

## Diagnóstico de muerte cerebral. Énfasis en la AngioTC.

**Tipo:** Presentación Electrónica Educativa

**Autores:** Cristina Gomez De Las Heras, María Fátima Ramos Solís, Rosa Lepe Vazquez, Patricia Marmol Vazquez, Victoria De La Lara Bendahan

### Objetivos Docentes

- Revisar el diagnóstico clínico e instrumental de la muerte cerebral o encefálica (ME).
- Resaltar el papel de la AngioTC en el diagnóstico de ME, protocolo de imagen, interpretación, recomendaciones y limitaciones.
- Retos futuros de la AngioTC.

### Revisión del tema

En el diagnóstico de ME debe de hacerse siempre una exploración clínica. En determinadas ocasiones será necesario además realizar pruebas instrumentales, ya sean midiendo la actividad eléctrica cerebral o demostrando la ausencia de flujo cerebral.

Antes de iniciar la exploración clínica neurológica debe comprobarse:

1. Estabilidad hemodinámica.
2. Oxigenación y ventilación adecuadas.
3. Tª corporal superior a 32°.
4. Ausencia de alteraciones metabólicas, sustancias o fármacos depresores del SNC.
5. Ausencia de bloqueantes neuromusculares.

Los tres hallazgos fundamentales de la exploración clínica neurológica son:

1. **Coma arreactivo.**
  - El paciente debe presentar hipotonía muscular generalizada, coma profundo y arreactivo con nivel 3 en la Escala de Coma de Glasgow. La estimulación algésica se realiza en el territorio de los nervios craneales (trigémino), provocando dolor intenso a nivel supraorbitario, del labio superior o en la articulación temporomandibular. No puede haber ningún tipo de respuesta motriz o vegetativa, como tampoco respuestas o actitudes motrices en descerebración ni descorticación.
2. **Test de atropina y test de apnea.**

- Test de atropina: Explora farmacológicamente la actividad del nervio vago y de sus núcleos troncoencefálicos. Se administran 0,04 mg/kg de sulfato de atropina intravenosa y se comprueba la frecuencia cardíaca antes y después de la inyección. La frecuencia cardíaca no debe superar el 10% de la frecuencia cardíaca basal. No se debe administrar la atropina por la misma vía venosa por la que se están infundiendo catecolaminas, ya que ello puede producir taquicardia e interferir con el resultado. El test de atropina debe realizarse después de la valoración del tamaño pupilar, ya que la atropina puede producir midriasis.
- Test de apnea: Cronológicamente, debe ser realizado al final de toda la exploración. Previamente se realiza una hiperoxigenación y se modifican los parámetros del respirador para conseguir una normoventilación. Se debe extraer una gasometría arterial para documentar la PaCO<sub>2</sub> y desconectar al paciente del respirador, introduciendo una cánula hasta la tráquea con oxígeno a 6 l/min para conseguir una oxigenación adecuada y evitar hipoxia que pueda causar asistolia. Se observará detenidamente el tórax y el abdomen comprobando que no haya ningún tipo de movimiento respiratorio. Cada minuto de desconexión, la PaCO<sub>2</sub> se eleva 2-3 mmHg. El objetivo es demostrar que el paciente no respira cuando el centro respiratorio está máximamente estimulado por hipercapnia y acidosis. Al finalizar el test de apnea se practica una gasometría arterial para constatar que la PaCO<sub>2</sub> es > 60 mmHg.

