

## DOCUMENTO DE CONSENSO

# Recomendaciones sobre el uso de la tomografía computarizada en el código ictus: Documento de consenso SENR, SERAU, GEECV-SEN, SERAM



A. López-Rueda<sup>a,\*</sup>, L. Ibáñez Sanz<sup>b</sup>, M. Alonso de Leciñana<sup>c</sup>,  
D. de Araújo Martins-Romeo<sup>d</sup>, A. Vicente Bartulos<sup>e</sup>, M. Castellanos Rodrigo<sup>f</sup>  
y L. Oleaga Zufiria<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Sección Radiología Vasculare e Intervencionista, Hospital Clinic, Barcelona, España

<sup>b</sup> Radiología de Urgencias, Hospital 12 de Octubre, Madrid, España

<sup>c</sup> Servicio de Neurología y Centro de Ictus, Instituto para la Investigación Biomédica-Hospital Universitario La Paz (IdiPAZ); Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

<sup>d</sup> Servicio de Radiología, Hospital Virgen Macarena, Sevilla, España

<sup>e</sup> Sección de Radiología de Urgencias, Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid, España

<sup>f</sup> Servicio de Neurología, Complejo Hospitalario Universitario A Coruña, A Coruña, España

**PALABRAS CLAVE**

Ictus agudo;  
Enfermedad cerebrovascular;  
Consenso;  
Tomografía computarizada multidetector;  
Angiografía por tomografía computarizada;  
Imagen de perfusión

**Resumen** La Sociedad Española de Radiología de Urgencias (SERAU), la Sociedad Española de Neuroradiología (SENR), la Sociedad Española de Neurología a través de su Grupo de Estudio de Enfermedades Cerebrovasculares (GEECV-SEN) y la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM) se han reunido para redactar este documento de consenso que repasará el uso de la tomografía computarizada en el código ictus, centrándose en sus indicaciones, la técnica para su correcta adquisición y las posibles causas de error en su interpretación.

© 2023 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**KEYWORDS**

Acute stroke;  
Cerebrovascular disorders;  
Consensus;

**Recommendations on the use of computed tomography in the stroke code: Consensus document SENR, SERAU, GEECV-SEN, SERAM**

**Abstract** The Spanish Society of Emergency Radiology (SERAU), the Spanish Society of Neuroradiology (SENR), the Spanish Society of Neurology through its Cerebrovascular Diseases Study

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [alrueda81@hotmail.com](mailto:alrueda81@hotmail.com) (A. López-Rueda).

Multidetector  
computed  
tomography;  
Computed  
tomography  
angiography;

Group (GEECV-SEN) and the Spanish Society of Medical Radiology (SERAM) have met to draft this consensus document that will review the use of computed tomography in the stroke code patients, focusing on its indications, the technique for its correct acquisition and the possible interpretation mistakes.

© 2023 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La neuroimagen es una herramienta indispensable en el proceso de atención del código ictus y, entre las distintas técnicas disponibles, la tomografía computarizada (TC) adquiere especial relevancia por su disponibilidad en la mayor parte de los servicios de urgencias y por su rapidez de adquisición, lo que permite obtener un diagnóstico preciso, con la celeridad que esta patología requiere, para poder aplicar el tratamiento más adecuado lo antes posible (fig. 1)<sup>1</sup>.

Las distintas técnicas de TC permiten obtener tanto la imagen del parénquima cerebral como la del árbol vascular, y además pueden ofrecer información sobre el estado del flujo sanguíneo cerebral regional y la perfusión tisular en el caso del ictus isquémico<sup>2</sup>. Así, la TC cerebral tiene como principal objetivo distinguir el ictus isquémico del ictus hemorrágico y descartar otras lesiones simuladoras de ictus. Los estudios de angiografía por TC (angio-TC) requieren la administración de contraste intravenoso y se utilizan para identificar oclusiones arteriales en el caso del ictus isquémico, y en el caso del ictus hemorrágico, malformaciones vasculares, aneurismas o trombosis de senos venosos cerebrales, entre otros. Los estudios de angio-TC multifase permiten evaluar el estado de la circulación colateral<sup>3</sup>.

Finalmente, los estudios de TC perfusión (TCP) muestran mapas cuantitativos en función del tiempo de paso de contraste y la concentración alcanzada en el árbol vascular cerebral, que se relacionan directamente con la perfusión cerebral, lo que permite estimar la viabilidad o no del tejido isquémico<sup>4,5</sup>.

Para poder asegurar la rentabilidad adecuada de las distintas herramientas de TC en el manejo del código ictus es necesario conocer bien sus indicaciones, la información útil que pueden aportar en cada caso, la técnica para su correcta adquisición y las posibles causas de error en su interpretación. Para ello la Sociedad Española de Radiología de Urgencias (SERAU), la Sociedad Española de Neurorradiología (SENR) y la Sociedad Española de Neurología a través de su Grupo de Estudio de Enfermedades Cerebrovasculares (GEECV-SEN) y la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM) se han reunido para redactar este documento de consenso que pretende dar respuesta a estas cuestiones.

## Indicaciones clínicas de la TC

### TC craneal sin/con contraste

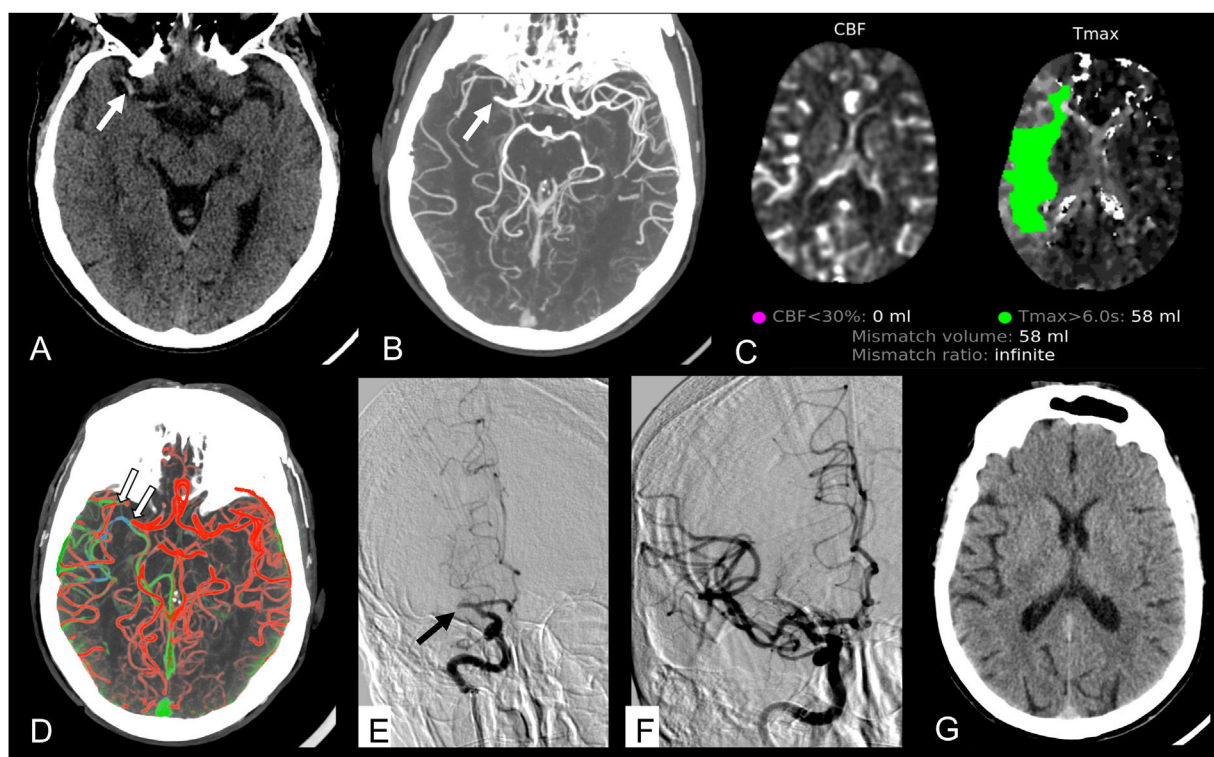
La TC craneal sin contraste es la primera técnica de imagen que se debe obtener para el diagnóstico del paciente con ictus. Deberá realizarse sin demora en todo paciente con déficit neurológico focal agudo atendido en urgencias<sup>6</sup>. De la misma manera que estos pacientes deben tener prioridad absoluta en la atención clínica, también deben tenerla en la realización de la neuroimagen, que se llevará a cabo tan pronto como se haya comprobado la estabilidad clínica del paciente a su llegada.

