

## Hallazgos radiológicos de TC en la muerte encefálica

**Tipo:** Presentación Electrónica Educativa

**Autores:** Patricia Camino Marco, Cristina López Cárceles, Juan David Molina Nuevo, Enrique Marcos Naranjo ., Maria Isabel Tercero Azorin, Rosa María Collado Jiménez

### Objetivos Docentes

Describir el papel de la tomografía computarizada (TC) como prueba instrumental de análisis del flujo sanguíneo en la muerte encefálica.

### Revisión del tema

#### Situación de España en donación y trasplantes:

España es el país líder mundial en trasplantes de órganos. Según datos de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) en el año 2014 se realizaron 4.360 trasplantes, y 4.769 en el año 2015, lo que supuso un aumento del 10%. Así, actualmente hemos superado los 100.000 trasplantes de órganos, siendo el más frecuente el de riñón con más de 60.000 trasplantes realizados.

Con una red integrada de 186 hospitales, tenemos la tasa de donación más alta del mundo, de 39.7 donantes por millón de habitantes, con un tiempo de espera aproximado de entre 3 y 18 meses. Estos buenos resultados son posibles gracias a la concienciación de la sociedad, la magnitud y el coordinado trabajo de los distintos profesionales que hacemos posibles estos datos.

#### Legislación actual:

La donación de trasplantes queda regulada en el Real Decreto 2070/1999 del 30 de diciembre sobre obtención y utilización clínica de órganos humanos y la coordinación territorial en materia de donación y trasplante de órganos y tejidos. Publicado en el BOE 3/2000 de 4-1-2000, p.179-90.

Según este decreto quedan definidos:

**Donante vivo:** persona que efectúe en vida la donación de aquellos órganos o parte de ellos cuya extracción sea compatible con la vida.

**Donante fallecido:** persona difunta de la que se pretende extraer órganos que no hubiera dejado constancia expresa por cualquier medio de su oposición.

**Diagnóstico de la muerte:** cese irreversible de las funciones cardiorrespiratorias o de las funciones

encefálicas, conforme establece el artículo 10.

**Trasplante de órganos:** utilización terapéutica de los órganos humanos que consiste en sustituir un órgano enfermo o su función, por otro procedente de un donante vivo o fallecido.

**Centro de extracción de órganos:** centro sanitario que cumpliendo con los requisitos especificados en el artículo 12 posee la autorización correspondiente para el desarrollo de la actividad de extracción de órganos.

**Centro de trasplantes de órganos:** centro sanitario que cumpliendo los requisitos especificados en los artículos 15, 16, 17, 18 posee la autorización correspondiente para el desarrollo de la actividad de trasplantes de órganos.

Nuestro hospital, el Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, es un centro acreditado de extracción de órganos y de trasplante de riñón.

En el anexo I del RD figura el protocolo diagnóstico y certificación de muerte para la extracción de órganos de donante fallecido.

La muerte encefálica es el coma de etiología conocida y carácter irreversible. Requiere evidencia por la clínica o por pruebas de neuroimagen de lesión destructiva del sistema nervioso central.

Para su diagnóstico es necesario que se cumplan unas condiciones previas:

#### Tbl. 1

Prerrequisitos en el diagnóstico de muerte encefálica:
Ausencia de alteraciones metabólicas, sustancias o fármacos depresores del SNC que pudieran ser causantes del coma.
Ausencia de bloqueantes neuromusculares
Estabilidad hemodinámica
Oxigenación y ventilación adecuadas
Temperatura corporal >32°C

Una vez comprobado que se cumplen estas condiciones, puede iniciarse el proceso de certificación de muerte encefálica, que requiere de forma inexorable la realización de una exploración neurológica: Tbl. 2

Exploración neurológica completa y rigurosa que certifique:
◆ Coma areactivo sin respuestas motoras ni vegetativas al estímulo algésico en el territorio de los nervios craneales. No deben existir posturas de descerebración ni decorticación.
◆ Ausencia de reflejos troncoencefálicos: fotomotor, corneal, oculocefálicos, oculovestibulares, nauseoso y tusígeno
◆ Ausencia de respuesta cardíaca a test de atropina
◆ Apnea demostrada mediante test de la apnea: ausencia de movimientos respiratorios ni abdominales durante el tiempo de desconexión del respirador necesario para que la PCO <sub>2</sub> arterial >60 mmHg

Sin embargo, en algunas situaciones no es posible realizar una exploración neurológica completa, siendo necesario realizar una prueba instrumental: Tbl. 3

Circunstancias en las que no es posible realizar una exploración neurológica:
- Graves destrozos del macizo facial que impiden la exploración de los reflejos troncoencefálicos
- Hipotermia
- Intolerancia al test de la apnea
- Intoxicación o tratamiento con dosis altas de fármacos o sustancias depresoras del SNC
- Niños < 1 año