### 3. Ausencia de reflejos troncoencefálicos.

- Reflejo fotomotor. En ME las pupilas pueden ser redondas, ovales o discóricas y de tamaño medio o midriáticas, desde 4 a 9 mm, pero siempre son arreactivas a la luz. Tampoco debe haber respuesta consensual. Vía aferente, nervio óptico. Vía eferente, nervio motor ocular común. Nivel anatómico explorado: mesencéfalo.
- Reflejo corneal. Al estimular la córnea con una gasa no se observa contracción palpebral, enrojecimiento o lagrimeo. Vía aferente, nervio trigémino. Vía eferente, nervio facial. Nivel anatómico: protuberancia.
- Reflejo oculocefálico. Manteniendo abiertos los ojos del paciente, se realizan giros rápidos de la cabeza en sentido horizontal. En ME no se observa ningún tipo de movimiento ocular. Vía aferente, nervio auditivo. Vía eferente, nervio motor ocular común y motor ocular externo. Nivel anatómico: unión bulboprotuberancial.
- Reflejo oculovestibular. Con la cabeza a 30º, se inyectan en el conducto auditivo externo 50 ml de suero frío, manteniendo abiertos los ojos del paciente durante 1 min y observando en condiciones normales un nistagmo de componente lento hacia el oído irrigado y componente rápido que se aleja del conducto irrigado. El nistagmo es regular y rítmico y permanece menos de 2-3 min. En ME no se produce ningún tipo de movimiento ocular. Vía aferente, nervio auditivo. Vía eferente, nervio motor ocular común y nervio motor ocular externo. Nivel anatómico, unión bulboprotuberancial.
- Reflejo nauseoso. Estimulando el velo del paladar blando, la úvula y la orofaringe, no se observa respuesta nauseosa. Vía aferente, nervio glossofaríngeo. Vía eferente, nervio vago. Nivel anatómico: bulbo.
- Reflejo tusígeno. Se introduce una sonda a través del tubo endotraqueal, provocando estimulación de la tráquea. Con el fin de evitar la despresurización de la vía aérea, las aspiraciones endobronquiales deben realizarse siempre a través del diafragma del tapón del tubo traqueal. En ME no hay respuesta tusígena. Vía aferente, nervio glossofaríngeo y nervio vago. Vía eferente, nervio vago. Nivel anatómico: bulbo.
- En lactantes y neonatos la exploración neurológica es más difícil de obtener debido a la propia inmadurez cerebral, por lo que se recomienda repetirla insistentemente y explorar también otros reflejos propios de la edad como el de succión y búsqueda.

Dentro de las pruebas instrumentales, las hay que miden:

- LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL.

- EEG

- Potenciales evocados.

Ventajas:

Sencillo, fácil interpretación.

Más estandarizado.

No invasivo, a pie de cama, gran disponibilidad.

Desventajas:

Se afecta por barbitúricos, sedantes y trastornos metabólicos.

Puede dar falsos positivos (electrodos mal puestos) y negativos (ruido eléctrico xej. Aparatos de la UCI, manta eléctrica)

Debe ser realizado por un técnico o neurofisiólogo con experiencia.

- EL FLUJO SANGUÍNEO INTRACRANEAL:

- Arteriografía cerebral 4 vasos.

- Angiografía cerebral por sustracción digital.

- Angiogramografía cerebral con <sup>99</sup>Tc-HMPAO.

Ventajas:

No se altera por fármacos depresores del SNC.

No falsos positivos.

Desventajas:

Necesita traslado a Radiología.

Falta de disponibilidad.

Requiere más de 30 minutos.

- Doppler transcraneal.

Ventajas

No invasiva, a pie de cama, no necesario traslado del paciente.

No influido por fármacos depresores del SNC.

Gran especificidad.

Desventajas:

Necesita operador dependiente y experto.

Mala ventana sónica en 10% pacientes.

Falsos -: pacientes con drenaje ventricular, craneotomías descompresivas.

- Angio TC.

Ventajas:

Gran disponibilidad.

Más barata, menos invasiva, más rápida que Arteriografía.

No se altera por fármacos depresores del SNC.

No falsos positivos.

Desventajas:

Necesita traslado a radiología.

Falsos negativos: encefalopatía anóxica, TCE con estallido bóveda, cirugía descompresiva.

Falta de homogenización del estudio: protocolos, criterios de cese de flujo cerebral.

Dentro de las pruebas de imagen para la valoración del flujo cerebral. la arteriografía es el gold standard.

