

## Conocimiento del estado vascular para la toma de decisiones terapéuticas en el ictus isquémico agudo: ¿cuál es el papel de la neurosonología?

Andrés García-Pastor

**Resumen.** Existe en los últimos años un interés creciente en el conocimiento del estado vascular de los pacientes con ictus agudo. La detección y localización de una oclusión arterial resultan de gran interés para un enfoque pronóstico adecuado y la selección del tratamiento recanalizador agudo más apropiado. La neurosonología constituye una herramienta diagnóstica útil en el estudio del estado vascular del paciente con ictus agudo. En el presente trabajo se revisan diversas situaciones en las que los ultrasonidos aportan información diagnóstica valiosa, como en el caso de la oclusión de la arteria cerebral media (ACM), oclusión 'en T' de la arteria carótida interna (ACI), oclusión 'en tándem' ACI-ACM, monitorización de oclusiones de arterias intracraneales, oclusión aguda de la ACI extracraneal y presencias de trombos flotantes intracraotídeos. La neurosonología aporta ventajas evidentes frente a otras técnicas diagnósticas: es rápida, dinámica, económica, inocua, accesible, permite la monitorización del estado vascular del paciente en tiempo real, evita retrasos en la administración de tratamientos agudos y posee un efecto terapéutico (sonotrombólisis). Por todo ello, la neurosonología ocupa un papel fundamental en el diagnóstico del estado vascular y en la toma de decisiones terapéuticas en el paciente con ictus isquémico agudo.

**Palabras clave.** Estado vascular. Ictus agudo. Neurosonología. Oclusión arterial. Selección de pacientes. Técnicas diagnósticas.

### Introducción

En los últimos años existe un interés creciente en el empleo de técnicas de neuroimagen avanzada para la valoración precoz y toma de decisiones terapéuticas en el ictus agudo [1]. Resulta especialmente útil la detección y localización precoz de una oclusión arterial en la fase aguda del ictus isquémico. El conocimiento del estado vascular en el paciente con ictus isquémico agudo tiene importantes implicaciones pronósticas: la persistencia de una oclusión arterial en las horas siguientes a un ictus isquémico constituye un potente predictor de dependencia o muerte a los tres meses [2]. Por su parte, la recanalización precoz de una oclusión arterial se asocia a una mayor probabilidad de buena evolución funcional (*odds ratio*, OR = 4,43) y a menor riesgo de muerte (OR = 0,24) [3].

Esta información pronóstica puede resultar determinante a la hora de optar por un determinado tipo de tratamiento recanalizador en la fase aguda del ictus [4,5].

En el presente trabajo se analizan los factores que influyen en la recanalización de una oclusión arterial, se hace un repaso de las técnicas diagnósticas disponibles para la detección de oclusiones ar-

teriales y se revisa la utilidad de las técnicas ultrasonográficas para el estudio del estado vascular en el paciente con ictus agudo.

### Factores implicados en la recanalización

Se han identificado diversos factores que influyen en la recanalización de una oclusión arterial.

- *Localización de la oclusión.* El estudio de Saqqur et al [6] demostró que la respuesta al tratamiento trombolítico intravenoso depende, en gran medida, de dónde se localiza el trombo que propicia la oclusión arterial. Los autores observaron que las oclusiones de segmentos arteriales proximales –por ejemplo, la arteria carótida interna (ACI) terminal o la porción proximal de la arteria cerebral media (ACM)– se recanalizan en una menor proporción que oclusiones arteriales más distales. Asimismo, los pacientes con ausencia de flujo sanguíneo residual –trombólisis en la isquemia cerebral (TIBI) grado 0– en el punto de la oclusión tienen una menor probabilidad de recanalización.
- *Carga trombótica (clot burden).* La recanalización de una oclusión arterial también depende

Unidad de Ictus. Servicio de Neurología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid, España.

#### Correspondencia:

Dr. Andrés García Pastor. Unidad de Ictus. Servicio de Neurología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Doctor Esquerdo, 46. E-28007 Madrid.

#### E-mail:

angarpas@yahoo.es

Aceptado tras revisión externa: 18.09.12.

#### Cómo citar este artículo:

García-Pastor A. Conocimiento del estado vascular para la toma de decisiones terapéuticas en el ictus isquémico agudo: ¿cuál es el papel de la neurosonología? Rev Neurol 2013; 56: 35-42.

© 2013 Revista de Neurología

de la extensión del trombo que la ocasiona. A mayor carga trombótica, más dificultosa resultará la recanalización. Recientemente se ha propuesto un *clot burden score* que, mediante angiotomografía computarizada, permite analizar de forma semicuantitativa la carga trombótica y predecir la probabilidad de recanalización de la oclusión arterial, así como la evolución clínica del paciente [7].

