
Neurosonología e ictus

Neurosonology and stroke

G. Soriano¹, J. Gállego¹, M.E. Irigoyen², N. Aymerich¹

INTRODUCCIÓN

La patología arteriosclerótica es responsable de un tercio de los ictus. Los síntomas que determina se producen por embolización de material fibrinoplaquetario o de colesterol a las arterias cerebrales o de la retina; por hemorragia en el interior de la placa ateromatosa con obstrucción de la luz arterial o embolización distal y, menos frecuentemente, por insuficiencia hemodinámica¹. Esta patología tiene especial predilección por la bifurcación carotídea, accesible al examen con ultrasonidos. A pesar de que la prueba diagnóstica más exacta es la arteriografía convencional, su riesgo potencial y la aparición y desarrollo tecnológico alcanzado en los últimos años de las técnicas no invasivas ha hecho del estudio duplex carotídeo y ecografía de troncos supraórticos una exploración imprescindible en la evaluación de todo paciente con enfermedad vascular cerebral aguda². De forma complementaria el Doppler transcraneal permite el registro y la cuantificación de las velocidades de las arterias intracraneales. Esta técnica da además información muy importante sobre el comportamiento hemodinámico y repercusión de la patología extracraneal.

El reto del neurólogo es considerar los ultrasonidos como una herramienta imprescindible en su práctica diaria, evitando actitudes terapéuticas basadas exclusivamente en la imagen.

MODALIDADES TÉCNICAS

Se utilizan dos técnicas sonográficas diferentes en la rutina de examen del enfermo cerebrovascular: la ecografía vascular modo B (bidimensional) en tiempo real y la otra la componen un conjunto de diferentes procedimientos eminentemente velocimétricos basados en el efecto Doppler.

Ecografía modo B

Mediante esta técnica se obtiene una imagen bidimensional del vaso insonado, en tiempo real. La imagen así obtenida aparece como un corte tomográfico animado por el movimiento real del vaso. La imagen está compuesta por puntos en escala de grises. Los tejidos más ecogénicos dan lugar a puntos más claros y los menos ecogénicos a puntos más oscuros. Los hemátios en movimiento dispersan el haz de ultrasonidos, por lo cual la luz permeable de un vaso aparece negra en la ecografía B. La frecuencia del ultrasonido más utilizada

ANALES Sis San Navarra 2000; 23 (Supl. 3): 67-77.

1. Unidad de Ictus. Servicio de Neurología. Hospital de Navarra. Pamplona
2. Enfermería Neurológica. Hospital de Navarra. Pamplona

Correspondencia
Dr. Gerardo Soriano.
Servicio de Neurología
Hospital de Navarra
Irunlarrea 3
31008 Pamplona

en la exploración ecográfica de las arterias del cuello es de 7,5 MHz.

Velocimetría Doppler

El efecto Doppler consiste en el cambio de frecuencia que experimenta un sonido cuando se desplaza el emisor con respecto a un receptor inmóvil. La expresión matemática de este efecto permite calcular la velocidad de la sangre en las distintas arterias y por lo tanto podremos cuantificar las estenosis en relación con las elevaciones de velocidad tanto sistólica como diastólica.

Doppler continuo

Es la modalidad de examen más sencilla. Se utilizan sondas tipo "lápiz", el haz de ultrasonido empleado es continuo y de una frecuencia de 5 Mhz. Su limitación fundamental cuando lo comparamos con la angiografía es su baja sensibilidad (36%) en la evaluación de las estenosis carotídeas que provocan una estenosis < 50%, aunque sí presenta una sensibilidad excelente (95%) cuando la estenosis es $\geq 70\%$, hallazgo que en un paciente sintomático debería completarse con estudio duplex previo paso a la indicación quirúrgica³.

Doppler pulsado

Con este método se consigue explorar la velocidad de flujo en el centro o en la periferia del vaso.

Análisis espectral de frecuencias

Tanto con el Doppler pulsado como con el Doppler continuo se obtiene una representación gráfica en tiempo real del espectro de frecuencias generado por la reflexión del ultrasonido en el torrente sanguíneo. Cada punto del espectro aparece en negro gris o blanco dependiendo del número mayor o menor de hematíes que se han movido en ese instante a la misma velocidad. Los puntos correspondientes a velocidades más altas se sitúan más altos con respecto a la línea de 0. Con el Doppler pulsado se pueden analizar la frecuencia de muestras parciales de flujo a lo largo del vaso.

Ultrasonografía duplex

El método duplex consiste en la utilización combinada, en un mismo equipo, de imagen modo B de alta resolución en tiempo real junto con el análisis de flujo mediante doppler pulsado y continuo. Este es el método de elección para el estudio atraumático del eje carotideo en el cuello y con mayores limitaciones de la arteria vertebral. Se puede determinar la velocidad de la sangre tanto en la periferia como en el interior del vaso y también se puede medir el diámetro y el área de la luz arterial así como analizar las características de la placa: homogénea, heterogénea, anecoica, hipoeicoica, hipereicoica. Con la ultrasonografía duplex practicada por manos expertas, usando protocolos adecuados y con controles de calidad, se puede llegar al diagnóstico de una estenosis hemodinámicamente significativa con una sensibilidad del 90-95% y una especificidad superior al 90%⁴.