Ello es necesario para diferenciar los tipos de ictus, distinguiendo entre ictus isquémico e ictus hemorrágico, descartar otras lesiones simuladoras de ictus y aplicar el tratamiento adecuado lo antes posible<sup>7</sup>. Se recomienda realizar TC craneal simple antes de los 20 min desde la llegada del paciente a urgencias<sup>8</sup>. Esta recomendación es así también para pacientes con ataque isquémico transitorio, es decir, aunque los síntomas se resuelvan, ya que puede deberse a una oscilación clínica secundaria a la modificación de algún factor, como por ejemplo la presión arterial, y no a la resolución completa del cuadro clínico.

La TC craneal se hará sin contraste, reservándose la aplicación de este, en general, para el diagnóstico de lesiones simuladoras de ictus (como tumores o encefalitis), cuando los hallazgos en la TC craneal simple requieran una mayor definición para el diagnóstico final.

### Angiografía por tomografía (angio-TC)

La angio-TC en el protocolo del código ictus permite la evaluación no invasiva del árbol vascular cerebral y, por tanto, detectar oclusiones, estenosis y otras anomalías vasculares en pacientes con ictus. En el ictus isquémico, la realización de una angio-TC urgente está indicada para identificar la oclusión de gran vaso con el fin de indicar el tratamiento con trombectomía mecánica en pacientes candidatos<sup>8,9</sup>. No obstante, la detección de la oclusión de un vaso mediano (arteria cerebral anterior, arteria cerebral media en sus segmentos M2-M3-M4, arteria cerebral posterior, etc.) tiene gran importancia en el manejo clínico y en el pronóstico funcional del paciente<sup>10</sup>.



**Figura 1** Varón de 62 años con factores de riesgo cardiovascular. Cuadro de hemiparesia izquierda de más de 12 h de evolución. Fibrilación auricular *de novo* al ingreso en urgencias. A) TC basal. Muestra la arteria cerebral media (ACM) derecha hiperdensa (signo de la cuerda) (flecha). No existían lesiones parenquimatosas. ASPECTS 10. B) Angio-TC. Defecto de repleción en segmento M1 de la ACM derecha (flecha). C) TC perfusión. Muestra un territorio con hipoperfusión crítica de 58 mL con ausencia de *core*, lo que equivale a un área de penumbra del 100%. D) El TC multifásico muestra una buena colateralidad en el hemisferio derecho (grado 4), donde existen vasos en cantidad y calibre similar al hemisferio contralateral con un llenado retrógrado de predominio en fases arterial (rojo) y venosa precoz (verde). El trombo queda marcado como un defecto de repleción (flechas). E) Angiografía previa a la trombectomía mecánica que muestra una oclusión completa M1 de la ACM derecha (flecha). F) Angiografía posterior a la trombectomía mecánica. Se recanaliza completamente la ACM derecha, persistiendo un defecto M3 frontal distal (no mostrado), revascularización TICI 2B. G) TC basal de control a las 24 h. No existen lesiones residuales.

Sin embargo, el diagnóstico de oclusión arterial no es preciso para aplicar un tratamiento trombolítico intravenoso si existe indicación, por lo que disponer del resultado de la angio-TC no es necesario en este caso y su realización no debe demorar el inicio de la trombólisis, que se podrá realizar inmediatamente tras la TC craneal simple sin que sea necesario esperar a tener el resultado con angio-TC<sup>11</sup>.

Teniendo en cuenta estas consideraciones generales, se recomienda la realización de una angio-TC de forma inmediata tras la TC craneal simple en todos los pacientes con ictus isquémico que tengan una afectación clínica moderada o grave, o cuando presenten signos que sugieren afectación cortical, como afasia, ya que en estos casos es mayor la probabilidad de una oclusión de gran vaso.

Esto incluye a los pacientes con ataque isquémico transitorio de alto riesgo<sup>12</sup>. De hecho, hoy en día, la angio-TC se recomienda en cualquier paciente con ictus isquémico agudo con el fin de tener un diagnóstico más preciso desde el primer momento. Esta prueba se ha incorporado de manera rutinaria en los protocolos de manejo del código ictus en la mayoría de los hospitales que atienden a estos pacientes, dada la familiarización cada vez mayor de los radiólogos y los técnicos con este tipo de estudios, así como

las características actuales de los equipos de TC, que hacen que su adquisición sea cada vez más rápida y sencilla, de manera que no se demora la toma de decisión terapéutica.

Esta recomendación general puede reconsiderarse en pacientes en los que se descarta *a priori* la aplicación de tratamientos específicos, como aquellos con mala situación funcional o clínica previa, tiempos de evolución prolongados o alta sospecha de cuadros simuladores de ictus.

En el caso de ictus hemorrágicos, la realización de una angio-TC urgente está indicada cuando las características de la hemorragia sugieran una etiología secundaria, por ejemplo, a la rotura de una malformación vascular o un aneurisma subyacente. Así se deberá indicar en todos los casos de hemorragia subaracnoidea y en hemorragias parenquimatosas en pacientes jóvenes, especialmente si no existen antecedentes de hipertensión arterial o tienen localización lobular. Asimismo, la angio-TC en fase venosa se indicará si existe sospecha de trombosis venosa cerebral.

### Angio-TC multifase y TC perfusión (TCP)

Si bien estas dos técnicas de TC son independientes y así se tratan posteriormente en el apartado de recomendaciones

para su adquisición, la información que ofrecen es complementaria y sus indicaciones clínicas están claramente relacionadas, por lo que se abordan de manera conjunta en este apartado.

Ambas técnicas aportan información sobre el estado de perfusión del tejido en riesgo cuando existe una oclusión arterial y, por lo tanto, ofrecen marcadores indirectos de la viabilidad tisular en pacientes con ictus isquémico, por lo que permiten una aproximación a la identificación del área de penumbra. Por ello se utilizan con el fin de identificar pacientes con ictus isquémico que se pueden beneficiar de tratamientos de reperfusión en ventanas extendidas.

Pero dentro de la ventana terapéutica que establecen los estudios principales para la aplicación de estos tratamientos, esto es, dentro de las 4,5 h en el caso de la trombólisis intravenosa o las seis horas para la trombectomía mecánica, ni la TCP ni la angio-TC multifase aportan ninguna información imprescindible para la indicación terapéutica<sup>13</sup> y, por lo tanto, no se recomienda su realización<sup>8,11,14</sup>.

Y desde luego, estas técnicas no se deben utilizar para descartar el tratamiento de reperfusión en pacientes que por lo demás cumplan criterios, especialmente en estadios precoces desde el inicio de los síntomas, pues de la misma manera que pueden identificar con fiabilidad el tejido potencialmente recuperable en ventanas prolongadas, hay datos que sugieren que no todo el tejido identificado como *core* representa realmente necrosis y daño irreversible en fases precoces de la isquemia<sup>15</sup>.