Una vez confirmada la muerte cerebral con la exploración neurológica, se recomienda repetir esta exploración tras un *período de observación*:

- 6 horas después: si lesión destructiva conocida
- 24 horas después: si encefalopatía anóxica
- *Si existen o se sospecha que existen sustancias depresoras del SNC, debe considerarse la vida media de la sustancia y las condiciones del paciente.*

Sin embargo, se aconseja realizar una prueba instrumental para acortar el período de observación, y son obligatorias cuando existen situaciones en las que no es posible realizar una exploración neurológica completa, en caso de ausencia de lesión destructiva conocida, y cuando la lesión sea primariamente infratentorial. [Tbl. 4](#)

Tipos de pruebas instrumentales para el diagnóstico de muerte encefálica:	
De evaluación de la <b>función neuronal</b> : EEG, Potenciales Evocados	
De evaluación del <b>flujo sanguíneo</b> : Arteriografía cerebral de 4 vasos, angiografía cerebral por sustracción digital, angiogramografía con radiofármacos, ecografía doppler transcraneal.	

En el RD se especifica que en el futuro podrían añadirse nuevas pruebas instrumentales que acreditarían garantía diagnóstica.

Así, en este contexto y considerando que la arteriografía es el gold standard para el análisis del flujo sanguíneo cerebral, se presenta la angiotomografía computarizada (angioTC) como alternativa no invasiva para demostrar la ausencia de flujo sanguíneo cerebral.

En primer lugar, Dupas et al, en el año 1998, describieron ausencia de flujo sanguíneo cerebral con angioTC en la muerte encefálica. Utilizaron un TC helicoidal, el protocolo de estudio fue un angioTC con 2 fases: una arterial a los 20 segundos, y una venosa a los 54 segundos. Valoraron la opacificación de 7 vasos intracerebrales. Este sistema fue aceptado en Francia, sin embargo su sensibilidad no fue la esperada (S 69.7%).

La opacificación de la arteria temporal superficial confirmaba la correcta inyección del contraste. Una puntuación de 7 confirmaba la muerte encefálica, mientras que aquellos pacientes con puntuaciones <7 puntos requerían pruebas adicionales de análisis del flujo sanguíneo cerebral para confirmar la muerte encefálica. [Tbl. 5](#)

Score 7 vasos en el diagnóstico de muerte encefálica por AngioTC:
2 Arterias pericallosas
2 Ramas corticales de la Arteria cerebral media (ACM)
1 Arteria basilar
1 Venas cerebrales internas
1 Seno venoso mayor

Algunos de los inconvenientes de este sistema de puntuación son el fenómeno de éstasis, por el que se opacifican las arterias pericallosas, que hace necesario repetir el angioTC y la opacificación de las arterias cerebrales anteriores.

Teniendo en cuenta estos inconvenientes y que la sensibilidad de este sistema de puntuación era del 69.7 % (frente al 76.9% de la angiografía), se han planteado nuevos sistemas de puntuación que buscan aumentar la sensibilidad de la prueba.

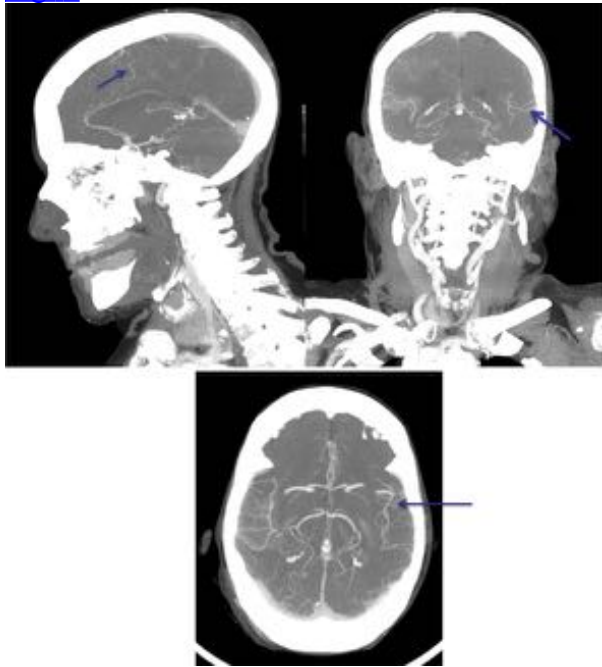
De tal modo, Leclerc et al, realizaron un estudio similar, en este caso en un TC helicoidal de 4 detectores, estableciendo un sistema de puntuación simplificado, basado en el análisis de 4 vasos. El protocolo de estudio consistía en una primera fase sin contraste intravenoso, seguido de la inyección de 120 mL de contraste yodado a 3 mL/s, con una fase precoz arterial a los 20 s, y una tardía a los 60 s. [Tbl. 6](#)