Con la introducción en el duplex del doppler color codificado, el vaso insonado aparece en color, con diferentes intensidades que representan diferentes velocidades de flujo; el color ayuda a localizar el vaso y también permite identificar trombos frescos los cuales son anecoicos y por tanto invisibles en modo B.

Cuantificación de la estenosis carotídea

El parámetro que se utiliza para cuantificar la estenosis es el aumento de velocidad que detectamos en relación con la progresiva disminución de la luz arterial (a mayor estenosis mayor incremento de la velocidad). El parámetro más utilizado es la velocidad sistólica máxima (VSM), indicando una estenosis ≥ 70 con velocidad sistólica superior al 215 cm/seg. También se utiliza la velocidad diastólica final (VDF) cuando la estenosis es mayor del 80% (Tabla 1)⁵.

La clasificación más extendida para la cuantificación de estenosis carotídea es la siguiente:

– Estenosis del 16%-49%, velocidad sistólica inferior a 120 cm/sg, con moderado ensanchamiento espectral.

Tabla 1. Criterios para la clasificación del grado de estenosis por PW Doppler.

| Diámetro estenosis % | Frecuencia Pico sistólico kHz | Velocidad Pico sistólico cm/seg | Frecuencia diastól. final kHz | Velocidad diastól. final cm/seg |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 40-60 % | >4,0 | >120 | <1,3 | <40 |
| 61-80 % | >4,0 | >120 | >1,3 | >40 |
| 81-90 % | >8,0 | >240 | >3,3 | >100 |

| Estenosis angiografía | VS (cm/seg) | VD ACI (cm/seg) |
|-----------------------|-------------|-----------------|
| <50 | < 120 | <40 |
| 50-70 | 125-150 | 40-80 |
| 70-80 | 150-250 | 80-130 |
| >80 | >250 | >130 |

– Estenosis 50%-79%, velocidad sistólica superior a 120 cm/sg y velocidad diastólica inferior a 135 cm/sg, con intenso ensanchamiento espectral.

– Estenosis de 80%-99%, velocidad sistólica superior a 120 cm/sg, velocidad diastólica superior a 135 cm/sg, con intenso ensanchamiento espectral.

Esta técnica es de bajo coste, sencilla, permite una evaluación rápida y puede realizarse en pacientes con cuellos cortos o gruesos y con lesiones muy calcificadas. Permite estudiar el flujo periorbitario y realizar estudios en la porción proximal de las las arterias vertebrales.

Es de destacar la baja sensibilidad para estenosis inferiores al 50% y la importante limitación en el diagnóstico de oclusión de la arteria carótida interna. El porcentaje de diagnósticos de falsos positivos es de aproximadamente el 14%, la mayor parte de ellos basados en la persistencia de un flujo residual mínimo no captado por lo imagen duplex color, o la existencia de placas calcificadas que impiden una correcta visualización y la tortuosidad del vaso.

INDICACIONES DE LA SONOGRAFÍA DUPLEX

Está indicada en todo paciente con signos o síntomas de origen cerebrovasculares presumiblemente aterosclerótico. Al carecer de morbilidad y tener un bajo coste, es un examen que se puede y se debe prodigar, pero se debe sentar la indicación a partir de datos clínicos concretos y bien definidos (Tabla 2).

La indicación paradigmática de la sonografía duplex es la sospecha de una estenosis carotídea extracraneal en pacientes con déficit isquémicos transitorios, con déficit isquémicos reversibles o que han sufrido un infarto cerebral con secuelas leves. No obstante, el hallazgo de una estenosis potencialmente quirúrgica exige la realización de un examen de Doppler transcraneal y obviamente del estudio angiográfico completo. El control de duplex post-operatorio, próximo y evolutivo, permite, respectivamente, despistar la trombosis post-operatoria y la reestenosis aterosclerótica.

El Doppler continuo y el duplex es también el examen de elección para el diag-

Tabla 2. Utilidad clínica del estudio doppler de troncos.

- Estudio de los pacientes con enfermedad vascular cerebral aguda.
- Indispensable para la selección previa o inicial antes de la angiografía, de posibles candidatos a la cirugía carotídea.
- Seguimiento de la patología carotídea asintomática o sintomática no quirúrgica.
- Estudio de pacientes con infartos cerebrales asintomáticos revelados por TAC o RM.
- Control post-endarterectomía.
- Control evolutivo de las disecciones arteriales.

nóstico y seguimiento de las estenosis carotídeas asintomáticas.

Clasificación de las placas de ateroma según su estructura, ecogeneidad y superficie

El estudio ecográfico permite cuantificar el grosor de la íntima, y conocer la superficie de la placa: regular y lisa, irregular, ulcerada y su ecogeneidad anecogénica (sangre), isoecogénica (músculo), hiperecogénica (apófisis transversa), y su textura homogénea o heterogénea (Fig. 1).