Sin embargo, en pacientes con inicio desconocido de los síntomas, o cuando se han sobrepasado dichos periodos y hasta 24 h desde el inicio, la información que aportan estas técnicas puede ayudar a seleccionar pacientes que se pueden beneficiar de los tratamientos de reperfusión y, por lo tanto, se deben indicar en todos aquellos posibles candidatos que se encuentren en esta condición. Y es que la supervivencia tisular es un proceso dinámico y variable que depende de la susceptibilidad individual de cada sujeto, es directamente proporcional a la eficacia de la circulación colateral e inversamente proporcional a la gravedad de la isquemia.

Por ello, el concepto de ventana terapéutica ha evolucionado desde una aproximación estática y meramente temporal, a otro concepto más relacionado con la fisiopatología de la isquemia cerebral. De esta manera podremos considerar que existe oportunidad de tratamiento si podemos identificar suficiente cantidad de tejido que no está irreversiblemente dañado (área de penumbra), independientemente del tiempo transcurrido desde el inicio de los síntomas.

Ello es posible identificando áreas en las que esté preservado el flujo sanguíneo cerebral regional por encima del umbral de fallo irreversible de membrana, mediante técnicas que pueden medir la perfusión cerebral (como la TCP)<sup>16</sup>, o bien identificando propiamente el fallo de membrana, lo cual es posible con la resonancia magnética (RM) con secuencias de difusión y FLAIR, que además ofrecen una aproximación al tiempo de evolución de los síntomas<sup>17,18</sup>.

Diversos estudios demuestran la utilidad de estas técnicas en la práctica clínica. No entraremos a describir los que avalan la aplicación de la trombólisis en ventana extendida mediante RM<sup>19,20</sup>, y dado el objetivo de este artículo, mencionaremos tan solo aquellos que utilizan las distintas

técnicas de TC. En la TCP se define como tejido irreversiblemente dañado, o *core* de infarto, aquel en el que el flujo sanguíneo cerebral regional cae por debajo de 30% con respecto al tejido sano, mientras que el tejido con hipoperfusión crítica se define como aquel en el que el contraste alcanza su máxima concentración en un tiempo máximo ( $T_{m\acute{a}x}$ ) superior a seis segundos<sup>21</sup>.

La diferencia entre ambos volúmenes determinaría el tejido en penumbra o susceptible de ser recuperado, es decir, con hipoperfusión crítica como para producir síntomas, pero sin daño irreversible, por mantener flujo sanguíneo cerebral regional suficiente. El estudio EXTEND demuestra el beneficio de la trombólisis intravenosa para pacientes seleccionados con estos criterios entre 4,5 y 9 h desde el inicio de los síntomas cuando la relación entre el tamaño del tejido en penumbra y el *core* es  $> 1,2$ , la diferencia absoluta  $> 10$  mL y el volumen de *core*  $< 70$  mL. Se recomienda la utilización de sistemas de medida automatizados<sup>21</sup>.

Un metaanálisis reciente en el que se incluyen también estudios de RM confirma el beneficio de la trombólisis intravenosa en pacientes con inicio desconocido de los síntomas, cuando se puede demostrar la existencia de tejido en penumbra con estos criterios<sup>22</sup>. Los estudios DAWN Y DEFUSE-3 demostraron también el beneficio de la utilización de imagen de perfusión y RM para la selección de pacientes en ventanas extendidas para trombectomía mecánica, si bien con criterios diferentes.

El estudio DAWN (6-24 h tras el inicio de los síntomas) utiliza el criterio de discrepancia clínico-radiológica para determinar la existencia de tejido en penumbra, y así, en mayores de 80 años, se considera que existe tejido recuperable y, por tanto, beneficio posible de la trombectomía cuando con puntuación NIHSS  $> 10$  el *core* es  $< 21$  mL, y en menores de 80 años cuando para NIHSS  $> 10$  el *core* es  $< 31$  mL y para NIHSS  $> 20$  si es  $< 51$  mL<sup>23</sup>. El estudio DEFUSE-3 (6-16 h tras el inicio de los síntomas) establece el beneficio de la trombectomía cuando el *core* es  $\leq 70$  mL, el tejido en penumbra  $\geq 15$  mL y la relación entre el tejido hipoperfundido y el *core*  $> 1,8$ <sup>24</sup>.

Respecto a la angio-TC multifase, también ha demostrado utilidad para seleccionar pacientes para tratamiento con trombectomía mecánica en ventanas prolongadas cuando se puede demostrar la existencia de un buen flujo por colaterales (grado 4 o 5)<sup>25</sup>, y un estudio comparativo sugiere que esta técnica puede tener mejor valor predictivo que la TCP y la RM<sup>3,26,27</sup>. Con base en estos datos, las guías terapéuticas actuales recomiendan el uso de estas técnicas para seleccionar pacientes para terapias de reperfusión en ventanas extendidas<sup>8,11,14</sup>.

Más allá de estas indicaciones, la TCP puede ser útil para ayudar al diagnóstico en casos de simuladores de ictus, pues en estos casos no se detectará déficit de perfusión correspondiente a un territorio vascular.

## Preparación del paciente

Con el fin de agilizar el proceso diagnóstico antes o durante el acceso del paciente a la TC es recomendable que se tomen las siguientes medidas:

**Tabla 1** Parámetros de adquisición<sup>26,29-33</sup>

|                        | TC basal                      | Angio-TC                      | TC multifásico     | TC perfusión                |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Modo                   | Axial<br>Helicoidal           | Helicoidal                    | Helicoidal         | Cine                        |
| Angulación             | Orbitomeatal 0°               | 0°                            | 0°                 | 0°                          |
| Sección (mm)           | 2,5-0,6 (reconstrucción 5 mm) | 0,625                         | 0,625              | 5<br>(cobertura ≥ 4 cm)     |
| kVp                    | 100-120                       | 80-120                        | 80-120             | 70-80                       |
| mA                     | Automático (250-400)          | Automático (250-400)          | Automático         | 150                         |
| Tiempo de rotación (s) | 0,8-1                         | 0,3-0,6                       | 0,3-0,6            | 0,3-0,6                     |
| CIV (concentración)    | No                            | 50-80 mL; 300-370 mg/mL       | Igual que angio-TC | 40 mL; 300-370 mg/mL        |
| CIV (tasa inyección)   |                               | 3,5-5 mL/s                    |                    | 4-6 mL/s                    |
| Retraso de inyección   |                               | El mínimo que deje el aparato | 8-10 s entre fases | Sincrónico o 4 s de desfase |

- Antes de comenzar el estudio debe retirarse cualquier elemento metálico de la cabeza y cuello del paciente, incluidas las prótesis dentales, las gafas, las horquillas, etc.<sup>28</sup>
- Los pacientes deben llevar una vía periférica de 18-20 gauge o mayor, localizada idealmente en el miembro superior derecho<sup>29</sup> y que permita una velocidad de inyección de contraste intravenoso de al menos 4 mL/s<sup>28</sup>, si bien la mayoría de los autores recomiendan una tasa de inyección de contraste intravenoso de 5 mL/s<sup>30</sup>.
- En pacientes agitados, se puede valorar, junto con neurología y el equipo de anestesia, la posibilidad de administrar sedación.
- Posicionamiento del paciente: paciente en decúbito supino. Es muy importante que la cabeza del paciente esté inmovilizada y en una posición simétrica.

## TC craneal sin contraste intravenoso

### Objetivos

1. Descartar ictus hemorrágico o lesión que simule un ictus, como un tumor, una malformación arteriovenosa, una infección del SNC...
2. Detectar los signos precoces de isquemia y cuantificarlos con la escala ASPECTS<sup>31</sup>.

### Adquisición

Recomendamos que al iniciar el estudio del código ictus se realice un localizador amplio que incluya desde el cayado aórtico hasta el vértice de la calota craneal, de tal manera que pueda servir para programar posteriormente la angio-TC de troncos supraaórticos (TSA)<sup>30</sup>.