Score 4 vasos:
Ausencia de contraste en ramas corticales derechas e izquierdas de la ACM
Opacificación de venas craneales internas derechas e izquierdas

Según este sistema de puntuación la ausencia de contraste en las ramas corticales de las arterias cerebral

media y la opacificación de la vena cerebral interna se asociaba a muerte encefálica. La sensibilidad en los estudios iniciales no fue muy alta, de un 52.4-69.7%. Sin embargo, con los últimos avances en TC con equipos multicorte, y la aparición de nuevas escalas diagnósticas y técnicas de postproceso han mejorado considerablemente estos resultados. Actualmente, tiene niveles de sensibilidad del 81,4% y una especificidad del 100% para confirmar el diagnóstico de muerte cerebral, lo que presenta la angioTC como alternativa segura y no invasiva para el diagnóstico de muerte cerebral. Idealmente, la prueba de imagen para confirmar la ausencia de flujo sanguíneo cerebral que permita confirmar la muerte, debe ser fácilmente accesible, fácil de realizar, no invasiva y reproducible.

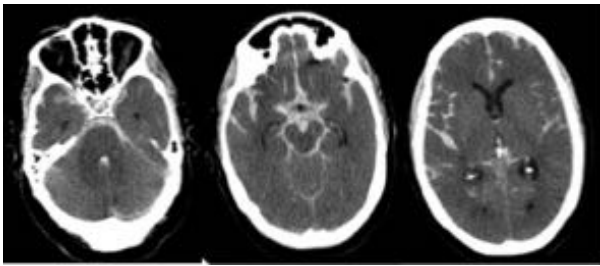
[Fig. 7](#)



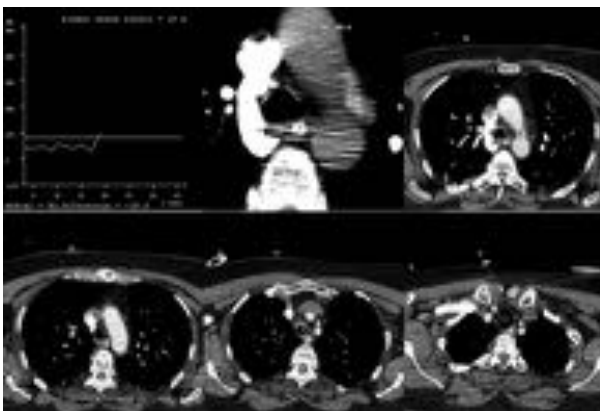
[Fig. 8](#)



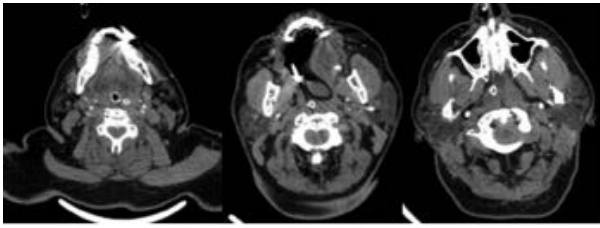
[Fig. 9](#)



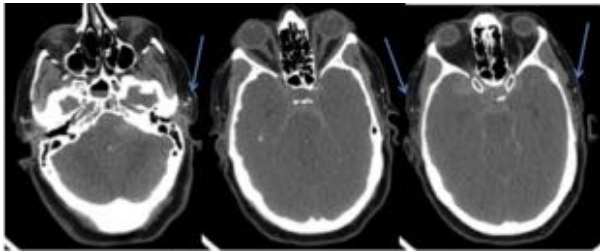
[Fig. 10](#)



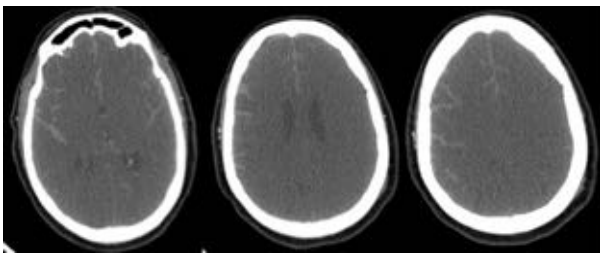
[Fig. 11](#)