Un hecho importante, por las implicaciones pronósticas que conlleva es diferenciar entre las placas homogéneas y las placas heterogéneas. Las placas homogéneas uniformes, con una superficie lisa, corresponden a tejido conectivo fibroso. Estas placas no muestran ulceraciones en su superficie y tampoco presentan hemorragias intraplaca. Las placas heterogéneas muestran un patrón ecográfico comple-

jo donde se entremezclan zonas hiperecogénicas (calcio), con zonas ecolucentes (hemorragia intraplaca); en estas placas se detectan ulceraciones... Se debe tener en cuenta que las placas heterogéneas e hiponecogénicas son las que conllevan un riesgo mayor de ictus. Precisamente este tipo de placas es más frecuente en estenosis graves o significativas⁶⁸.

DOPPLER TRANSCRANEAL (DTC)

El estudio de la velocidad sanguínea en las arterias del polígono de Willis se lleva a cabo mediante DTC con un emisor - receptor pulsado a 2 Mhz. Ello es posible gracias al menor espesor del cráneo en determinadas zonas como la escama temporal y a ventanas anatómicas como la orbitaria y suboccipital. Las ondas ultrasónicas emitidas de forma pulsada permiten insonar a diferentes profundidades. Estas ondas son reflejadas por los hematíes en movimiento de tal forma que la diferencia entre la señal emitida y la recibida nos ofrecerá las

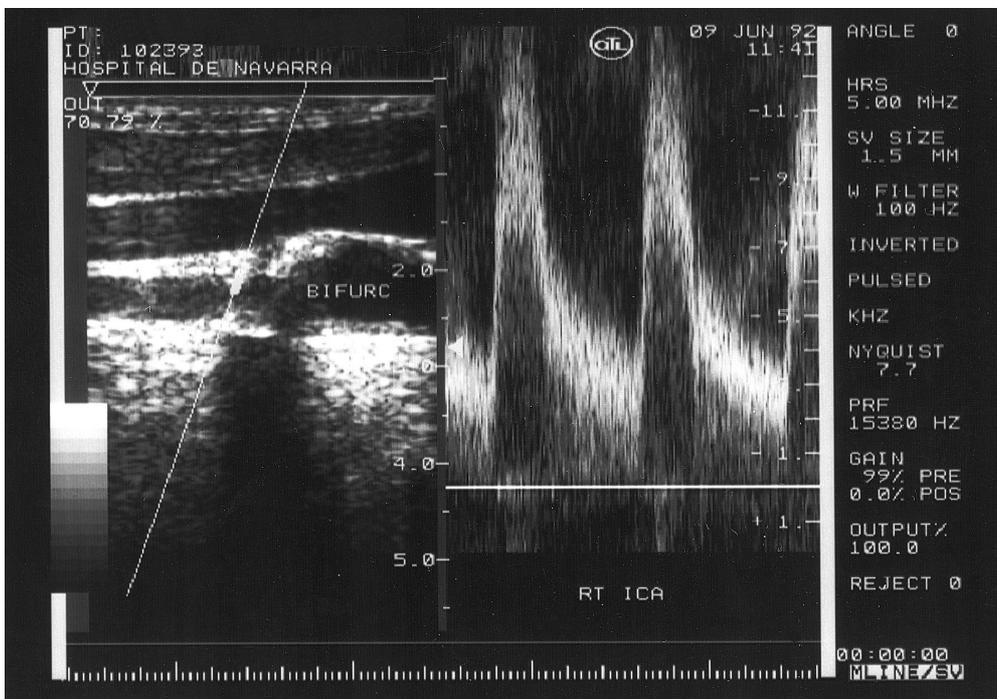


Figura 1. Un peroma calcificado concéntrico de A.C.I. que determina una estenosis significativa.

características de la curva en frecuencia (Khz) o de velocidad (cm/s).

La velocidad de flujo depende del ángulo que se forma entre el haz de ultrasonido y el vaso explorado. Al tratarse de una técnica ciega es fundamental que imaginemos el sistema vascular intracraneal. Con el DTC no conocemos el ángulo entre el haz de ultrasonidos y el vaso, por lo que resulta favorable comprender que con ángulos superiores a 30° no obtendremos una lectura correcta de la velocidad del vaso en estudio.

Con esta técnica podemos detectar las curvas de velocidad en las arterias cerebrales medias, anteriores, posteriores, vertebrales y tronco basilar. También podemos estudiar la permeabilidad y comportamiento de las arterias comunicantes anteriores y posteriores. La correcta identificación de las arterias cerebrales depende de varios parámetros: profundi-

dad, dirección del flujo, velocidad, ventana explorada en dirección del haz de ultrasonidos y respuesta a los tests de compresión. Es absolutamente imprescindible familiarizarse con algunos parámetros que son determinantes de una buena realización e interpretación del DTC. En las tablas 3 y 4 se reflejan los datos validados más importantes. No se debe olvidar que podemos encontrarnos con pacientes que tienen una ventana acústica temporal deficiente, sobre todo por hiperostosis. Esta circunstancia es más frecuente en mujeres mayores (5-7%). La utilización de ecopotenciadores puede ayudar notablemente en estas situaciones.