Para la TC craneal, el área de adquisición debe incluir desde la base del cráneo hasta el vértice de la calota craneal, y puede ser adquirida de manera secuencial o helicoidal. Tradicionalmente, con equipos de menos de 64 detectores, se ha utilizado la adquisición secuencial con una angulación paralela a la línea orbitomeatal o supraorbital<sup>30</sup>. Con los equipos multidetector (TCMD),

especialmente los superiores a 64 detectores, la adquisición helicoidal ha mejorado significativamente tanto la calidad de las imágenes como los artefactos que presentaban los equipos con menos detectores, y es por ello por lo que aconsejamos que cada usuario valore cuál es la mejor adquisición en función de su equipo.

El grosor de corte debe ser de 2 mm o menos, y como mínimo deben adjuntarse reconstrucciones con un grosor de 5 mm, ya que este es el utilizado por algunos programas homologados de selección de pacientes para tratamiento endovascular en el ictus isquémico agudo (por ejemplo, RAPID).

La adquisición dual puede mejorar el contraste a la hora de identificar hipodensidades sutiles, además de permitir una mejor diferenciación de la transformación hemorrágica<sup>32</sup>. Los parámetros de adquisición se resumen en la [tabla 1](#)<sup>28,32-36</sup>.

## Angio-TC de troncos supraaórticos e intracraneal

### Objetivos

1. Detección de oclusión o estenosis significativa de vasos principales como segmentos M1, M2 y M3; A1, A2; P1-P2; arterias vertebrales y carótidas comunes e internas que sean susceptibles de tratamiento endovascular urgente.
2. Detección de alteraciones vasculares que expliquen la etiología del ictus, como disección, vasculitis, fístula dural, etc.
3. Valoración de la anatomía vascular-mapeo para el tratamiento.
4. Aproximación a la valoración de colaterales.
5. Detección de patología vascular incidental que pueda condicionar el tratamiento, como malformaciones vasculares o aneurismas.

### Adquisición

La angio-TC utiliza la técnica de detección automática de bolo de contraste<sup>28</sup>. El estudio debe realizarse desde el arco

aórtico hasta el vértice con adquisición helicoidal y sin angulación del *gantry*<sup>30</sup>. Debe utilizarse un grosor de corte fino, de 1,5 mm o menor, normalmente de 0,625 mm, con un *pitch* reducido, y se adjuntarán reconstrucciones con grosor de corte de al menos 1,25 mm<sup>28</sup>. En los estudios de angio-TC, un kV de entre 100-120 es el protocolo estándar para conseguir un buen contraste de las estructuras vasculares. En equipos que dispongan de la posibilidad de utilizar bajo kV (70 kV) se pueden utilizar protocolos con bajo kV con una menor dosis de contraste<sup>37</sup>.

Es recomendable que la localización de la región de interés (ROI) sea en la aorta ascendente<sup>28</sup>. En casos donde la embolada de contraste se inyecte por el miembro superior izquierdo (debido a los artefactos producidos por la repleción del tronco venoso braquiocefálico izquierdo o por los movimientos respiratorios del paciente), en equipos de al menos 64 detectores existe la opción de localizar el ROI en la aorta descendente (menos propensa a movimientos respiratorios), sin penalizar por ello la calidad de la imagen radiológica.

En cuanto al umbral de detección, diversos autores recomiendan 80 UH<sup>28</sup>, si bien este deberá adaptarse a la velocidad de adquisición de cada equipo y puede cambiar según las casas comerciales.

La concentración de yodo de la embolada de contraste intravenoso en los estudios angiográficos debe ser entre 300 y 370 mg/mL, siendo suficiente en un equipo igual o superior a 32 detectores entre 60 y 80 cc de contraste, seguido de la inyección de 20 cc de suero salino con una velocidad de inyección de 2 mL/s<sup>28,30</sup>. Si seguidamente al estudio de angio-TC de TSA se realiza una TC multifase, se aconseja utilizar al menos 80 cc de contraste intravenoso<sup>38</sup>. Los parámetros de adquisición se resumen en la [tabla 1](#).

## Angio-TC antes o después de la TC perfusión

Dado que la angio-TC y la TCP utilizan contraste intravenoso, es frecuente que se planteen dudas sobre la existencia de interferencias entre ambas técnicas por la acumulación de contraste<sup>39</sup>.

Algunos autores refieren que el principal inconveniente al realizar antes un estudio de angio-TC que una TCP es la alteración de los cálculos matemáticos de los mapas de perfusión por la administración previa de contraste intravenoso<sup>40</sup>. Este problema podría solucionarse mediante una espera de aproximadamente 30 s, que permitiría que el contraste alcanzase una concentración estable antes de la TCP<sup>41</sup>.

Un posible inconveniente que tendría realizar la TCP antes del estudio de angio-TC es la contaminación venosa de este, problema que podría resolverse con la espera de tres minutos para el lavado de contraste<sup>39</sup>. Otros estudios concluyen que el orden en el que se realicen no influye a nivel técnico en los resultados<sup>28,39</sup>.

Dado que los protocolos de adquisición son muy variables, y que al grupo de trabajo nos ha resultado muy difícil realizar una recomendación en este punto, hemos decidido plantear las posibles ventajas de los distintos abordajes para que el profesional decida en función de las características técnicas de su equipo y de su entorno asistencial.

Por un lado, la posible ventaja de realizar la TCP antes del estudio de angio-TC sería la de tener en esa adquisición las tres fases del estudio cerebral con contraste:

- *Fase arterial* por el contraste administrado para realizar la angio-TC.
- *Fase parenquimatosa* por el contraste administrado con anterioridad para la TCP. Esta captación de contraste por parte del parénquima hace que la diferencia entre la densidad de la sustancia gris y blanca aumente, por lo que la lectura del ASPECTS tendrá mayor concordancia interobservador y puede predecir mejor el volumen final de infarto en comparación con los cambios isquémicos precoces en la TC sin contraste. Para esto, tendremos que realizar la lectura del ASPECTS en las *CT Angio Source Images* (CTASI) con una reconstrucción multiplanar (MPR) axial con un grosor de 5 mm<sup>42-46</sup>.
- *Fase venosa* por el contraste administrado con anterioridad para la TCP, con lo que podríamos descartar la existencia de una trombosis venosa cerebral sin la necesidad de realizar otra adquisición.

Por otro lado, como posibles beneficios de realizar la angio-TC antes de la TCP estarían<sup>39</sup>:

- Un correcto posicionamiento del área a estudiar en la perfusión. Lo más habitual es localizarla por defecto en ganglios basales. En pacientes con obstrucciones más distales (M2, M3) es necesario posicionar los cortes más cranealmente. En equipos con perfusión con una cobertura pequeña es posible que, si se coloca el área a estudio «a ciegas» en los ganglios basales, esta no incluya el territorio que nos interesa estudiar.
- El estudio de angio-TC nos informa sobre el estado hemodinámico del paciente, lo cual nos ayudaría a interpretar el estudio de perfusión, ya que un paciente con un bajo gasto tardará más en alcanzar el máximo en su curva arterial, pudiendo invalidar la perfusión.

No hay constancia en la literatura científica de la influencia de la realización de la perfusión previamente al estudio de angio-TC multifase, por lo que no sabemos si se produce algún tipo de artefacto en este estudio.

## Angio-TC multifase

### Objetivos<sup>25,35,47</sup>

1. Caracterización de la colateralidad leptomenígea.
2. Incrementar la sensibilidad en la detección de oclusiones de grandes vasos, y especialmente en ramas distales (M2-M3).
3. Valorar la longitud y la permeabilidad del trombo.
4. Valorar el drenaje venoso, aumentando la sensibilidad de detección de anomalías venosas o diagnósticos alternativos, como trombosis de senos.

### Adquisición

La angiografía por TC multifase (mCTA) es una técnica que estudia la repleción de los vasos intracraneales, utilizando

el mismo bolo de contraste intravenoso, mediante la adquisición de tres hélices en momentos diferentes: fase arterial, fase venosa precoz y fase venosa tardía<sup>25</sup>.