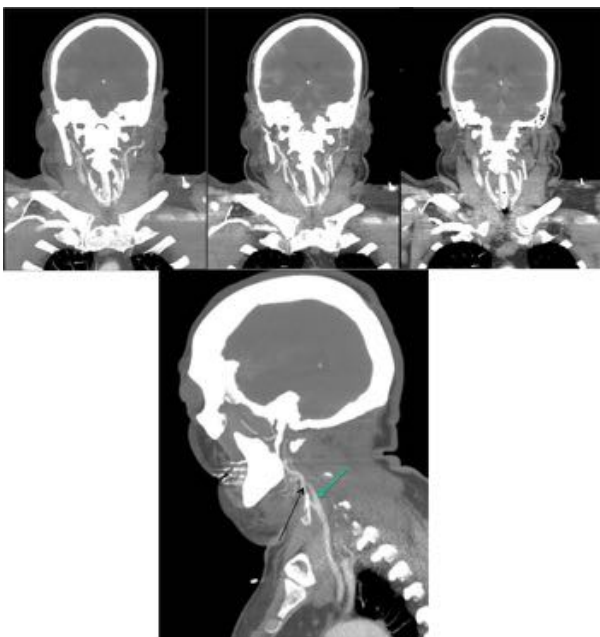
[Fig. 12](#)



[Fig. 13](#)



[Fig. 14](#)



**Imágenes en esta sección:**

Prerrequisitos en el diagnóstico de muerte encefálica:
Ausencia de alteraciones metabólicas, sustancias o fármacos depresores del SNC que pudieran ser causantes del coma.
Ausencia de bloqueantes neuromusculares
Estabilidad hemodinámica
Oxigenación y ventilación adecuadas
Temperatura corporal >32°C

**Tbl. 1:** Prerrequisitos para el diagnóstico de muerte encefálica

Exploración neurológica completa y rigurosa que certifique:
◆ Coma areactivo sin respuestas motoras ni vegetativas al estímulo algésico en el territorio de los nervios craneales. No deben existir posturas de descerebración ni decorticación.
◆ Ausencia de reflejos troncoencefálicos: fotomotor, corneal, oculocefálicos, oculo vestibulares, nauseoso y tusígeno
◆ Ausencia de respuesta cardíaca a test de atropina
◆ Apnea demostrada mediante test de la apnea: ausencia de movimientos respiratorios ni abdominales durante el tiempo de desconexión del respirador necesario para que la PCO <sub>2</sub> arterial >60 mmHg

**Tbl. 2:** Exploración neurológica en la muerte encefálica

Circunstancias en las que no es posible realizar una exploración neurológica:
- Graves destrozos del macizo facial que impiden la exploración de los reflejos troncoencefálicos
- Hipotermia
- Intolerancia al test de la apnea
- Intoxicación o tratamiento con dosis altas de fármacos o sustancias depresoras del SNC
- Niños < 1 año

**Tbl. 3:** Circunstancias en las que no es posible comprobar la muerte encefálica.

Tipos de pruebas instrumentales para el diagnóstico de muerte encefálica:
De evaluación de la <b>función neuronal</b> : EEG, Potenciales Evocados
De evaluación del <b>flujo sanguíneo</b> : Arteriografía cerebral de 4 vasos, angiografía cerebral por sustracción digital, angiogramagrafía con radiofármacos, ecografía doppler transcraneal.