Es importante tener en cuenta el concepto índice de pulsatilidad (IP) como un parámetro más cualitativo que cuantitativo que viene a expresar el estado de la resistencia vascular. Son otras muchas las variables que pueden modificarlo: resis-

Tabla 3. Valores de normalidad del estudio DTC.

| Ventana | Vaso | Profundidad | Velocidad (cm/sg) | Dirección |
|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|
| Temporal | ACM | 45-55 mm | 60 ± 12 | acerca |
| | BIFC | 55-65 mm | | bidireccional |
| | ACA | 55-75 mm | 50 ± 12 | aleja |
| | ACP _{1,2} | 65-80 mm | 40 ± 11 | acerca/aleja |
| Transorbital | AO | 30-55 mm | 20 ± 10 | acerca |
| | ACI | 55-75 mm | 50 ± 15 | acerca/aleja |
| | Supraclinoidea | | 42 ± 11 | aleja |
| | Rodilla | | | bidireccional |
| | Paraselar | | 45 ± 14 | acerca |
| Subocipit. | AV | 65-85 mm | 40 ± 10 | aleja |
| | AB | > 85 mm | 40 ± 10 | aleja |
| Orbitaria | AO | 40-50 mm | 21 ± 5 | acerca |
| | SC | 60-80 mm | 43 cm/seg | |

A.cerebral media: ACM; Bifurcación carot : BIFC; A. cerebral anterior: ACA A. Carótida interna: ACI; Oftálmica: AO; Sifón carot: SC.

Tabla 4. Valores de velocidad media por grupos de edad.

| VM | 21-49 años | 50-69 años | >69 años |
|-----|------------|------------|----------|
| ACM | 64 ± 14 | 52 ± 12 | 43 ± 11 |
| ACA | 50 ± 10 | 42 ± 13 | 37 ± 10 |
| ACP | 38 ± 9 | 32 ± 10 | 31 ± 9 |
| AV | 35 ± 9 | 28 ± 9 | 23 ± 7 |
| AB | 44 ± 10 | 38 ± 12 | 27 ± 10 |

tencia al flujo (presión intracraneal, constricción vascular), presión sistémica, gasto cardiaco, patología vascular proximal, etc. Su valor se encuentra entre 0,85-1,10 aunque varía con la edad. $IP = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{media}}$

Técnica)

Ventana transtemporal (Fig. 2) es la que ofrece mayor rendimiento. Se coloca la sonda sobre el arco cigomático. Explora los segmentos M₁ y M₂ de la arteria cerebral media (ACM), la arteria cerebral anterior (ACA), la arteria comunicante anterior si está permeable y funcionando y el segmento C₁ de la carótida interna (ACI). Cuando dirigimos el haz hacia atrás se explora el segmento P₂ de la cerebral posterior (ACP).

Ventana transorbitaria explora la arteria oftálmica y el sífon carotídeo (uni o bidireccional). Debe reducirse el "power" al 10% para evitar dañar las estructuras oculares por calor.

Ventana suboccipital: se sitúa en la parte más superior y posterior del cuello. El haz de ultrasonido pasa entre el atlas y la base del cráneo, examina las arterias vertebrales y el tronco basilar.

Ventana submandibular: explora la porción extracraneal de la ACI.

Indicaciones

En la tabla 5 detallamos las indicaciones más importantes del DTC.

Estudio de la repercusión de las lesiones extracraneales sobre la circulación intracraneal. Antes del estudio DTC es necesario realizar un examen ultrasonográfico cervical con especial énfasis sobre ambas carótidas. Los hallazgos dependerán de la suplencia poligonal y el estado de la circulación colateral. Ante una estenosis carotídea extracraneal significativa o una oclusión suele observarse una disminución del pico sistólico con reducción del índice de pulsatilidad (IP). La suplencia poligonal suele ser fundamentalmente anterior, comunicante anterior. Se puede observar una inversión del flujo direccional en la arteria cerebral anterior (ACA) (Fig. 3).

Estado de la circulación intracraneal. En la fase aguda, es una técnica fácil, que permite realizarla en la cabecera del paciente, confirmando o descartando en cuestión de minutos si existe una oclusión