- *Composición del trombo/subtipo de ictus.* La composición del trombo responsable de la oclusión arterial también influye en su recanalización. Los llamados ‘trombos rojos’ de origen cardioembólico, ricos en fibrina y de consistencia más blanda, se disuelven más fácil y rápidamente con la acción de tratamientos trombolíticos que los trombos más organizados, ricos en plaquetas, propios de los ictus de origen aterotrombótico [8].
- *Tipo de tratamiento recanalizador empleado.* La recanalización de una oclusión arterial se produce de forma espontánea (sin tratamiento recanalizador) en el 24% de casos; la tasa de recanalización aumenta hasta el 46% cuando se emplea trombólisis intravenosa, llegando al 66% cuando se combina el activador tisular del plasminógeno (rtPA) intravenoso y sonotrombólisis. Por su parte, la trombólisis intraarterial aporta una tasa de recanalización del 63%, la combinación de trombólisis intravenosa e intraarterial del 67,5%, y la trombólisis mecánica casi del 84% [3].

Disponemos, por tanto, en la actualidad de diversos recursos terapéuticos con diferentes niveles de complejidad, eficacia (en lo que a tasa de recanalización se refiere) y ventanas temporales que pueden emplearse de forma individualizada en cada caso, y que también pueden usarse de forma combinada.

Por todo ello, parece evidente que un diagnóstico precoz del estado vascular de un paciente con ictus isquémico agudo resulta decisivo para un enfoque pronóstico adecuado y, con ello, para la selección de la opción terapéutica más apropiada.

### Técnicas para la detección de la oclusión arterial

La arteriografía convencional sigue considerándose la técnica de referencia para el diagnóstico de patología del sistema arterial cerebral. No obstante, no debe emplearse como técnica diagnóstica o de cribado en pacientes con ictus isquémicos agudos, debido al riesgo de complicaciones y el retraso temporal que supone la realización de esta técnica diagnóstica [1,9].

La resonancia magnética es una herramienta útil en la evaluación inicial del paciente con ictus agudo. Las técnicas de imagen multimodal mediante secuencias de perfusión-difusión (PWI/DWI) permiten la visualización del área de necrosis, así como del área de hipoperfusión y, con ello, la identificación de zonas de tejido cerebral potencialmente recuperables. Además, la angiografía por resonancia magnética permite diagnosticar precozmente la presencia de oclusiones arteriales intracraneales, con elevados niveles de sensibilidad y especificidad [1,9]. No obstante, se estima que hasta en un 20% de casos existen contraindicaciones (marcapasos, bajo nivel de conciencia, náuseas/vómitos, agitación o afectación hemodinámica) para la realización de un estudio mediante resonancia magnética [10]. Además, la disponibilidad de este tipo de tecnología durante las 24 horas del día, los siete días de la semana, no está siempre garantizada en nuestro medio.

La angiografía mediante tomografía computarizada supone una interesante alternativa para la detección de oclusiones arteriales en el paciente con ictus isquémico agudo [1,9,11]. Se trata de una prueba con excelentes niveles de sensibilidad y especificidad, resulta accesible (disponible en la práctica totalidad de los centros hospitalarios de nuestro país y habitualmente ubicada en los servicios de urgencias), y se realiza en poco tiempo. No obstante, la técnica está contraindicada en determinados casos (pacientes alérgicos a los contrastes yodados, tratamiento concomitante con metformina, nefropatas, etc.), y se ha observado, además, que su realización puede suponer un retraso significativo en los tiempos puerta-aguja de los pacientes tratados con trombólisis intravenosa [12,13].

Los ultrasonidos constituyen una herramienta diagnóstica que se debe tener en cuenta en los casos de ictus agudos: es una prueba accesible, incruenta, que puede realizarse a pie de cama, dinámica, que permite la monitorización continua de las arterias intracraneales y es muy económica. Los inconvenientes de la neurosonología son su sensibilidad dependiente del explorador y la existencia de una ventana acústica deficiente hasta en un 10-20% de pacientes, aunque este problema puede solventarse, en la mayoría de casos, con el empleo de ecopotenciadores [14].

El uso de técnicas neurosonológicas para la evaluación del sistema arterial cerebral en pacientes con ictus agudos ha sido ampliamente estudiado. Existen varios estudios de validación tanto para el Doppler transcraneal (DTC) como para la ultrasonografía dúplex transcraneal (DxTC) y carotídea [15-20]. Recientemente se han publicado, además,

unas recomendaciones de consenso para la evaluación de las arterias intracraneales en el ictus agudo mediante ultrasonografía dúplex-color transcraneal [21], y existen protocolos de examen ultrasonográfico neurovascular rápido [22,23].

### Estudio del estado vascular mediante técnicas ultrasonográficas

Los ultrasonidos han demostrado su utilidad en el diagnóstico de oclusiones de arterias cervicocraneales en pacientes con ictus agudos. El DTC aporta información sobre las velocidades de flujo sanguíneo de las arterias intracraneales a través de un análisis velocimétrico espectral. El DxTC, por su parte, combina diferentes modos de exploración ecográfica y aporta una información más completa: visualización de estructuras anatómicas intracraneales mediante el modo B, identificación morfológica de las arterias intracraneales mediante el modo color o el modo *power*; y análisis velocimétrico de las arterias intracraneales con el modo Doppler. El dúplex de troncos supraaórticos permite el diagnóstico de oclusiones o estenosis de las arterias cervicales que aportan sangre al cerebro, así como la detección de alteraciones de la pared de dichas arterias (placas, disecciones, etc.).