La AngioTC es una alternativa cada vez más emergente, ya que es una prueba más disponible, más barata, más rápida y menos invasiva que la arteriografía.

Existe una falta de estandarización entre los protocolos usados en la adquisición de la AngioTC así como en los criterios de evaluación.

En nuestro servicio el protocolo de estudio para la realización de una AngioTC para la valoración del cese del flujo sanguíneo intracraneal sería:

EQUIPO:

- General Electric de 16 detectores.

TÉCNICA ANGIOGRAFÍA CEREBRAL:

- Angio-TCMC de Troncos supraaórticos y arterias cerebrales.
- Adquisición de imágenes mediante cortes de 0.625 mm desde el cayado aórtico hasta el vértex craneal.
- 120 Kv; 325mA.
- Inyección de 100 cc de contraste Iodado (300mgr/ml) a 3.5cc/sg.
- Protocolo de Smart Prep, con ROI en cayado aórtico.
- Posteriormente se realizan métodos de postprocesado (MIP, MPR, VR) para facilitar su correcta valoración.
- Se podría hacer una segunda fase venosa para evaluar retorno venoso: Las venas cerebrales internas: son las únicas que llevan sangre del retorno venoso cerebral, por lo que su ausencia de relleno indicaría ausencia de flujo intracerebral.

Presentamos 3 casos diagnosticados en nuestro centro de ME mediante exploración clínica. Se les realizó AngioTC cerebral posteriormente.

- En todos los casos se apreció una ausencia completa del flujo arterial intracraneal.
- El stop del flujo se produjo en la arteria carótida interna en su segmento intrapetroso y a nivel de arterias vertebrales intracraneales y arteria basilar.
- Relleno normal de la arteria carótida externa y de sus ramas, lo que indica una calidad óptima del estudio para el diagnóstico.

Se han realizado varias escalas para valorar la circulación intracraneal ([figura 1](#)), las más aceptadas son:

DUPAS, valora 7 items:

1. Ramas corticales de ACM derecha.
2. Ramas corticales de ACM izda.
3. Arteria pericallosa derecha.
4. Arteria pericallosa izda.
5. Vena cerebral interna derecha.
6. Vena cerebral interna izda.
7. Vena cerebral magna o de Galeno.

FRAMPES, valora 4 items:

1. Ramas corticales de ACM derecha.
2. Ramas corticales de ACM izda.
3. Vena cerebral interna derecha.

#### 4. Vena cerebral interna izda.

CASO 1: [figura 2](#), [figura 3](#), [figura 4](#) y [figura 5](#).

CASO 2: [figura 6](#), [figura 7](#) y [figura 8](#).

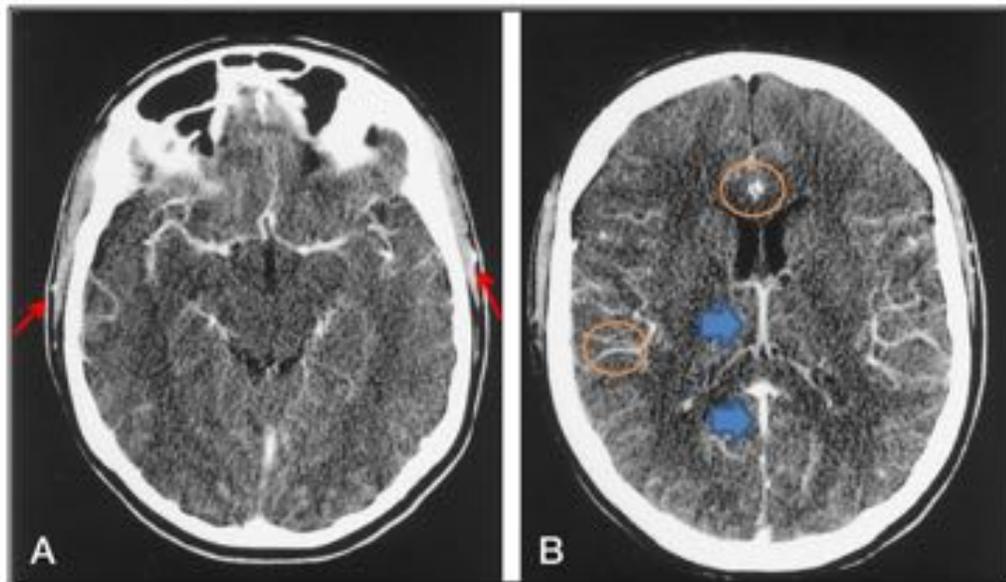
CASO 3: [figura 9](#), [figura 10](#) y [figura 11](#).