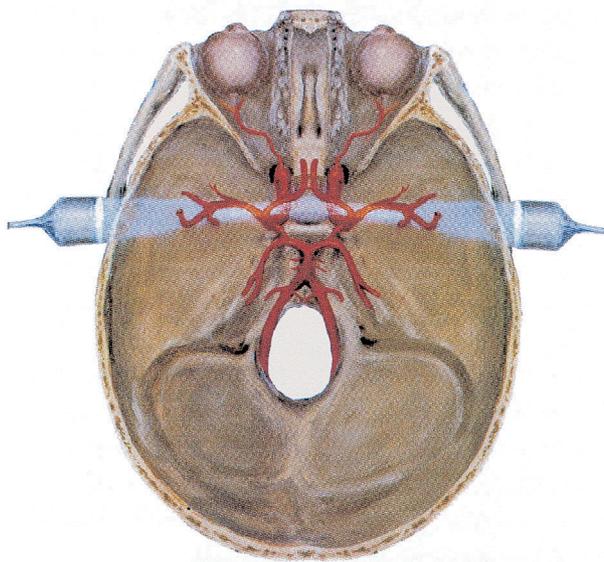
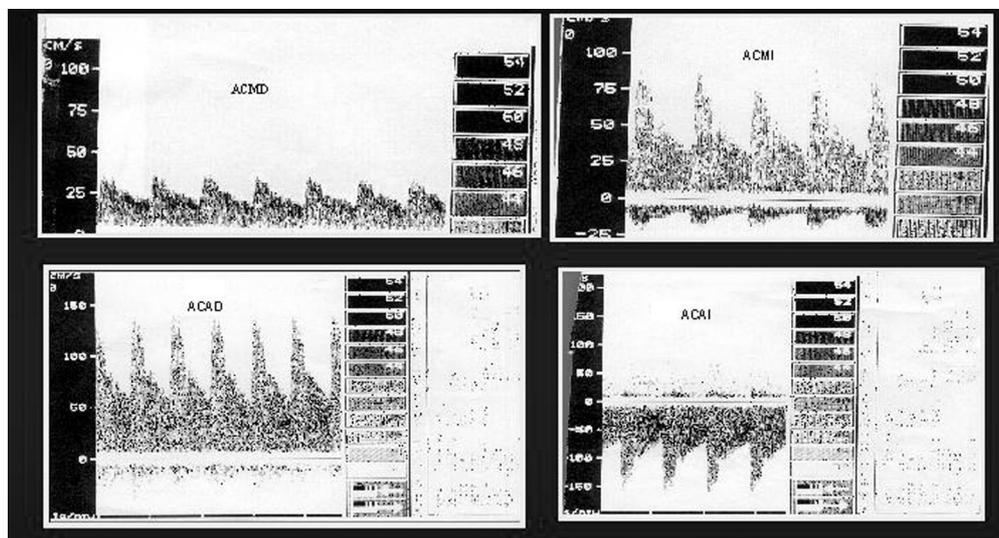


Figura 2. Representación del polígono de Willis y la ventana temporal.

Tabla 5. Principales indicaciones del Doppler transcraneal.

| |
|--|
| Evaluación rutinaria del ictus en la fase aguda. |
| Determinación de consecuencias hemodinámicas de la patología extracraneal. |
| Detección de la patología intracraneal. |
| Detección precoz del vasoespasma en la HSA. |
| Estudio malformaciones vasculares cerebrales. |
| Estudio del shunt derecha izquierda en la sospecha del embolismo paradójico. |
| Estudio y registro de las microembolias (MES). |
| Monitorización intraoperatoria de la endarterectomía. |
| Monitorización durante el tratamiento trombolítico. |
| Test confirmativo de muerte. |

**Figura 3.** Estenosis extracraneal significativa de la A. Carótida interna derecha. Atenuación velocidad sistólica de la cerebral media derecha (ACMD) y aceleración inversión del flujo en la cerebral anterior derecha (ACAD). Suplencia poligonal anterior.

o estenosis significativa intracerebral sin necesidad de realizar otras exploraciones complementarias. Una estenosis que determina una reducción del área de corte de la ACM de hasta 50% (30% de reducción del diámetro) no puede ser detectada por DTC. Sin embargo, lesiones de estas características son raramente sintomáticas. Detecta con gran sensibilidad estenosis de las arterias intracerebrales de >50% (Fig. 4). Podemos determinar la presencia de una oclusión arterial, determinar el lugar, la extensión de la obstrucción y conocer la hemodinámica y estado de la circulación colateral cerebral. Constituye una explora-

ción muy necesaria para valorar la recanalización precoz. La oclusión arterial o la recanalización tardía con mala circulación colateral, más allá de las 6 horas, implica mal pronóstico a las 48 horas y mayor probabilidad de transformación hemorrágica. En definitiva nos da información rápida y fiable (Fig. 5). Aunque el DTC permite sospechar y diagnosticar la existencia de malformaciones arteriovenosas intracraneales (MAV), debido al patrón ultrasonográfico característico de las mismas, con elevación de la velocidad media y relativo descenso del índice de pulsatilidad su importancia en esta patología radica en la