A continuación se presentan diversas situaciones en las que la neurosonología puede resultar de utilidad en casos de ictus agudos (Tabla).

#### Oclusión de la arteria cerebral media

El DTC permite detectar oclusiones de la ACM con adecuados niveles de sensibilidad ( $\approx 80\%$ ) y especificidad ( $> 94\%$ ) [16,17]. El diagnóstico de una oclusión arterial mediante DTC se basa en el análisis de las alteraciones del espectro de señal Doppler producidas por la obstrucción arterial, pudiendo observarse una ausencia completa de señal o un patrón Doppler alterado (señal disminuida). Estos diferentes patrones de señal Doppler han sido clasificados en los llamados 'grados TIBI', que distinguen entre flujo ausente (TIBI 0), flujo mínimo (TIBI 1), flujo amortiguado (TIBI 2), flujo disminuido (TIBI 3), flujo acelerado/estenótico (TIBI 4) y flujo normal (TIBI 5) [18]. Los grados TIBI reflejan el flujo residual que persiste en algunos casos en la zona donde se localiza el trombo. Además, el DTC aporta información de gran utilidad sobre la circulación colateral e inversiones compensatorias de los flujos arteriales. Para establecer en qué segmento de la ACM se encuentra la oclusión, se con-

**Tabla.** Hallazgos observados mediante técnicas Doppler y dúplex en diferentes casos de ictus agudo.

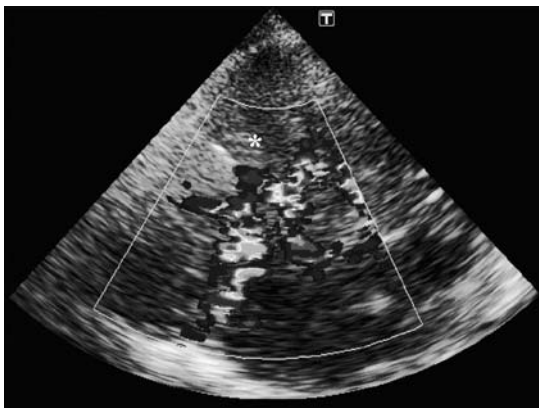
	Hallazgos en Doppler	Hallazgos en dúplex
Oclusión de la ACM	M1 Alteraciones del espectro de la señal Doppler (grados TIBI) Ratio entre la velocidad media de la ACM afectada y la ACM contralateral < 0,6	Ausencia de señal color/ <i>power</i> y alteración del espectro Doppler en el segmento M1 de la ACM + persistencia de la señal de la ACA y ACP ipsilaterales
	M2 Alteraciones del espectro de la señal Doppler (grados TIBI)	Asimetría entre las velocidades medias interhemisféricas, con un índice de asimetría interhemisférica > 21%
Oclusión de la ACI 'en T'	–	Ausencia de señal color/ <i>power</i> y Doppler del segmento M1 de la ACM, de la ACI intracraneal y del segmento A1 de la ACA ipsilaterales Visualización de la ACP ipsilateral o de la ACM contralateral
	–	Patrón de resistencia con velocidades sistólicas aumentadas y velocidades diastólicas disminuidas en la ACC y la ACI extracraneal ipsilaterales (aplicable en ausencia de una estenosis $\geq 70\%$ u oclusión de la ACI extracraneal ipsilateral)
Oclusión 'en tándem'	Oclusión de la ACM mediante criterios TIBI	Hallazgos en dúplex transcraneal de oclusión de la ACM + diagnóstico de oclusión de la ACI extracraneal mediante dúplex de troncos supraaórticos
	Criterios indirectos de oclusión de la ACI	Ausencia de señal color en el interior de la ACI
Oclusión aguda de la ACI extracraneal	Ausencia de señal Doppler de la ACI	Visualización de trombo agudo hipo/anecoico con componentes móviles en su interior Oclusiones distales: ausencia o disminución de velocidades telediastólicas de la ACI
	–	Estructura adherida a la pared arterial con un componente flotante y móvil que protruye en el interior de la luz arterial

ACA: arteria cerebral anterior; ACC: arteria carótida común; ACI: arteria carótida interna; ACM: arteria cerebral media; ACP: arteria cerebral posterior; TIBI: trombósis en la isquemia cerebral.

siderará la profundidad a la que se detecte peor señal de flujo residual (grado TIBI más bajo). Además, la detección de una *ratio* entre la velocidad media de la ACM afectada y la ACM contralateral < 0,6 es un excelente indicador de oclusión proximal de la ACM [22,24].

El DxTC aporta ventajas evidentes frente al DTC, como el apoyo visual que ofrece el modo color, que permite obtener una visión 'angiográfica' del polígono de Willis y la posibilidad de corregir el ángulo

**Figura 1.** Dúplex transcraneal, ventana transtemporal, plano axial, en el que se aprecia una oclusión del segmento M1 de la arteria cerebral media. Se observa una amputación de la señal color de la arteria cerebral media en su segmento M1 (asterisco), persistiendo la señal correspondiente a la arteria cerebral anterior y a la arteria cerebral posterior ipsilaterales, y de la circulación anterior contralateral.



de insonación y, con ello, medir de forma más precisa las velocidades de flujo.