**Tbl. 4:** Tipos de pruebas instrumentales en el diagnóstico de muerte encefálica

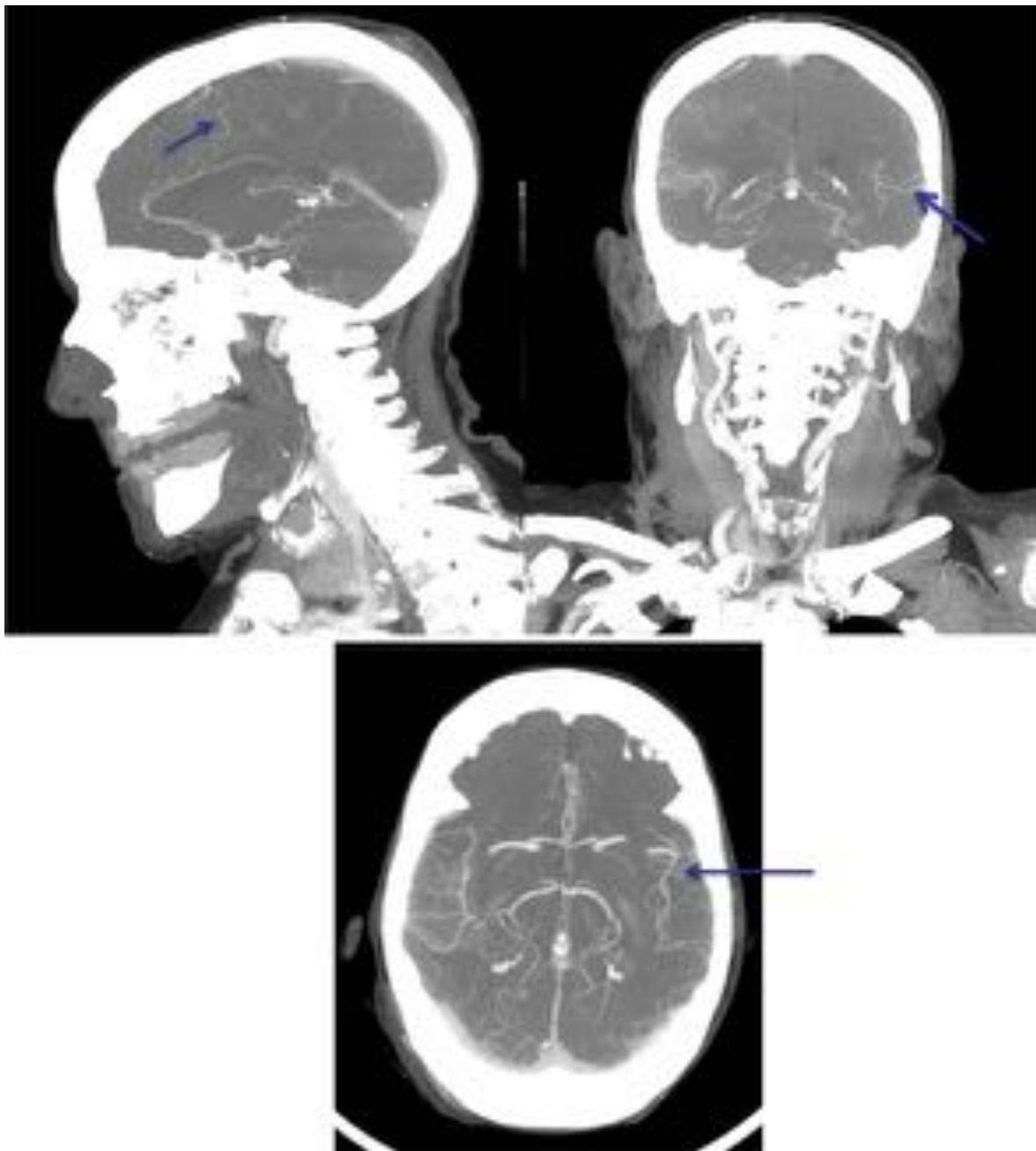
Score 7 vasos en el diagnóstico de muerte encefálica por AngioTC:
2 Arterias pericallosas
2 Ramas corticales de la Arteria cerebral media (ACM)
1 Arteria basilar
1 Venas cerebrales internas
1 Seno venoso mayor

**Tbl. 5:** Sistema de puntuación Score 7 vasos en el diagnóstico por AngioTC de la muerte encefálica. Se suma un punto por cada vaso no opacificado. Una puntuación de 7 confirma el diagnóstico de muerte encefálica.

Score 4 vasos:
Ausencia de contraste en ramas corticales derechas e izquierdas de la ACM
Opacificación de venas craneales internas derechas e izquierdas

**Tbl. 6:** Sistema de puntuación Score 4 vasos en el diagnóstico por AngioTC de la muerte encefálica. Se analiza a los 60 segundos de la inyección de contraste para evitar el fenómeno de estasis, otorgando un punto en cada caso.