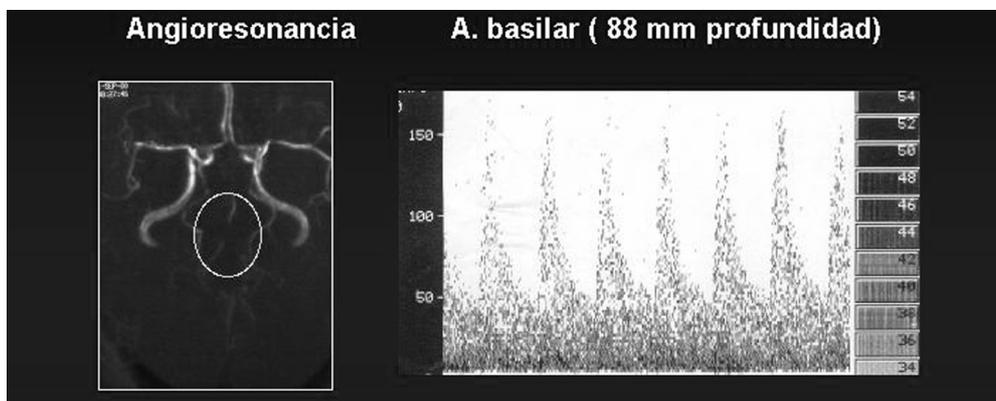


Figura 4. Estenosis de la arteria basilar. Aceleración segmentaria de la velocidad sistólica y media en su segmento medial.

posibilidad de seguimiento y en especial en el control evolutivo tras la realización del tratamiento quirúrgico o endovascular. El DTC permite una vigilancia no invasiva, fácil de repetir siempre que se desee, fiable y que suministra información de la hemodinámica de la malformación, evitando la realización arteriografías que si bien son imprescindibles en el diagnóstico y evaluación preoperatoria de una MAV resultan excesivamente agresivas como técnica de seguimiento.

Reactividad cerebrovascular: Reserva hemodinámica cerebral. Este concepto define la capacidad residual de la microcirculación cerebral para aumentar el flujo sanguíneo cerebral ante diferentes estímulos (vasodilatadores o vasoconstrictores) y en situaciones hemodinámicas desfavorables. Una reactividad vasomotora reducida o ausente ipsilateral a una estenosis significativa o en una oclusión de la ACI se ha relacionado con la presencia de infartos cerebrales por mecanismo hemodinámico y con un inadecuado patrón de circulación colateral por arteriografía. Una reactividad vasomotora al CO₂ exhausta se ha observado más frecuentemente en pacientes con síntomas recientes (menos de tres meses). El estudio de la reactividad vasomotora mediante CO₂ al 5% o la administración de acetazolamida IV proporciona una estimación fiable del compromiso hemodinámico cerebral. En personas normales, las VF aumentan entre un 22 y un 42% en la ACI,

ACM, ACA y ACP después de la inyección endovenosa de acetazolamida; este aumento es paralelo a la elevación del flujo regional.

Con esta técnica podemos conocer mejor el mecanismo del ictus, obtenemos una ayuda a la priorización de la endarterectomía, y se puede valorar una posible cirugía en pacientes seleccionados con estenosis carotídea asintomáticas. El lector encontrará una excelente y detallada revisión del tema¹¹.

Detección y control del vasoespasm cerebral en la hemorragia subaracnoidea. Una velocidad media (Vm) en la ACM que alcanza los 120 cm/seg se correlaciona con la presencia de vasoespasm ligero (<25%). Si ésta se sitúa entre 120-200 cm/seg, corresponde a un vasoespasm moderado (25-50%) y si la Vm es superior a 200 cm/seg implica una estenosis superior al 50%. Es muy importante el perfil evolutivo durante los primeros días. Un incremento superior al 25% por día en la ACM puede preceder hasta en 48 horas al desarrollo de vasoespasm clínico¹².

Detección shunt derecha-izquierda. Esta técnica ha demostrado una mayor sensibilidad que el ecotransesofágico. Detecta microburbujas, totalmente inocuas en las ACM cuando existe una comunicación derecha-izquierda. Se registran ambas ACM a través de la ventana temporal. Se fijan las sondas con un sistema de sujeción. La forma de obtener el contraste ultrasonográfico es mediante una mez-