El DxTC ha demostrado su validez para la detección de oclusiones de la ACM, sobre todo si se emplea ecopotenciador. Sin ecopotenciador, se puede conocer el estado de la ACM en el 55% de los pacientes, mientras que con ecopotenciador el estudio es concluyente hasta en el 93% de los casos [14].

Con DxTC se puede explorar el segmento M1 en su totalidad y el inicio de M2 en la mayoría de los casos.

El principal criterio diagnóstico por DxTC de una oclusión del segmento M1 de la ACM es la ausencia de señal color y la alteración del espectro Doppler en el segmento M1 de la ACM, persistiendo la señal correspondiente a la arteria cerebral anterior y la arteria cerebral posterior ipsilaterales, o de la circulación anterior contralateral (Fig. 1) [21,25].

El diagnóstico de una oclusión del segmento M2 de la ACM mediante DxTC se basa en la existencia de una asimetría entre las velocidades medias interhemisféricas, con un índice de asimetría interhemisférica > 21% (Fig. 2) [21,25].

### Oclusión 'en T' de la arteria carótida interna

La oclusión de la porción terminal de la ACI, también denominada oclusión 'en T' al quedar ocluida la porción más distal de la ACI y el inicio de la ACM y la arteria cerebral anterior, asocia una muy eleva-

da tasa de mortalidad y dependencia funcional. Tanto la trombólisis intravenosa como la intraarterial no consiguen modificar el pronóstico de este tipo de oclusión [26,27]. Las técnicas de extracción mecánica parecen asociar una mayor tasa de recanalización, pero no modifican sustancialmente la evolución de estos pacientes [28].

Los criterios propuestos para el diagnóstico de oclusión 'en T' de la ACI mediante DxTC son los siguientes:

- Ausencia de señal color y del espectro Doppler del segmento M1 de la ACM, de la ACI intracraneal y del segmento A1 de la arteria cerebral anterior ipsilaterales.
- Ventana temporal transcraneal adecuada demostrada mediante la visualización de la arteria cerebral posterior ipsilateral o de la ACM contralateral.
- Patrón de resistencia con velocidades sistólicas aumentadas y velocidades diastólicas disminuidas en la arteria carótida común y la ACI extracraneal ipsilaterales (criterio sólo aplicable en ausencia de una estenosis  $\geq 70\%$  u oclusión de la ACI extracraneal ipsilateral) (Fig. 3) [21,25].

Estos criterios diagnósticos no han sido hasta la fecha validados angiográficamente [21]; no obstante, se considera que el DxTC es superior al DTC en el diagnóstico de este tipo de oclusión.

### Oclusión 'en tándem' ACI-ACM

La coexistencia simultánea de una oclusión de la ACI cervical y de la ACM ipsilateral constituye un predictor independiente de mal pronóstico tras trombólisis intravenosa [29,30]. No obstante, la respuesta a dicho tratamiento depende de la localización de la oclusión en la ACM (mayor probabilidad de buena evolución cuanto más distal es la oclusión) [30]. Existe escasa experiencia con el tratamiento endovascular de las oclusiones 'en tándem'; los resultados son, por el momento, esperanzadores, con elevadas tasas de recanalización y resultados clínicos aceptables [31,32].

Los únicos criterios publicados hasta la fecha para el diagnóstico ultrasonográfico de una oclusión en tándem (oclusión simultánea de la ACI y la ACM ipsilateral) están basados en técnicas de DTC, y consisten en el diagnóstico de una oclusión de la ACM mediante criterios TIBI, junto con la presencia de criterios indirectos de oclusión de la ACI (presencia de circulación colateral, alteración de señal del sifón carotídeo o la ACI terminal, retraso de la aceleración del flujo sistólico de la ACM o la ACI terminal, etc.) [33]. No obstante, parece razonable

**Figura 2.** Dúplex transcraneal, ventana transtemporal, plano axial, en el que se aprecia una asimetría entre las velocidades medias de ambas arterias cerebrales medias (izquierda: 46,8 cm/s; derecha: 26,3 cm/s), sugestivo de oclusión del segmento M2 de la arteria cerebral media derecha.



pensar que la detección de una oclusión de la ACM mediante DxTC junto con el diagnóstico de oclusión de la ACI extracraneal mediante dúplex de troncos supraaórticos puede resultar menos compleja y, al menos, igual de fiable que el DTC.

### Monitorización de oclusiones de arterias intracraneales

El carácter dinámico de la ultrasonografía aporta una ventaja evidente frente al resto de técnicas de imagen: además de permitir un diagnóstico en un momento determinado, permite la monitorización en tiempo real de las arterias del paciente. Esta característica resulta especialmente útil para controlar el efecto recanalizador de los tratamientos administrados, y ha demostrado ser una herramienta muy valiosa para la selección ‘a pie de cama’ de pacientes que requieren el empleo de terapias intraarteriales de ‘rescate’ tras el fracaso de la trombólisis intravenosa [24,34,35]. También se ha empleado en la monitorización de procedimientos intraarteriales [36], o para la detección de una reoclusión durante o inmediatamente después del tratamiento trombolítico [37].