La técnica incluye<sup>25,35</sup>:

- Una adquisición convencional de angio-TC de TSA con técnica de detección de bolo, 100-120 kV, y un grosor de corte de 0,625 mm. Se administra un bolo de contraste intravenoso de 80 mL con una concentración de al menos 320 cc/mL y con una tasa de inyección aconsejable de 5 mL/s, seguida de 50 mL de suero salino.
- Una segunda adquisición a los cuatro segundos de haber finalizado la fase anterior (tiempo suficiente para reposicionar la mesa), desde la base del cráneo hasta el vértice de la calota craneal con la misma técnica radiológica.
- Una tercera adquisición a los cuatro segundos de haber finalizado la fase anterior (tiempo suficiente para reposicionar la mesa), desde la base del cráneo hasta el vértice de la calota craneal con la misma técnica radiológica.

Estas recomendaciones sirven para equipos iguales o superiores a 64 detectores. En equipos con menos detectores es posible que el reposicionamiento de la mesa entre una fase y otra sea superior a los ocho segundos y, por lo tanto, la obtención de las imágenes puede no ser del todo óptima para la interpretación. Algunos artículos amplían el retraso entre la primera y la segunda fase a 10 s<sup>38</sup>. Los parámetros de adquisición se resumen en la [tabla 1](#).

## TC perfusión en el ictus

### Objetivos

- Detectar la presencia de tejido en penumbra o susceptible de ser recuperado.

### Parámetros básicos en el estudio de perfusión

Para entender la importancia de los aspectos técnicos de la adquisición es necesario repasar qué significado tienen los distintos mapas de perfusión ([fig. 2](#)):

- **Tiempo al pico (TTP):** valor en segundos que representa el tiempo desde el inicio de la inyección de contraste hasta la máxima intensidad de contraste.
- **Tiempo de tránsito medio (MTT):** valor en segundos que representa el tiempo medio que tarda el contraste en pasar a través de una región del cerebro.
- **Tiempo máximo ( $T_{m\acute{a}x}$ ):** es un parámetro de perfusión que refleja el tiempo de retraso del bolo de contraste entre la circulación arterial proximal de los grandes vasos (función de entrada arterial [AIF]) y el parénquima cerebral, y se calcula mediante la deconvolución de la AIF.
- **Volumen sanguíneo cerebral (CBV):** definido como el volumen total de sangre que circula en una región del cerebro; su unidad es mL/100 g de parénquima cerebral. En la curva de la [figura 1](#) se representa como el área bajo la curva.
- **Flujo sanguíneo cerebral (CBF):** definido como el volumen de sangre que circula en una región del cerebro por unidad de tiempo; su unidad es mL/min/100 g de parénquima

cerebral. En la curva de la [figura 1](#) se representa como la pendiente de la curva.

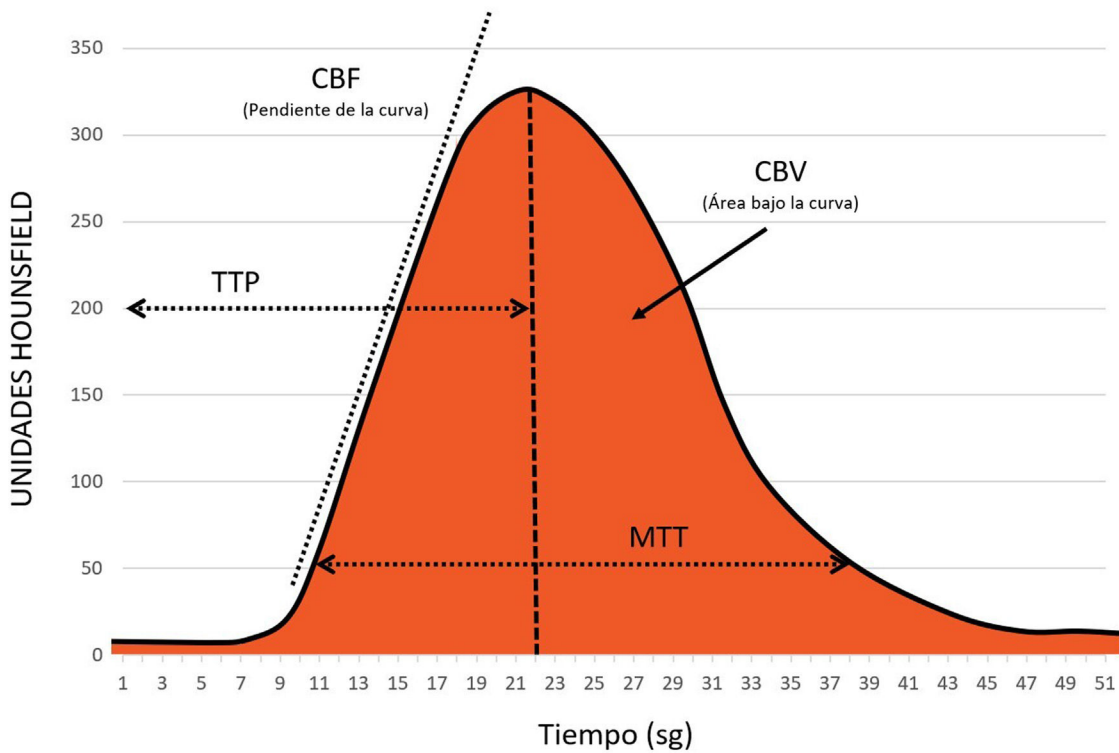
En la [figura 3](#) se representan la curva de la perfusión del territorio de una arteria cerebral permeable (curva naranja) y la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral ocluida (curva azul). Cuando se ocluye una arteria distal al polígono de Willis, por ejemplo, el segmento M1 de la arteria cerebral media, la única compensación posible del territorio irrigado por la misma es a través de las conexiones leptomeningeas (colaterales), desde la arteria cerebral anterior y posterior ipsilaterales, hacia el territorio distal de la arteria cerebral media. Como consecuencia, en dicho territorio la curva de llegada de contraste tiene menor pendiente y se extiende más en el tiempo (curva azul en la [fig. 3](#)).

La pendiente de la curva (CBF) indica la velocidad de llegada de contraste: en una arteria abierta puede tardar unos 10 s en llegar a la máxima intensidad de contraste (curva naranja en la [fig. 3](#)); sin embargo, en una arteria ocluida, con repermeabilización a través de colaterales, puede llegar a ser el doble (curva azul en la [fig. 3](#)). Además, la máxima intensidad de contraste en un territorio que corresponda a una arteria ocluida también será menor que en un territorio correspondiente a una arteria permeable.

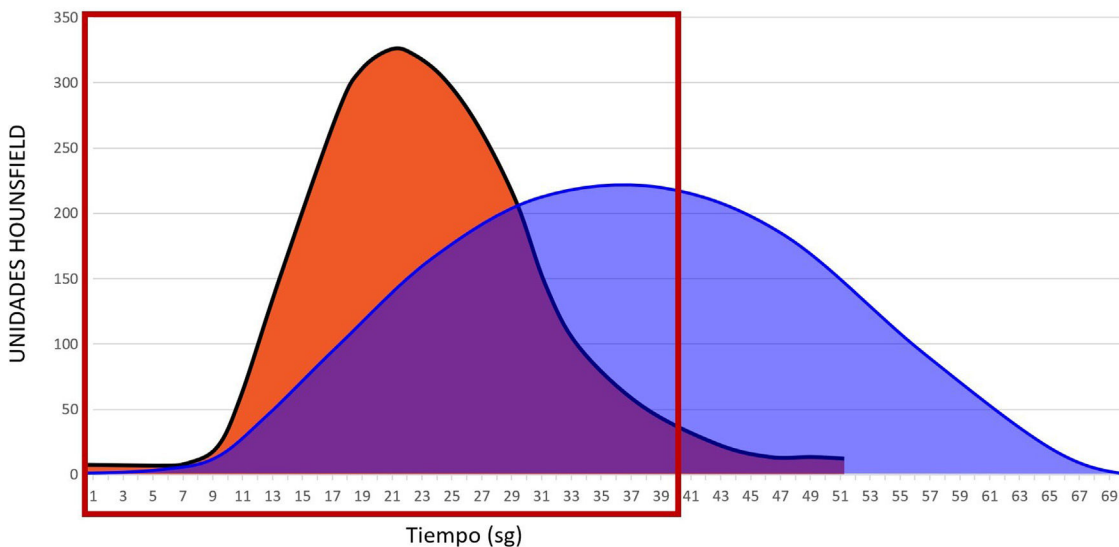
### Adquisición

Los aspectos técnicos para considerar son los siguientes: grosor de corte, duración, muestreo, volumen y velocidad de inyección de contraste, cobertura anatómica, radiación, orden o momento de realización del protocolo multimodal. Los parámetros de adquisición se resumen en la [tabla 1](#).