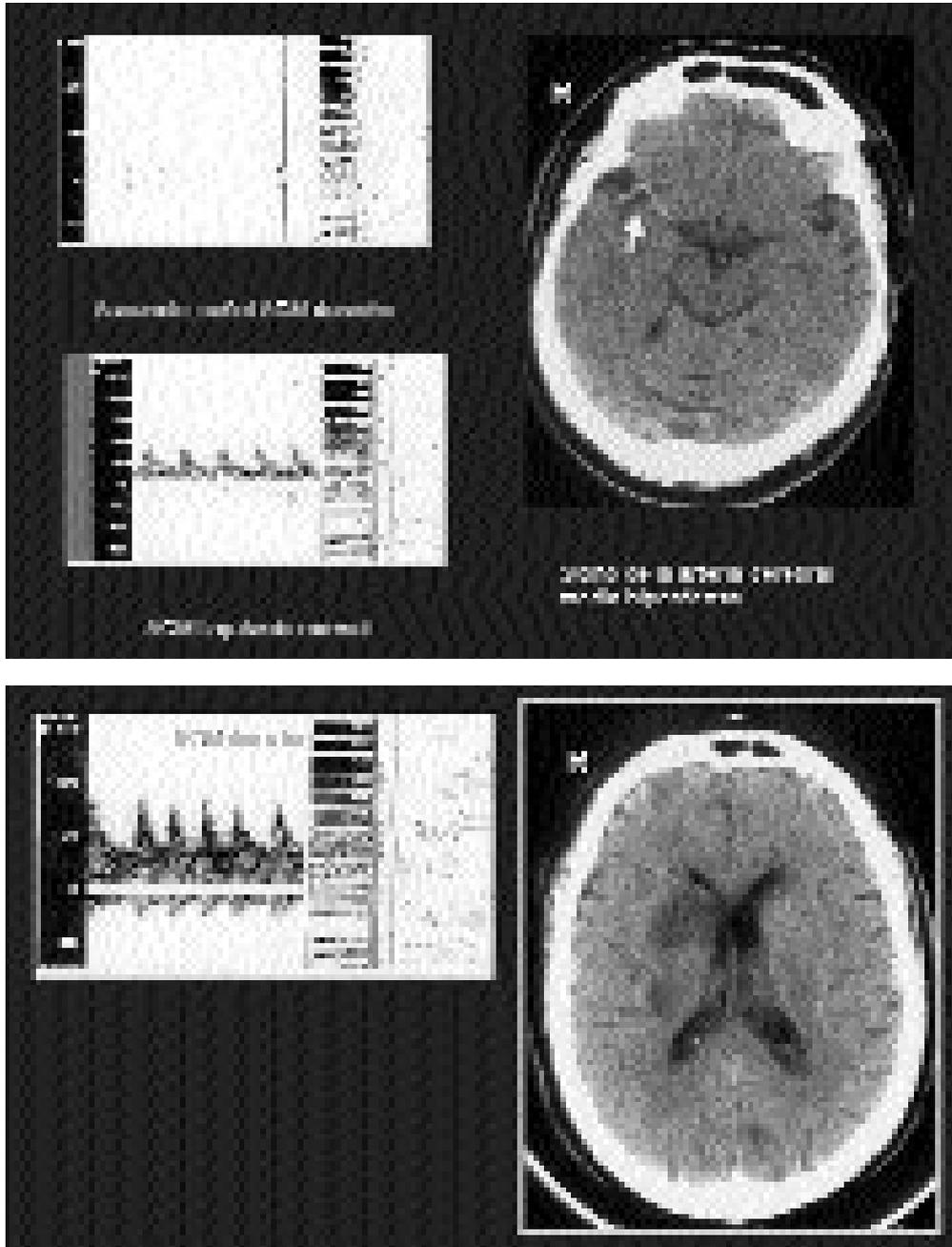


Figura 5. Recanalización a las 48 horas de la ACM derecha. Infarto subcortical en la TC craneal.

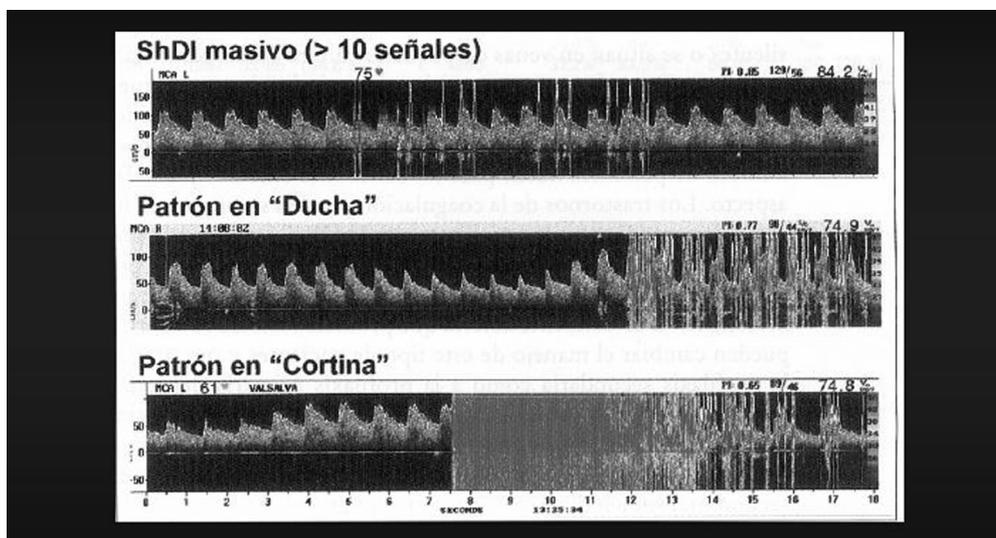


Figura 6. Registro de Skunt de diferente intensidad¹³.

cla de suero fisiológico y aire (9/1 ml), en dos jeringas de 10 ml conectadas entre sí con dos llaves de tres pasos. La solución debe ser inyectada de forma inmediata en la vena antecubital, tres en basal y otras tres al final de la maniobra de Valsalva. Con latencia inferior a 10 segundos se trata de shunts cardiacos, y pulmonares cuando la latencia es superior.