### Oclusión aguda de la arteria carótida interna extracraneal

La oclusión aguda de la ACI extracraneal se asocia a mal pronóstico y escasa probabilidad de recanalización con tratamiento trombolítico intravenoso [29,38]. La endarterectomía urgente en este tipo de

pacientes resulta controvertida, aunque algunas series quirúrgicas aportan buenos resultados [39].

La angioplastia con *stent* se ha empleado en algunos pacientes con tasas de recanalización elevadas y resultados clínicos aceptables, y constituye, por ello, una alternativa muy prometedora [40].

El dúplex de troncos supraaórticos constituye una herramienta útil en el diagnóstico de oclusiones agudas de la ACI extracraneal, con excelentes niveles de sensibilidad (96%) y especificidad (97%) [38].

La ausencia de señal color en el interior de la ACI, junto con la visualización de un trombo agudo hipo/anecoico, con componentes móviles en su interior, permiten el diagnóstico (Fig. 4) [38,41].

Asimismo, la ausencia o disminución de velocidades telediastólicas en la ACI puede ser indicativa de una oclusión más distal de dicha arteria [38].

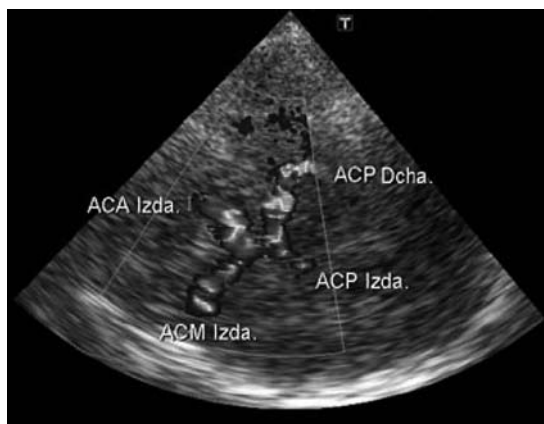
Otro dato sugestivo de oclusión aguda de la ACI extracraneal es la disminución de la velocidad de flujo de la ACM ipsilateral, comparada con la ACM contralateral [21].

### Trombo flotante intracarotídeo

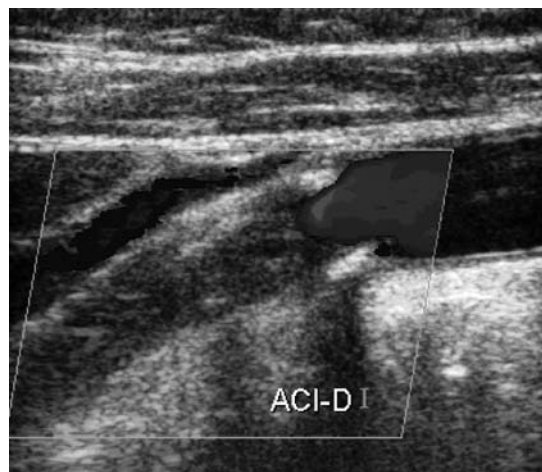
En la mayoría de los casos, los trombos flotantes intracarotídeos se relacionan con enfermedad aterosclerótica grave. Los trombos flotantes intracarotídeos suelen asentarse sobre placas ateroscleróticas complicadas o ulceradas, y protruyen en la luz arterial carotídea, presentando un movimiento de ‘vaivén’ con cada ciclo cardíaco [42,43].

El manejo del trombo flotante intracarotídeo es controvertido, se dispone de escasa experiencia (co-

**Figura 3.** Dúplex transcraneal, ventana transtemporal, plano axial, que muestra una oclusión 'en T' de la arteria carótida interna derecha. Se observa ausencia de señal color de la arteria cerebral media (ACM) derecha, de la arteria carótida interna intracraneal y del segmento A1 de la arteria cerebral anterior ipsilaterales, mientras que se visualiza la arteria cerebral posterior (ACP) ipsilateral, y la arteria cerebral anterior (ACA) y la ACM contralaterales.



**Figura 4.** Dúplex carotídeo, modo color, plano longitudinal, que muestra una oclusión de la arteria carótida interna en su trayecto cervical. Se puede apreciar la presencia de un trombo agudo de predominio hipocóico que ocupa toda la luz de la arteria y la ausencia de señal color en el interior de la arteria carótida interna.



municaciones de casos aislados o series pequeñas de pacientes). Algunos autores recomiendan la anticoagulación con heparina intravenosa. La trombólisis intravenosa, por el contrario, podría resultar peligrosa (existiría el riesgo de producirse una fragmentación del trombo). Algunos autores proponen la endarterectomía carotídea urgente [42-44].

La ultrasonografía carotídea es la técnica más adecuada para el estudio de las alteraciones de la pared arterial y estructuras relacionadas. Su carácter dinámico resulta especialmente útil para la detección de trombos flotantes intracarotídeos en movimiento [43,45].