- **Grosor de corte.** El grosor de corte recomendado son 5 mm, con un incremento de 5 mm.
- **Duración.** La TCP se realiza mediante la adquisición dinámica de un bolo de contraste yodado a través de la circulación cerebral. Se obtienen imágenes de cine continuas durante 60-70 s sobre la misma área cerebral. Si la exploración es demasiado corta, el paso del bolo de contraste no se captura por completo, lo que genera mapas de perfusión y estimaciones del volumen de la lesión inexactos. Cuando la exploración es demasiado larga, aumenta la dosis de radiación capturando imágenes del extremo final del paso del bolo, que no proporciona información útil. Esta duración varía entre los pacientes; en > 90% de los pacientes se alcanza una correcta adquisición de las imágenes con una duración de exploración de 60 s.
- **Muestreo.** El muestreo de los datos debe ser rápido durante la curva ascendente (una imagen por segundo durante 37 s). Para que la calidad de los mapas de perfusión sea adecuada, el muestreo puede ser más lento (una imagen cada tres segundos durante 33 s) en el descenso de la curva, limitando de esta manera la dosis de radiación en la parte de la curva que no proporciona información relevante.
- **Volumen y velocidad de inyección de contraste.** Administración dinámica de un bolo de 50 mL de contraste a alto flujo (4-6 mL/s), seguido de 40 cc de suero salino con una velocidad de inyección de 2 mL/s<sup>28</sup>. Se debe sincronizar



**Figura 2** Diagrama con la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral permeable y el significado de los diferentes valores de perfusión.



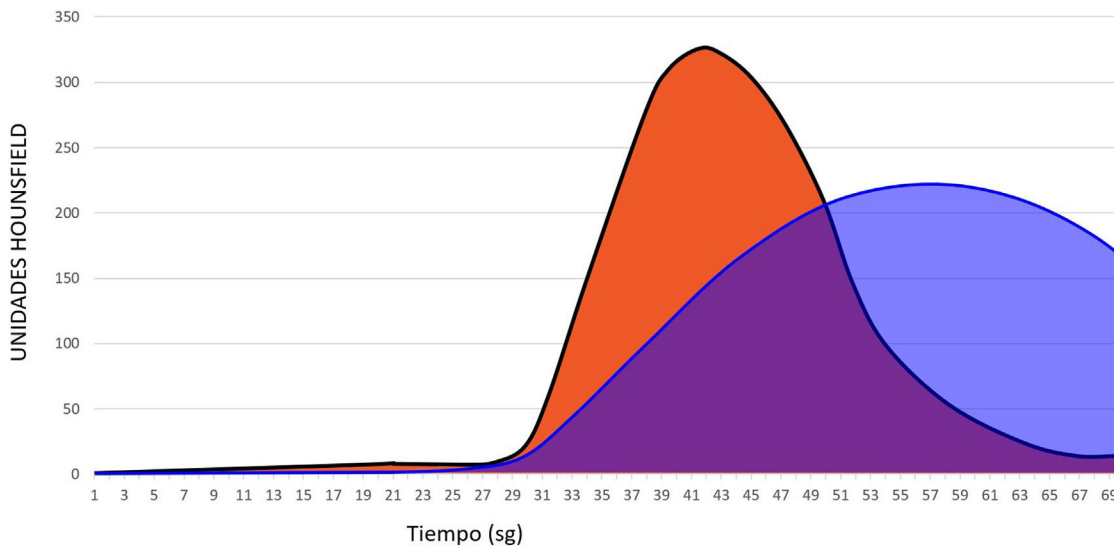
**Figura 3** Diagrama con la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral permeable (curva naranja) y con la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral ocluida (curva azul).

el inicio de la inyección de contraste con el inicio de la adquisición. Es importante obtener una línea base (5-10 s), con algunas adquisiciones de referencia para calcular adecuadamente los mapas de perfusión. Se recomienda comenzar la adquisición de la TCP cuatro segundos después del inicio de la inyección de contraste.

- **Cobertura anatómica.** La cobertura anatómica mínima debe ser de 4 cm, el bloque a estudiar se debe colocar a la altura de los ganglios de la base que contiene

el territorio en el que coinciden las tres arterias principales: arteria cerebral anterior, media y posterior. Sin embargo, con una cobertura tan limitada es posible que no se capture la extensión total de la lesión isquémica. Se recomienda obtener al menos 8 cm de cobertura del eje Z, desde la parte superior de las órbitas. La cobertura del eje Z está determinada principalmente por el ancho del detector TC, que varía de 4 a 16 cm en la mayoría de los escáneres modernos. Una opción para aumentar





**Figura 4** Diagrama con la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral permeable (curva naranja) y con la curva de perfusión del territorio de una arteria cerebral ocluida (curva azul) en paciente con fracción de eyección baja.

la cobertura es obtener dos exploraciones de TCP individuales en niveles adyacentes, cada una de las cuales requiere su propia inyección de contraste. En este caso, la mesa de TC se mueve entre exploraciones, pero se mantiene estable durante cada exploración individual. Otra opción es mover la mesa durante una sola adquisición TCP<sup>28,41</sup>.

- **Radiación.** Una limitación de la TC es la dosis de radiación, y esta debe basarse en el principio tan bajo como sea razonablemente posible (ALARA). Dependiendo de los equipos, se dispone de diferentes sistemas de reducción de dosis, que deben incluirse y adecuarse a los protocolos de perfusión.

## Procesado

Una vez realizada la adquisición, se realiza un procesado de la imagen para generar unos mapas de perfusión. El medio de contraste pasa a través del tejido cerebral, provocando una hiperatenuación transitoria que es directamente proporcional a la cantidad de material de contraste en los vasos y sangre en esa región. Se generarán curvas de atenuación de tiempo seleccionando una ROI arterial en un vaso no afectado perpendicular al plano de adquisición (arteria cerebral anterior o cerebral media contralateral) como función de entrada arterial. Se coloca una ROI venoso sobre el seno sagital superior para corregir los datos del efecto de volumen parcial y lograr una cuantificación precisa de los parámetros de perfusión<sup>28</sup>.

Es preciso controlar la calidad y analizar visualmente, durante el procesamiento, las curvas de AIF y la de función de salida venosa (VOF) y asegurarse que tengan una forma similar: la AIF precede a la VOF unos segundos, hay una línea de base previa al contraste corta (5 a 10 s) y la pendiente ascendente y descendente del VOF deben estar completamente incluidas.

A partir de los datos dinámicos adquiridos se obtienen diferentes mapas de perfusión codificados por colores: el

CBV, el MTT, el TTP y la CBF. La cuantificación de estos parámetros se basa en la ecuación  $CBF = CBV/MTT$ . El MTT se calcula realizando una técnica matemática denominada deconvolución sobre la curva de tiempo-atenuación de cada píxel con respecto a la curva arterial (función de entrada arterial). El CBV se calcula dividiendo el área bajo la curva en un píxel parenquimatoso por el área bajo la curva en un píxel arterial<sup>28</sup>.