La cuantificación de las señales de shunt permite diferenciar pacientes con mayor riesgo de ictus isquémico (>25 señales -llamado ducha- y pacientes en los que se observa una auténtica cortina que impide el conteo de señales) (Fig 6)¹³.

Monitorización y registro de microembolias (MES). Los equipos actuales permiten la monitorización continua y bilateral del flujo sanguíneo a dos profundidades distintas de la misma arteria, durante un tiempo no inferior a 30 minutos. Su presencia se ha demostrado en pacientes con cardiopatía embolígena, prótesis valvulares, estenosis carotídea o vertebral e ictus recientes, y disecciones arteriales. La frecuencia de embolización puede ser un factor determinante de infarto cerebral. El DTC promete ser útil en el estudio del ictus embólico, aunque son necesarios más estudios prospectivos para poder concluir

si estos microémbolos son un factor de riesgo independiente de ictus embólico. Se ha comprobado un descenso de las MES después de la endarterectomía y del inicio del tratamiento anticoagulante.

Estudios prospectivos sobre pacientes con estenosis carotídea significativa, han demostrado que la detección de MES puede definir pacientes de alto riesgo. Las MES son raras en los infartos lacunares y por el contrario se registran con frecuencia en la enfermedad cardioembólica y ateromatosa extracraneal con alta relación entre la detección de MES en la fase aguda del ictus con fuentes potenciales arteriales y cardioembólicas. La detección de MES en la fase aguda puede ser marcador de mala evolución. En conclusión, la monitorización de MES constituye un método útil para determinar una posible fuente y permite también medir la eficacia de los diferentes tratamientos¹⁴⁻¹⁶.

BIBLIOGRAFÍA

1. DAVIS SM. Extracranial and intracranial atheroma as cause of stroke. En: Ginsberg, M.D., Bogousslavskyy, J.(eds). Cerebrovascular disease: pathophysiology, diagnosis, and management. Blackwell, Massachusetts 1998;1373-1391.

2. 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: 445-453.
3. GARZÓN F, GIL-PERALTA A, OTERO A, CRESPO P, SALINAS E. Estudio de validez del Doppler continuo. *Rev Neurol* 1999; 29: 980-984.
4. HOWARD G, CHAMBLESS LE, BAKER WH. A multicenter validation study of Doppler ultrasound versus angiography. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 1991;1:166-173.
5. MEAIRS SP, HENERICI M. Cerebrovascular Ultrasound. En: Ginsberg, M.D., Bogousslavsky, J. (eds). *Cerebrovascular disease: pathophysiology, diagnosis, and management*. Blackwell, Massachusetts 1998;1318-1336.
6. Taylor DC, STRANDNESS DE. Carotid artery duplex scanning. *J Clin Ultrasound* 1987; 15: 635-644.
7. BRAY JM, BAUD JM, DUZAT M for de Consensus Conference. Consensus concerning the morphology and the risk of carotid plaques. *Cerebrovasc Dis* 1997; 7: 289-296.
8. SERENA J. Ultrasonografía de la evolución de la placa. *Rev Neurol* 1999; 29: 851-856.
9. MOLINA C, SERENA J, ÁLVAREZ S. En: *Manual de Doppler Transcraneal*. Eds Molina, J. Serena y T. Segura. Ediciones Aula Médica 2000.
10. SEGURA T, SERENA J, PLAZA I, MONFORTE C, FIGUEROLA A, DÁVALOS A. Valores de normalidad del estudio doppler transcraneal en nuestro medio. *Neurología*, 1999; 14: 437-443.
11. GIL PERALTA A. Reactividad vasomotora cerebral y autorregulación. *Manual de Doppler Transcraneal*. Eds. Molina, J. Serena y T. Segura. Ediciones Aula Médica 2000: 61-80.
12. CATTIN F, BONNEVILLE JF. Transcranial doppler and vasospasm. *J Neuroradiol* 1999; 26 (S) 22-27.
13. SERENA J, SEGURA T, PÉREZ-AYUSO MJ, BASSAGANYAS J, MOLINS A, DÁVALOS A. The need to quantify right-to-left shunt in acute ischemic stroke: A case-control study. *Stroke* 1998; 29: 1320-1328.
14. RINGELSTEIN EB, DROSTE DW, BABIKIAN VL, EVANS DH, GROSSET DG, KAPS M et al. Consensus on microembolus detection by TCD. International Consensus Group on Microembolus Detection. *Stroke* 1998; 29: 725-729.
15. SERENA J, SEGURA T, CASTELLANOS M, DÁVALOS A. Microembolic signal monitoring in hemispheric acute ischemic stroke: a prospective study. *Cerebrovasc Dis* 2000;10:278-283.
16. DROSTE DW, RITTER M, KEMENY V, SCHULTE-ALTEDORNEBURG G, RINGELSTEIN EB. Microembolus detections at follow-up in 19 patients with acute stroke. Correlation with etiology and antithrombotic treatment. *Cerebrovasc Dis* 2000;10: 272-277.