### Conclusiones

Hasta hace escasos años, en el manejo del ictus isquémico agudo primaba el tratamiento precoz frente al tratamiento específico: la trombólisis sistémica constituía el único tratamiento disponible para estos pacientes, y la única técnica de imagen estrictamente necesaria era una tomografía computarizada o una resonancia magnética craneal que permitiera descartar hemorragias cerebrales o lesiones isquémicas extensas.

En la actualidad, con la disponibilidad de diferentes opciones terapéuticas, no sólo es necesario reali-

zar un tratamiento precoz, sino que, además, éste debe ser específico: es preciso conocer el estado del sistema arterial cerebral para una adecuada selección de los pacientes. Para ello existen múltiples técnicas de imagen que permiten el estudio de la circulación cerebral, tanto extra como intracraneal.

La neurosonología destaca por ser una herramienta diagnóstica con elevados niveles de sensibilidad y especificidad para el estudio del estado vascular cerebral del paciente con ictus agudo. Se trata de una técnica rápida, dinámica, que puede realizarse en cualquier momento de la atención del paciente con ictus y repetirse las veces que sean necesarias. Con la neurosonología podemos monitorizar en tiempo real el estado vascular del paciente y controlar el efecto del tratamiento recanalizador que estamos empleando, y con ello indicar, si así fuera necesario, un tratamiento de 'rescate'. Es, además, una técnica accesible que puede realizarse a la cabecera del paciente, evitando desplazamientos y retrasos en la administración de tratamientos agudos. Es inocua, económica y está disponible en la mayoría de los hospitales de nuestro medio. Además, la aplicación de ultrasonidos durante la trombólisis intravenosa potencia el efecto recanalizador del rtPA (sonotrombólisis).

Debe considerarse la realización de un estudio neurosonológico completo que incluya las arterias extracraneales e intracraneales en pacientes con ic-

tus agudos previamente a la administración del tratamiento recanalizador, así como la monitorización mediante DTC del efecto del tratamiento durante su administración.

Por ello, la neurosonología ocupa un papel fundamental en el conocimiento del estado vascular y en la toma de decisiones terapéuticas en el paciente con ictus isquémico agudo.