Con la AngioTC se abren nuevas expectativas, ya que es posible realizar un estudio de TC de tórax y abdomen posterior a la AngioTC aprovechando que tenemos al paciente en el servicio de Radiología y así poder realizar una valoración de los posibles órganos a donar (despistaje de neoplasias, tamaño..).

Por lo tanto será necesario realizar pruebas instrumentales:

- Para acortar el tiempo de observación.
- Cuando la exploración clínica no fiable (xej: Test de apnea interrumpido por hipotensión o hipoxemia progresiva).
- Cuando existan circunstancias que pueden confundir la exploración clínica e incluso las pruebas instrumentales que miden la actividad eléctrica realizaremos una prueba que mida el flujo sanguíneo. (xej: abuso de drogas, fármacos depresores del SNC)
- En pacientes pediátricos:
  - Exploración clínica neurológica difícil.
  - La inmadurez de su SNC les confiere más resistencia a ciertas formas de agresión.

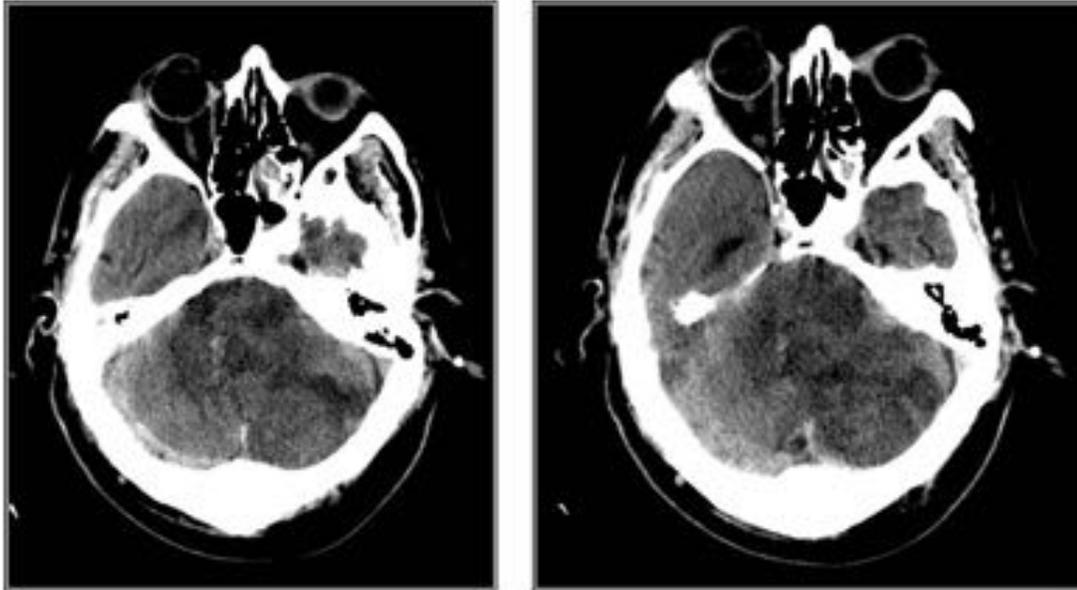
**Imágenes en esta sección:**



- Arterias temporales superficiales (depende de ACE): estudio de calidad optima. 
- Arterias pericallosas y ramas corticales de ACM. 
- Venas cerebrales internas y vena cerebral magna. 