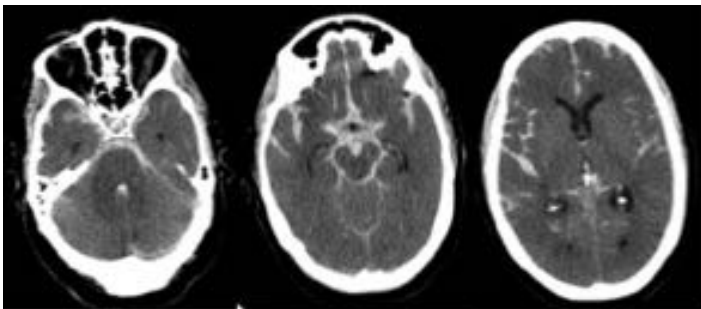




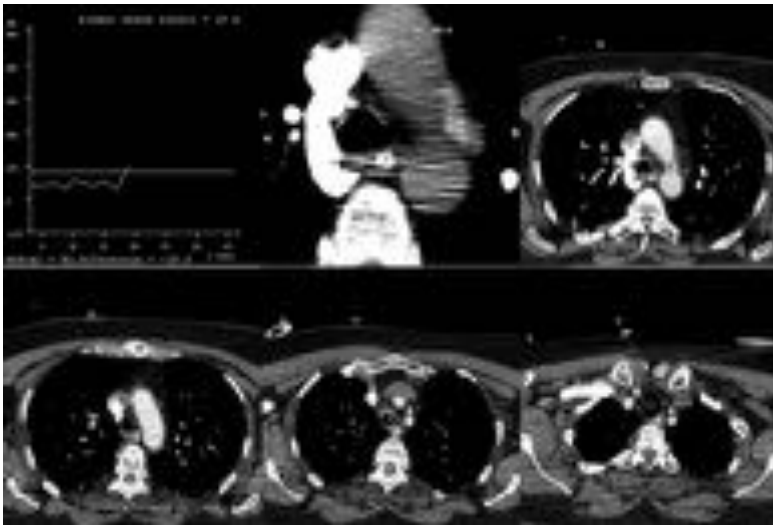
**Fig. 7:** AngioTC TSA-Polígono de Willis: plano sagital: imagen superior izquierda, plano coronal: imagen superior derecha, plano axial: imagen inferior. Señaladas con flechas ramas corticales de ACM que debemos valorar según el sistema de puntuación SCORE 4 vasos en el diagnóstico de muerte cerebral. En este caso la opacificación es correcta y el TC es normal



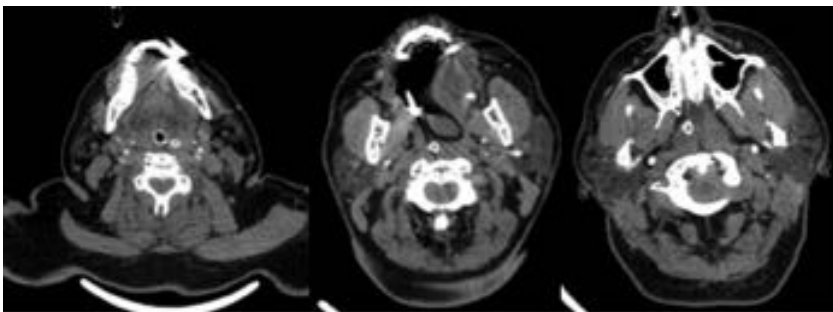
**Fig. 8:** AngioTC craneal: Flecha señala vena craneal interna cuya opacificación debemos valorar en sistema de puntuación SCORE 4 vasos para el diagnóstico de muerte encefálica. En este caso está correctamente opacificada, siendo el angioTC normal. HSA en surcos parietales derechos.



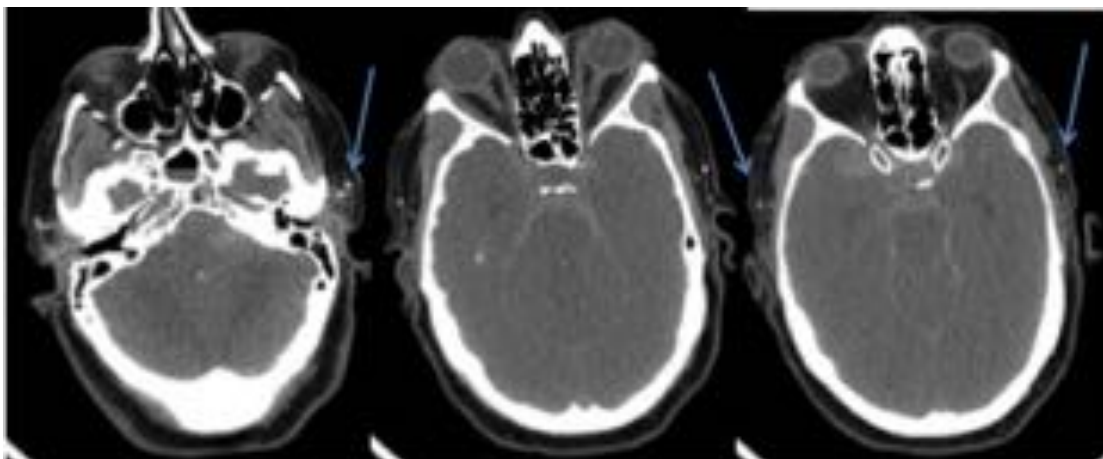
**Fig. 9:** TC craneal sin contraste de seguimiento evolutivo de un paciente con HSA difusa que presenta empeoramiento neurológico. Importante HSA en cisternas de la base, cisuras de Silvio y en hoz del cerebro, surcos frontales, temporales y parietales