## Bibliografía

- Schellinger PD, Fiebach JB, Hacke W. Imaging-based decision making in thrombolytic therapy for ischemic stroke. Present status. *Stroke* 2003; 34: 575-83.
- Allendoerfer J, Goertler M, Von Reutern GM, for the Neurosonology in Acute Ischemic Stroke (NAIS) Study Group. Prognostic relevance of ultra-early Doppler sonography in acute ischaemic stroke: a prospective multicentre study. *Lancet Neurol* 2006; 5: 835-40.
- Rha J, Saver JL. The impact of recanalization on ischemic stroke outcome. A meta-analysis. *Stroke* 2007; 38: 967-73.
- Stolz E, Cioli F, Allendoerfer J, Gerriets T, Del Sette M, Kaps M. Can early neurosonology predict outcome in acute stroke? A metaanalysis of prognostic clinical effects sizes related to the vascular status. *Stroke* 2008; 39: 3255-61.
- Kaps M, Stolz E, Allendoerfer J. Prognostic value of transcranial sonography in acute stroke patients. *Eur Neurol* 2008; 59 (Suppl 1): S9-16.
- Saqqur M, Uchino K, Demchuk AM, Molina CA, Garami Z, Calleja S, et al; for CLOTBUST investigators. Site of arterial occlusion identified by transcranial Doppler predicts the response to intravenous thrombolysis for stroke. *Stroke* 2007; 38: 948-54.
- Puetz V, Dzialowski I, Hill MD, Subramaniam S, Sylaja PN, Krol A, et al; for the Calgary CTA Study Group. Intracranial thrombus extent predicts clinical outcome, final infarct size and hemorrhagic transformation in ischemic stroke: the clot burden score. *Int J Stroke* 2008; 3: 230-6.
- Molina CA, Montaner J, Arenillas JF, Ribó M, Rubiera M, Álvarez-Sabín J. Differential pattern of tissue plasminogen activator-induced proximal middle cerebral artery recanalization among stroke subtypes. *Stroke* 2004; 35: 486-90.
- Latchaw RE, Alberts MJ, Lev MH, Connors JJ, Harbaugh RE, Higashida RT, et al. Recommendations for imaging of acute ischemic stroke. A scientific statement from the American Heart Association. *Stroke* 2009; 40: 3646-78.
- Singer OC, Sitzer M, Du Mesnil RR, Neumann-Haefelin T. Practical limitations of acute stroke MRI due to patient-related problems. *Neurology* 2004; 62: 1848-9.
- Sims JR, Rordorf G, Smith EE, Koroshetz WJ, Lev MH, Buonanno F, et al. Arterial occlusion revealed by CT angiography predicts NIH Stroke Score and acute outcomes after IV tPA treatment. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26: 246-51.
- Cuello JP, Gil-Navarro S, García-Pastor A, Díaz-Otero F, Vázquez-Alén P, Villanueva-Osorio JA, et al. Does the performance of CT angiography previous to the intravenous thrombolytic treatment in acute ischemic stroke suppose a delay in the treatment procedure? *Cerebrovasc Dis* 2011; 31 (Suppl 2): S242.
- Scharf J, Brockmann MA, Daffertshofer M, Diepers M, Neumaier-Probst E, Weiss C, et al. Improvement of sensitivity and interrater reliability to detect acute stroke by dynamic perfusion computed tomography and computed tomography angiography. *J Comput Assist Tomogr* 2006; 30: 105-10.
- García-Pastor A, Díaz-Otero F, Vázquez-Alén P. Utilidad de los ecopontadores en neurosonología. In Irimia P, Segura T, Serena J, Moltó JM, coords. *Neurosonología, aplicaciones diagnósticas para la práctica clínica*. Madrid: Médica Panamericana; 2011. p. 323-32.
- Gerriets T, Goertler M, Stolz E, Postert T, Sliwka U, Schlachetzki F, et al; for the Duplex Sonography in Acute Stroke (DIAS) study group. Feasibility and validity of transcranial duplex sonography in patients with acute stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002; 73: 17-20.
- Tsivgoulis G, Sharma VK, Lao AY, Malkoff MD, Alexandrov AV. Validation of transcranial Doppler with computed tomography angiography in acute cerebral ischemia. *Stroke* 2007; 38: 1245-9.
- Demchuk AM, Christou I, Wein TH, Felberg RA, Malkoff M, Grotta JC, et al. Accuracy and criteria for localizing arterial occlusion with transcranial Doppler. *J Neuroimaging* 2000; 10: 1-12.
- Demchuk AM, Burgin WS, Christou I, Felberg RA, Barber PA, Hill MD, et al. Thrombolysis in brain ischemia (TIBI) transcranial Doppler flow grades predict clearly recovery, and mortality in patients treated with tissue plasminogen activator. *Stroke* 2001; 32: 89-93.
- Brunser AM, Lavados PM, Hoppe A, López J, Valenzuela M, Rivas R. Accuracy of transcranial Doppler compared with CT angiography in diagnosing arterial obstructions in acute ischemic strokes. *Stroke* 2009; 40: 2037-41.
- Bar M, Skoloudik D, Roubec M, Hradilek P, Chmelova J, Czerny D, et al. Transcranial duplex sonography and CT angiography in acute stroke patients. *J Neuroimaging* 2010; 20: 240-5.
- Nedelmann M, Stolz E, Gerriets T, Baumgartner RW, Malferrari G, Seidel G, et al; for the TCCS Consensus Group. Consensus recommendations for transcranial color-coded duplex sonography for the assessment of intracranial arteries in clinical trials on acute stroke. *Stroke* 2009; 40: 3238-44.
- Martínez-Sánchez P, Tsivgoulis G, Lao A, Sharma V, Alexandrov AV. El ultrasonido en la isquemia cerebral aguda. *Neurología* 2009; 24: 59-68.
- Chernyshev OY, Garami Z, Calleja S, Song J, Campbell MS, Noser EA, et al. Yield and accuracy of urgent combined carotid/transcranial ultrasound testing in acute cerebral ischemia. *Stroke* 2005; 36: 32-7.
- Saqqur M, Shuaib MD, Alexandrov AV, Hill MD, Calleja S, Tomsick T, et al. Derivation of transcranial Doppler criteria for rescue intra-arterial thrombolysis: multicenter experience from the Interventional Management of Stroke Study. *Stroke* 2005; 36: 865-8.
- Malferrari G, Bertolino C, Casoni F, Zini A, Sarra VM, Sanguigni S, et al; for the Eligible group and SINV group. The Eligible study: ultrasound assessment in acute ischemic stroke within 3 hours. *Cerebrovasc Dis* 2007; 24: 469-76.
- Wunderlich MT, Stolz E, Seidel G, Postert T, Gahn G, Sliwka U, et al; for the Duplex Sonography in Acute Stroke Study Group. Conservative medical treatment and intravenous thrombolysis in acute stroke from carotid T occlusion. *Cerebrovasc Dis* 2005; 20: 355-61.
- Arnold M, Nedeltchev K, Mattle HP, Loher TJ, Stepper F, Schroth G, et al. Intra-arterial thrombolysis in 24 consecutive patients with internal carotid artery T occlusions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003; 74: 739-42.
- Flint AC, Duckwiler GR, Budzik RF, Liebeskind DS, Smith WS, for the MERCI and multi MERCI Writing Committee. Mechanical thrombectomy of intracranial internal carotid occlusion. Pooled results of the MERCI and multi MERCI part I trials. *Stroke* 2007; 38: 1274-80.
- Christou I, Felberg RA, Demchuk AM, Burgin WS, Malkoff M, Grotta JC, et al. Intravenous tissue plasminogen activator and flow improvement in acute ischemic stroke patients with internal carotid artery occlusion. *J Neuroimaging* 2002; 12: 119-23.
- Rubiera M, Ribó M, Delgado-Mederos R, Santamaría E, Delgado P, Montaner J, et al. Tandem internal carotid artery/middle cerebral artery occlusion: an independent predictor of poor outcome after systemic thrombolysis. *Stroke* 2006; 37: 2301-5.
- Kim DJ, Kim DJ, Byun JS, Jung JY, Suh SH, Kim EY, et al. Intra-arterial thrombolytic therapy for hyperacute ischemic stroke caused by tandem occlusion. *Cerebrovasc Dis* 2008; 26: 184-9.