## Errores en la adquisición de imágenes

Se pueden producir errores en la adquisición de las imágenes que tengan como consecuencia unos mapas de perfusión incorrectos. Estos errores incluyen:

- **Movimiento del paciente.** Una curva AIF con múltiples picos indica movimiento de la cabeza.
- **Selección inadecuada de la cobertura.** En adquisiciones con una cobertura de 4 cm puede ocurrir que no se cubra todo el territorio afectado.
- **Selección inadecuada del retraso en la llegada de contraste.** Si la llegada de contraste es tardía, no se capturan por completo las curvas AIF y VOF; si la adquisición se termina durante la pendiente descendente, se pueden producir resultados falsos de estimaciones de CBV,  $T_{m\acute{a}x}$ , MTT y CBF.
- **Adquisiciones de corta duración (fig. 3).** En este caso, adquisiciones menores a 30-40 s (cuadro rojo) pueden no recoger toda la información del volumen (área bajo la curva azul) correspondiente al territorio ocluido, por lo que estaríamos sobreestimando el territorio con CBV bajo (teóricamente irrecuperable).
- **Fracción de eyección baja (fig. 4).** En este caso, se produce un retraso en la llegada de contraste desde el corazón hasta el cerebro, por lo que, aunque tengamos un protocolo de adquisición adecuado (60-70 s), es posible que no recojamos toda la información del área bajo la curva. Por tanto, en estas circunstancias tenemos que valorar cómo

se ha realizado la adquisición para no cometer el error de sobreestimar el territorio con CBV bajo.

- *Adquisición de TCP posterior a la angio-TC.* Si se adquiere la TCP después de la angio-TC, los mapas de perfusión se pueden ver artefactados, dando lugar a valores de CBV erróneamente bajos, por lo que podemos cometer el error de sobreestimar el territorio con CBV bajo.

En cuanto a la evaluación cualitativa de los mapas de perfusión, es importante definir localmente el concepto «discordancia significativa», ya que es un concepto que puede tener múltiples definiciones y puede llevar a un importante error de comunicación con el neurólogo y con el neurointervencionista. Recomendamos, de acuerdo con los recursos de los que se dispone en cada centro, consensuar una definición del concepto «discordancia significativa» entre todos los profesionales implicados en el proceso del código ictus de forma local, para así minimizar los errores de comunicación entre los integrantes del equipo.

Otras condiciones que pueden afectar y producir errores de interpretación o simular clínicamente un infarto son el vasoespasmio, el síndrome de encefalopatía posterior reversible (PRES), el infarto crónico, la fase postictal de la epilepsia, la fase de aura de la migraña, el síndrome de hiperperfusión después de la colocación de *stents* carotídeos, o endarterectomía, infartos lacunares e infartos en territorio frontera<sup>48,49</sup>.

## Contraindicaciones

La única contraindicación absoluta para la realización de la prueba es la existencia de alergia grave al contraste yodado. Por otra parte, ante la presencia de un paciente con un ictus isquémico agudo con sospecha de oclusión arterial, las contraindicaciones relativas (insuficiencia renal, gestación, etc.) no constituyen un impedimento para realizar el estudio con contraste, dada la gravedad de la situación clínica. En el caso de tratarse de una contraindicación absoluta, es decir, de una alergia grave al contraste yodado, se ha de valorar la pertinencia del estudio con contraste y la presencia del equipo de anestesia para el manejo de cualquier reacción grave al introducir el contraste.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

1. Responsable de la integridad del estudio: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
2. Concepción del estudio: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
3. Diseño del estudio: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
4. Obtención de los datos: N/A.

5. Análisis e interpretación de los datos: N/A.
6. Tratamiento estadístico: N/A.
7. Búsqueda bibliográfica: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
8. Redacción del trabajo: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.
10. Aprobación de la versión final: ALR, LIS, MAL, DAMR, AVB, MCR, LOZ.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la «Iniciativa Angels», y en particular a Belén Velázquez y Alicia Arjona, por su implicación en el proyecto, proponiendo, coordinando y facilitando este documento de consenso.

## Bibliografía

1. Meretoja A, Keshtkaran M, Saver JL, Tatlisumak T, Parsons MW, Kaste M, et al. Stroke thrombolysis: Save a minute, save a day. *Stroke*. 2014;45:1053–8.
2. Potter CA, Vagal AS, Goyal M, Nunez DB, Leslie-Mazwi TM, Lev MH. CT for treatment selection in acute ischemic stroke: A code stroke primer. *Radiographics*. 2019;39:1717–38.
3. Almekhlafi MA, Kunz WG, McTaggart RA, Jayaraman MV, Najm M, Ahn SH, et al. Imaging triage of patients with late-window (6–24 hours) acute ischemic stroke: A comparative study using multiphase CT angiography versus CT perfusion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2020;41:129–33.
4. Wintermark M, Flanders AE, Velthuis B, Meuli R, van Leeuwen M, Goldsher D, et al. Perfusion-CT assessment of infarct core and penumbra: Receiver operating characteristic curve analysis in 130 patients suspected of acute hemispheric stroke. *Stroke*. 2006;37:979–85.
5. Kawiorski MM, Vicente A, Lourido D, Muriel A, Fandiño E, Méndez JC, et al. Good clinical and radiological correlation from standard perfusion computed tomography accurately identifies salvageable tissue in ischemic stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2016;25:1062–9.
6. Wardlaw JM, Seymour J, Cairns J, Keir S, Lewis S, Sandercock P. Immediate computed tomography scanning of acute stroke is cost-effective and improves quality of life. *Stroke*. 2004;35:2477–83.
7. Aghaebrahim A, Streib C, Rangaraju S, Kenmuir CL, Giurgiu-tiu DV, Horev A, et al. Streamlining door to recanalization processes in endovascular stroke therapy. *J Neurointerv Surg*. 2017;9:340–5.
8. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2019;50:e344–418.
9. Bash S, Villablanca JP, Jahan R, Duckwiler G, Tillis M, Kidwell C, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusive disease: Evaluation with CT angiography, MR angiography, and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26:1012–21.
10. Saver JL, Chapot R, Agid R, Hassan A, Jadhav AP, Liebeskind DS, et al. Thrombectomy for distal, medium vessel occlusions:

- A consensus statement on present knowledge and promising directions. *Stroke*. 2020;51:2872–84.
11. Berge E, Whiteley W, Audebert H, de Marchis GM, Fonseca AC, Padiglioni C, et al. European Stroke Organisation (ESO) guidelines on intravenous thrombolysis for acute ischaemic stroke. *Eur Stroke J*. 2021;6:1–LXII.
  12. Graham BR, Menon BK, Coutts SB, Goyal M, Demchuk AM. Computed tomographic angiography in stroke and high-risk transient ischemic attack: Do not leave the emergency department without it! *Int J Stroke*. 2018;13:673–86.
  13. Goyal M, Fargen KM, Menon BK. Acute stroke, Bayes' theorem and the art and science of emergency decision-making. *J Neurointerv Surg*. 2014;6:256–9.
  14. Turc G, Bhogal P, Fischer U, Khatri P, Lobotesis K, Mazighi M, et al., Endorsed by Stroke Alliance for Europe (SAFE). European Stroke Organisation (ESO) - European Society for Minimally Invasive Neurological Therapy (ESMINT) guidelines on mechanical thrombectomy in acute ischaemic stroke. *Eur Stroke J*. 2019;4:6–12.
  15. Goyal M, Ospel JM, Menon B, Almekhlafi M, Jayaraman M, Fiehler J, et al. Challenging the ischemic core concept in acute ischemic stroke imaging. *Stroke*. 2020;51:3147–55.
  16. Dani KA, Thomas RG, Chappell FM, Shuler K, MacLeod MJ, Muir KW, et al. Computed tomography and magnetic resonance perfusion imaging in ischemic stroke: definitions and thresholds. *Ann Neurol*. 2011;70:384–401.
  17. Thomalla G, Rossbach P, Rosenkranz M, Siemonsen S, Krützelmann A, Fiehler J, et al. Negative fluid-attenuated inversion recovery imaging identifies acute ischemic stroke at 3 hours or less. *Ann Neurol*. 2009;65:724–32.
  18. Thomalla G, Cheng B, Ebinger M, Hao Q, Tourdias T, Wu O, et al. DWI-FLAIR mismatch for the identification of patients with acute ischaemic stroke within 4.5 h of symptom onset (PRE-FLAIR): A multicentre observational study. *Lancet Neurol*. 2011;10:978–86.
  19. Schwamm LH, Wu O, Song SS, Latour LL, Ford AL, Hsia AW, et al. Intravenous thrombolysis in unwitnessed stroke onset: MR WITNESS trial results. *Ann Neurol*. 2018;83:980–93.
  20. Thomalla G, Simonsen CZ, Boutitie F, Andersen G, Berthezene Y, Cheng B, et al. MRI-guided thrombolysis for stroke with unknown time of onset. *N Engl J Med*. 2018;379:611–22.
  21. Ma H, Campbell BCV, Parsons MW, Churilov L, Levi CR, Hsu C, et al. Thrombolysis guided by perfusion imaging up to 9 hours after onset of stroke. *N Engl J Med*. 2019;380:1795–803.
  22. Thomalla G, Boutitie F, Ma H, Koga M, Ringleb P, Schwamm LH, et al. Intravenous alteplase for stroke with unknown time of onset guided by advanced imaging: Systematic review and meta-analysis of individual patient data. *Lancet*. 2020;396:1574–84.
  23. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, Bonafe A, Budzik RF, Bhuva P, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med*. 2018;378:11–21.
  24. Albers GW, Marks MP, Kemp S, Christensen S, Tsai JP, Ortega-Gutierrez S, et al. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med*. 2018;378:708–18.
  25. Menon BK, d'Este CD, Qazi EM, Almekhlafi M, Hahn L, Demchuk AM, et al. Multiphase CT angiography: A new tool for the imaging triage of patients with acute ischemic stroke. *Radiology*. 2015;275:510–20.
  26. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, Eesa M, Rempel JL, Thornton J, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2015;372:1019–30.
  27. Motyer R, Thornton J, Power S, Brennan P, O'Hare A, Looby S, et al. Endovascular thrombectomy beyond 12 hours of stroke onset: A stroke network's experience of late intervention. *J Neurointerv Surg*. 2018;10:1043–6.
  28. de Lucas EM, Sánchez E, Gutiérrez A, Mandly AG, Ruiz E, Flórez AF, et al. CT protocol for acute stroke: tips and tricks for general radiologists. *Radiographics*. 2008;28:1673–87.
  29. You SY, Yoon DY, Choi CS, Chang SK, Yun EJ, Seo YL, et al. Effects of right- versus left-arm injections of contrast material on computed tomography of the head and neck. *J Comput Assist Tomogr*. 2007;31:677–81.
  30. Mnyusiwalla A, Aviv RI, Symons SP. Radiation dose from multidetector row CT imaging for acute stroke. *Neuroradiology*. 2009;51:635–40.
  31. Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, Buchan AM. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASPECTS Study Group. Alberta Stroke Programme Early CT Score. *Lancet*. 2000;355:1670–4.
  32. Campbell BCV, Lansberg MG, Broderick JP, Derdeyn CP, Khatri P, Sarraj A, et al. Acute stroke imaging research roadmap IV: Imaging selection and outcomes in acute stroke clinical trials and practice. *Stroke*. 2021;52:2723–33.
  33. ACR - ASNR - SPR practice parameter for the performance of computed tomography (CT) perfusion in neuroradiologic imaging 2022 [consultado 15 Sep 2022]. Disponible en: [www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/CT-Perfusion.pdf](http://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/CT-Perfusion.pdf).
  34. Zensen S, Guberina N, Opitz M, Köhrmann M, Deuschl C, Forsting M, et al. Radiation exposure of computed tomography imaging for the assessment of acute stroke. *Neuroradiology*. 2021;63:511–8.
  35. Verdolotti T, Pilato F, Cottonaro S, Monelli E, Giordano C, Guadalupi P, et al. ColorViz, a new and rapid tool for assessing collateral circulation during stroke. *Brain Sci*. 2020;10:882.
  36. ACR - ASNR practice guideline for the performance and interpretation of cervicocerebral computed tomography angiography (CTA) 2022 [consultado 15 Sep 2022]. Disponible en: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/CervicoCerebralCTA.pdf>
  37. Ippolito D, Talei Franzesi C, Fior D, Bonaffini PA, Minutolo O, Sironi S. Low kV settings CT angiography (CTA) with low dose contrast medium volume protocol in the assessment of thoracic and abdominal aorta disease: A feasibility study. *Br J Radiol*. 2015;88:20140140.
  38. Ospel JM, Volny O, Qiu W, Najm M, Kashani N, Goyal M, et al. Displaying multiphase CT angiography using a time-variant color map: Practical considerations and potential applications in patients with acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2020;41:200–5.
  39. Dorn F, Liebig T, Muenzel D, Meier R, Poppert H, Rummeny EJ, et al. Order of CT stroke protocol (CTA before or after CTP): Impact on image quality. *Neuroradiology*. 2012;54:105–12.
  40. Kellner E, Rau A, Demerath T, Reiser M, Urbach H. Contrast bolus interference in a multimodal CT stroke protocol. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2021;42:1807–14.
  41. Christensen S, Lansberg MG. CT perfusion in acute stroke: Practical guidance for implementation in clinical practice. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2019;39:1664–8.
  42. Schramm P, Schellinger PD, Fiebich JB, Heiland S, Jansen O, Knauth M, et al. Comparison of CT and CT angiography source images with diffusion-weighted imaging in patients with acute stroke within 6 hours after onset. *Stroke*. 2002;33:2426–32.
  43. Coutts SB, Lev MH, Eliasziw M, Roccatagliata L, Hill MD, Schwamm LH, et al. ASPECTS on CTA source images versus unenhanced CT: Added value in predicting final infarct extent and clinical outcome. *Stroke*. 2004;35:2472–6.
  44. Camargo EC, Furie KL, Singhal AB, Roccatagliata L, Cunnane ME, Halpern EF, et al. Acute brain infarct: detection and delineation with CT angiographic source images versus nonenhanced CT scans. *Radiology*. 2007;244:541–8.

45. Lin K, Rapalino O, Law M, Babb JS, Siller KA, Pramanik BK. Accuracy of the Alberta Stroke Program Early CT Score during the first 3 hours of middle cerebral artery stroke: Comparison of noncontrast CT, CT angiography source images, and CT perfusion. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008;29:931–6.
46. Bal S, Bhatia R, Menon BK, Shobha N, Puetz V, Dzialowski I, et al. Time dependence of reliability of noncontrast computed tomography in comparison to computed tomography angiography source image in acute ischemic stroke. *Int J Stroke.* 2015;10:55–60.
47. Mayer SA, Viarasilpa T, Panyavachiraporn N, Brady M, Scozzari D, van Harn M, et al. CTA-for-All: Impact of emergency computed tomographic angiography for all patients with stroke presenting within 24 hours of onset. *Stroke.* 2020;51:331–4.
48. Keedy A, Soares B, Wintermark M. A pictorial essay of brain perfusion-CT: Not every abnormality is a stroke! *J Neuroimaging.* 2012;22:e20–33.
49. Mangla R, Ekholm S, Jahromi BS, Almast J, Mangla M, Westesson PL. CT perfusion in acute stroke: Know the mimics, potential pitfalls, artifacts, and technical errors. *Emerg Radiol.* 2014;21:49–65.