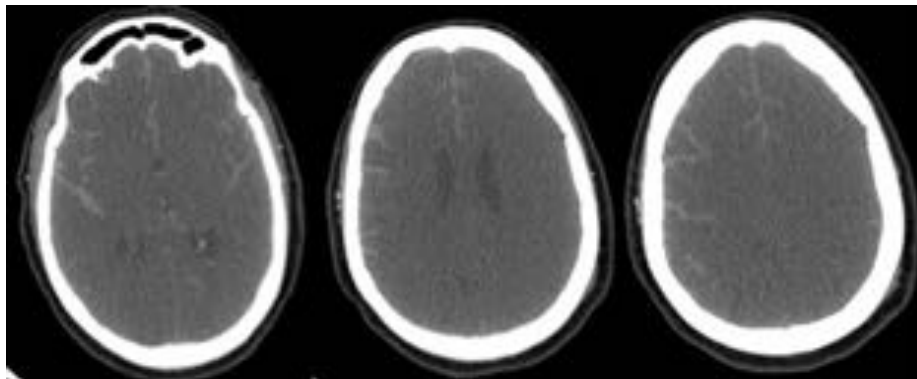
**Fig. 10:** TC craneal con contraste intravenoso del mismo paciente de la fig.9, fase arterial precoz 20s. Imagen superior izquierda: Bolus track 20 s. Imagen superior centro: Localizador a nivel de cayado aórtico. Imagen superior derecha e inferior izquierda: Opacificación de cayado aórtico y arterias pulmonares de lóbulos superiores. Imagen centro inferior: Opacificación de troncos supraórticos (TSA). Imagen inferior derecha: Opacificación de arterias carótidas internas y arterias subclavias.



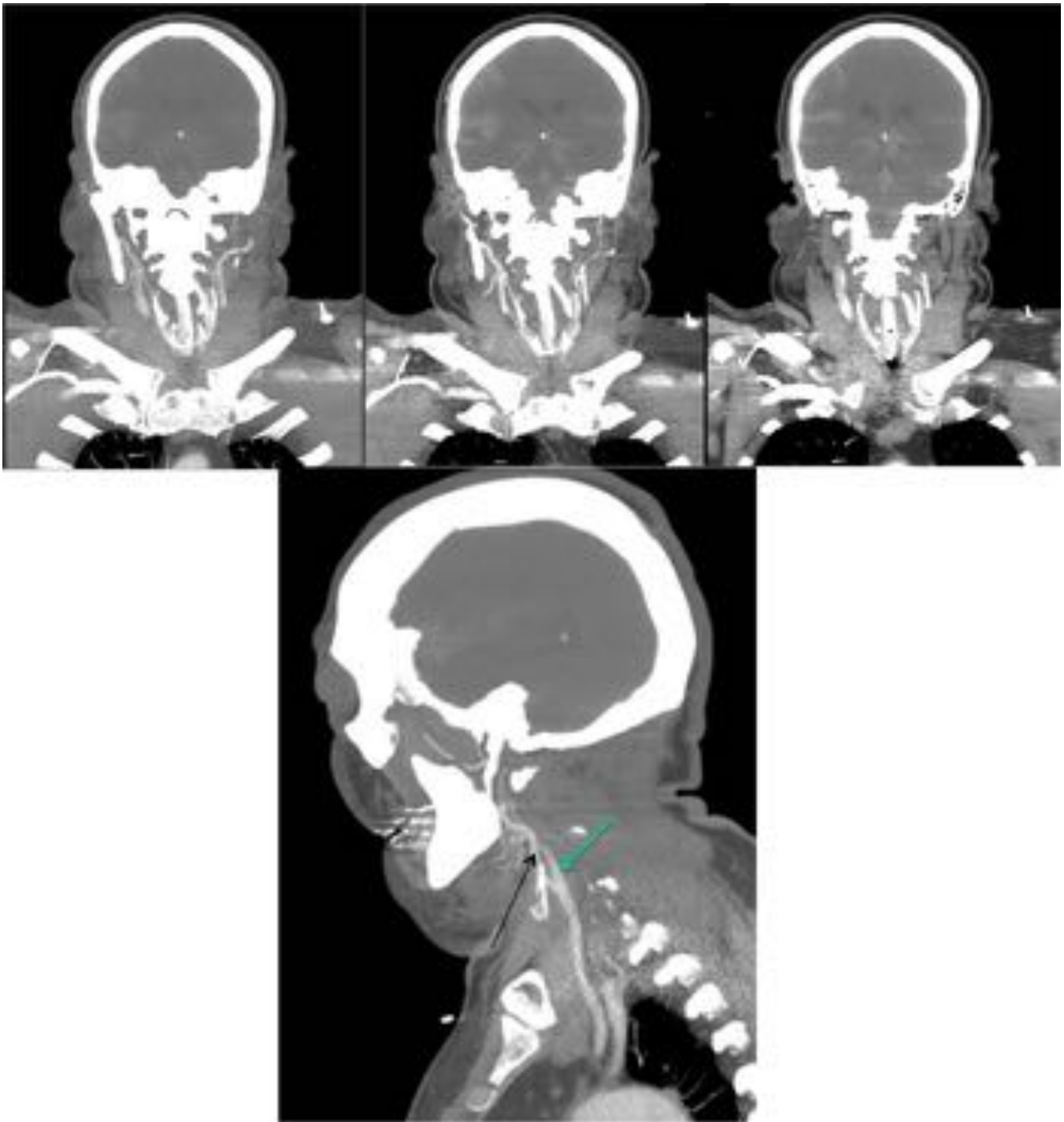
**Fig. 11:** TC craneal con contraste intravenoso del mismo paciente de las figuras 9 y 10. Nivel cervical. Imagen izquierda: Leve opacificación de contraste de venas yugulares, arterias carótidas internas y externas. Imágenes del centro y de la derecha: Opacificación de arterias carótidas externas y ausencia de opacificación de arterias carótidas internas.



