intracranial flow patterns at increasing intracranial pressure. *Klin Wochenschr*. 1987; 65:5425.

22. MartíFábreas J, Belvís R, Guardia E, D. Cocho, MD, Muñoz J, Marruecos L, et al. Prognostic value of Pulsatility Index in acute intracerebral hemorrhage. *Neurology*. 2003; 61:10516.
23. Hassler W, Steinmetz H, Gawlowski J. Transcranial Doppler ultrasonography in raised intracranial pressure and in intracranial circulatory arrest. *J Neurosurg*. 1988; 68:745-51.
24. Calleja S, Tembl JI, Segura T. Recomendaciones sobre el uso del Doppler transcraneal para determinar la existencia de paro circulatorio cerebral como apoyo diagnóstico de la muerte encefálica. *Neurología*. 2007; 22(7):441-7.

Recibido: 12-01-09
Aprobado: 15-03-09

Dr. *Claudio E. Scherle Matamoras*. Hospital Clínicoquirúrgico «Hermanos Ameijeiras». Unidad de Ictus, Piso 8 A. San Lázaro No. 701 entre Belascoaín y Marqués González, Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. Correo electrónico: csm@infomed.sld.cu