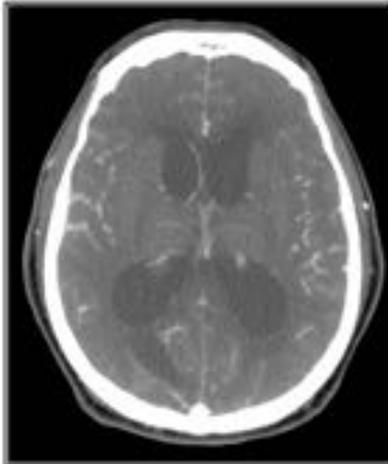
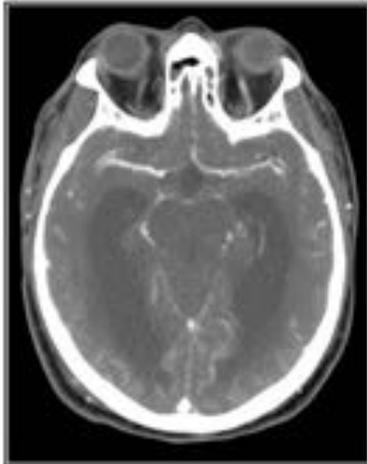
**Fig. 1:** VALORACION DE FLUJO INTRACRANEAL

## Casos 1

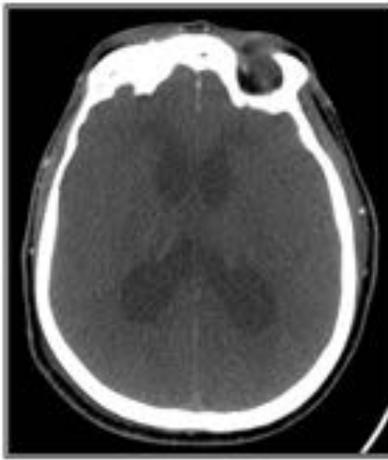


- TC basal: Infarto cerebeloso hemisférico izdo con hemorragia subaracnoidea asociada.