**Fig. 12:** TC con civ del mismo paciente de las fig.9,10 y 11, territorio craneal de arteria carótida interna. Ausencia de opacificación de segmento petroso(imagen izquierda), segmento cavernoso(imagen del centro), y segmento terminal(imagen derecha) de arterias carótidas internas. Se visualizan restos hemáticos en cisternas de la base. Correcta opacificación de arterias temporales superficiales y ramas de arteria carótida externa, que indica la correcta inyección de contraste (flechas).



**Fig. 13:** TC craneal con contraste intravenoso del mismo paciente de las fig.9,10,11 y 12. Se visualiza ausencia de contraste en toda la circulación arterial intracraneal, HSA en surcos cerebrales y cisternas de la base. La opacificación de las arterias temporales superficiales indica la correcta inyección de contraste intravenosos.



**Fig. 14:** MPR coronal(superior) y sagital(inferior). Mismo paciente de fig.9, 10, 11, 12 y 13. Opacificación de carótidas comunes hasta su bifurcación sin opacificación de carótidas internas en segmentos cervical y petroso(flecha verde) ni de ningún vaso intracraneal, con correcta repleción de las carótidas externas(flecha negra) y sus ramas. Tampoco hay opacificación de arterias vertebrales. Estos hallazgos, según el sistema de puntuación SCORE 4 vasos, son compatibles con muerte encefálica.

## Conclusiones

La AngioTC es una prueba válida para el análisis del flujo sanguíneo cerebral en la muerte encefálica. Pese a que no es la prueba de elección, debemos considerarla como alternativa de segunda línea y conocer los hallazgos de imagen sugestivos de muerte encefálica. El protocolo de estudio consiste en un TC craneal sin contraste desde C1-C2 hasta el vértex, seguido de un angioTC con fase arterial precoz y venosa tardía. Tenemos que valorar la opacificación de los vasos sanguíneos intracerebrales. Como radiólogos del país líder en donación y trasplantes, debemos estar familiarizados con los hallazgos de imagen de la muerte encefálica, conocer los sistemas de puntuación actuales y así contribuir con nuestros medios, la imagen, en esta interconectada red de profesionales sanitarios que permiten la realización de trasplantes. Conocer los hallazgos de imagen en la muerte encefálica también es importante desde el punto de vista médico-legal, por las implicaciones de la radiología en la certificación de la muerte encefálica. Es nuestra responsabilidad como médicos intentar contribuir de la forma menos invasiva, rápida y segura posible a través de la imagen a la certificación de la muerte encefálica.

## Bibliografía / Referencias

- RD 2070/1999, de 30 de diciembre, por el que se regulan las actividades de donación y utilización clínica de órganos humanos y la coordinación territorial en materia de donación y trasplante de tejidos. B.O.E. núm. 3, de 4 de enero 2000. p. 179-190.
- ONT (Organización Nacional de Trasplantes). Disponible en: [ont.es](http://ont.es)
- Escudero D. Diagnóstico de muerte encefálica. Med Intensiva. 2009; 33(4): 185-95.
- Van der Lugt A. Imaging tests in determination of brain death. Neuroradiology. 2010; 52: 945-947.
- Dupas B, Gayet-Delacroix M, Villers D, Antonioli D, Veccherini MF, Soullou JP. Diagnosis of brain death using two-phase spiral CT. AJNR Am J Neuroradiol. 1998; 19:641-647.
- Leclerc X, Taschner CA, Vidal A, Strecker G, Savage J, Gauvrit JY et al. The role of spiral CT for the assessment of the intracranial circulation in suspected brain death. J Neuroradiol. 2006; 33:90-95.
- Frampas E, Videcoq M, de Kerviler E, Ricolfi F, Kuoch V, Mourey F, et al. CT Angiography for Brain Death Diagnosis. AJNR. 2009; 30: 1566-1570.
- Braun M, Ducrocq X, Huot JC, Audibert G, Anxionnat RA, Picard L. Intravenous angiography in brain death: report of 140 patients. Neuroradiology. 1997; 39: 400-405.