32. Ozdemir O, Bussière M, Leung A, Gulka I, Lee D, Chan R, et al. Intra-arterial thrombolysis of occluded middle cerebral artery by use of collateral pathways in patients with tandem cervical carotid artery/middle cerebral artery occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29: 1596-600.
33. El-Mitwalli A, Saad M, Christou I, Malkoff M, Alexandrov AV. Clinical and sonographic patterns of tandem internal carotid artery/middle cerebral artery occlusion in tissue plasminogen activator-treated patients. *Stroke* 2002; 33: 99-102.
34. Sekoranja L, Loulidi J, Yilmaz H, Lovblad K, Temperli P, Comelli M, et al. Intravenous versus combined (intravenous and intra-arterial) thrombolysis in acute ischemic stroke: a color-coded duplex sonography-guided pilot study. *Stroke* 2006; 37: 1805-9.
35. Ribó M, Álvarez-Sabin J, Montaner J, Romero F, Delgado P, Rubiera M, et al. Temporal profile of recanalization after intravenous tissue plasminogen activator. Selecting patients for rescue reperfusion techniques. *Stroke* 2006; 37: 1000-4.
36. Rubiera M, Cava L, Tsivgoulis G, Patterson DE, Zhao L, Zhang Y, et al. Diagnostic criteria and yield of real-time transcranial Doppler monitoring of intra-arterial reperfusion procedures. *Stroke* 2010; 41: 695-9.
37. Alexandrov AV, Grotta JC. Arterial reocclusion in stroke patients treated with intravenous tissue plasminogen activator. *Neurology* 2002; 59: 862-7.
38. Koga M, Toyoda K, Nakashima T, Hyun BH, Uehara T, Yokota C, et al. Carotid duplex ultrasonography can predict outcome of intravenous alteplase therapy for hyperacute stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2011; 20: 24-9.
39. Weiss-Muller BT, Huber R, Spivak-Dats A, Turowski B, Siebler M, Sandmann W. Symptomatic acute occlusion of the internal carotid artery: reappraisal of urgent vascular reconstruction based on current stroke imaging. *J Vasc Surg* 2008; 47: 752-9.
40. Jovin TG, Gupta R, Uchino K, Jungreis CA, Wechsler LR, Hammer MD, et al. Emergent stenting of extracranial internal carotid artery occlusion in acute stroke has a high revascularization rate. *Stroke* 2005; 36: 2426-30.
41. Szabo K, Kern R, Gass A, Griebel M, Lanczik O, Daffertshofer M, et al. Early spontaneous recanalization following acute carotid occlusion. *J Neuroimaging* 2008; 18: 148-53.
42. Ferrero E, Ferri M, Viazzo A, Labate C, Pecchio A, Berardi G, et al. Free-floating thrombus in the internal carotid artery: diagnosis and treatment of 16 cases in a single center. *Ann Vasc Surg* 2011; 25: 805-12.
43. Valdueza JM, Schreiber SJ, Roehl JE, Klingebiel R. Case 2. Free-floating thrombus of the extracranial carotid artery. In Valdueza JM, Schreiber SJ, Roehl JE, Klingebiel R, eds. *Neurosonology and neuroimaging of stroke*. Stuttgart: Georg Thieme; 2008. p. 133-7.
44. Sallustio F, Di Legge S, Marziali S, Ippoliti A, Stanzione P. Floating carotid thrombus treated by intravenous heparin and endarterectomy. *J Vasc Surg* 2011; 53: 489-91.
45. Vicenzini E, Giannoni MF, Ricciardi MC, Toscano M, Sirimarco G, Di Piero V, et al. Noninvasive imaging of carotid arteries in stroke. Emerging value of real-time high-resolution sonography in carotid occlusion due to cardiac embolism. *J Ultrasound Med* 2010; 29: 1635-41.

### Knowledge of vascular status for therapeutic decision-making in acute ischemic stroke: which is the role of neurosonology?

**Summary.** In the last years there is an increasing interest in the knowledge of vascular status in patients with acute stroke. Detection and localization of an artery occlusion is of great interest for an accurate prognosis and the selection of the most appropriate recanalizing therapy. Neurosonology is a useful diagnostic tool for vascular status study in patients with acute stroke. Different situations where ultrasounds offer a valuable diagnostic information are reviewed, such as middle cerebral artery (MCA) occlusion, 'T' internal carotid artery (ICA) occlusion, 'tandem' ICA-MCA occlusion, monitoring of intracranial artery occlusions, acute occlusion of extracranial ICA, and free-floating thrombus in the ICA. Neurosonology offers evident advantages compared with other diagnostic techniques: it is faster, dynamic, cheaper, harmless, and accessible, allows real-time monitoring of patients vascular status, avoids delays in acute treatments and has a therapeutic effect (sonothrombolysis). Neurosonology has an essential role in the diagnosis of vascular status and in therapeutic decision-making of acute ischemic stroke patients.

**Key words.** Acute stroke. Artery occlusion. Diagnostic techniques. Neurosonology. Selection of patients. Vascular status.