**Fig. 2:** Caso 1. TC basal

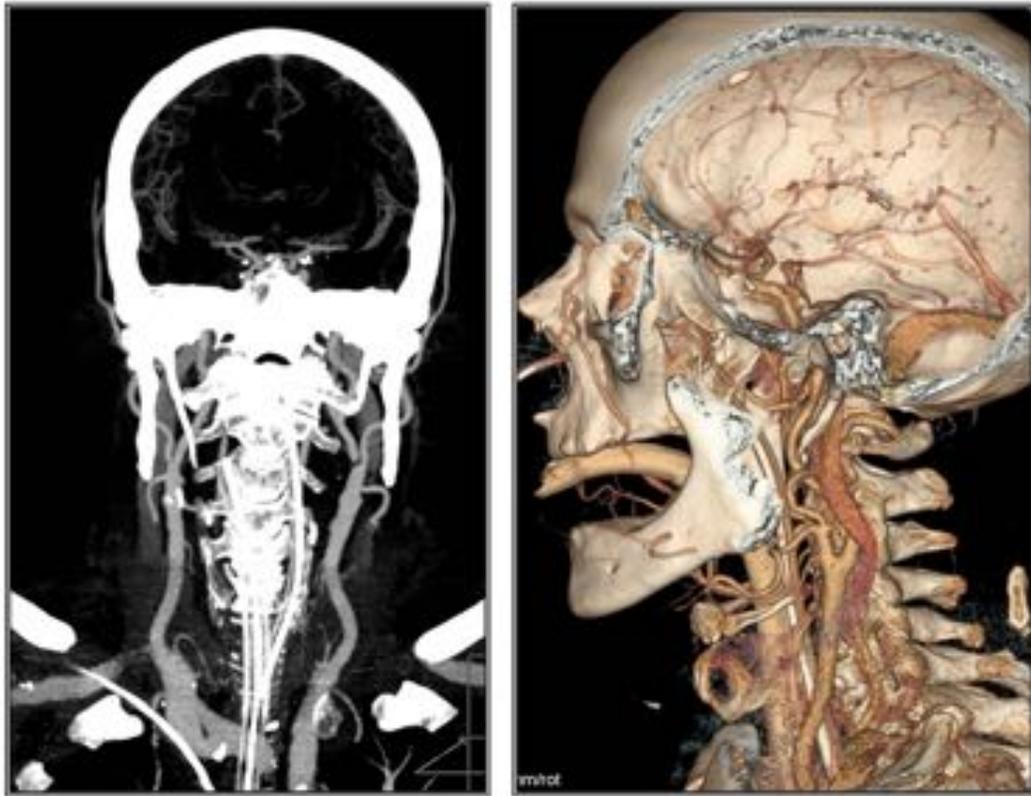


- Primer AngioTC: persiste flujo sanguíneo cerebral.
  - Realizado precozmente



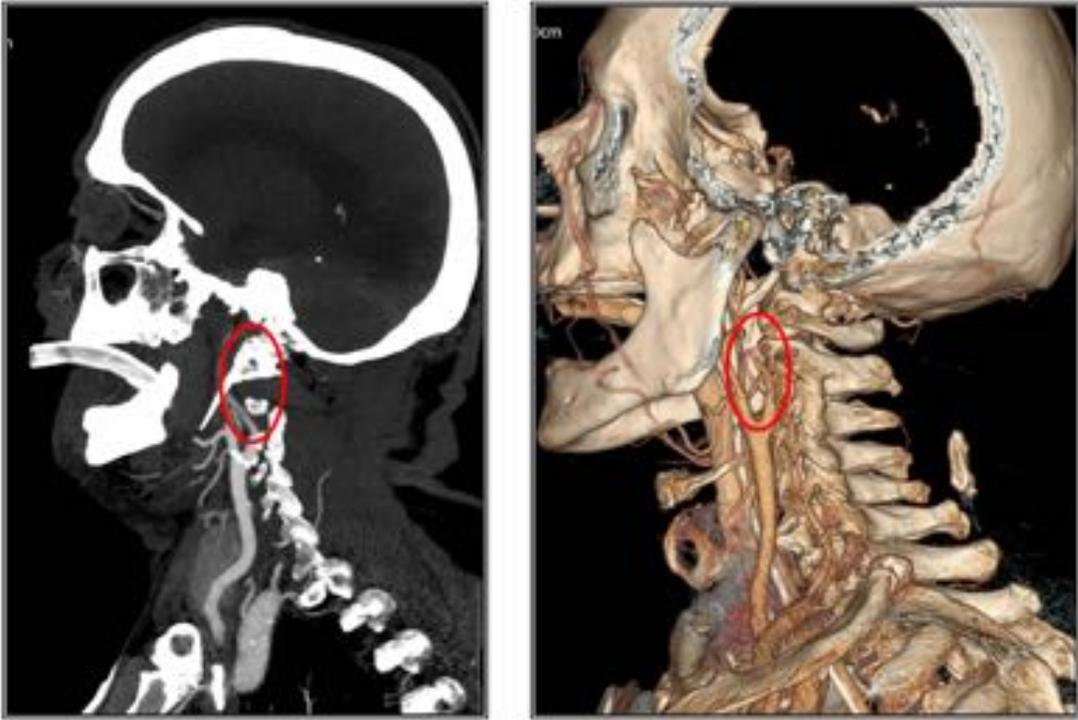
- Segundo AngioTC: No flujo sanguíneo cerebral.
  - Ramas corticales ACM.
  - A. pericallosas.
  - Venas cerebrales I.
  - Vena cerebral magna.

**Fig. 3:** Caso 1. primer y segundo AngioTC



• Primer angioTC: persiste flujo sanguíneo cerebral.

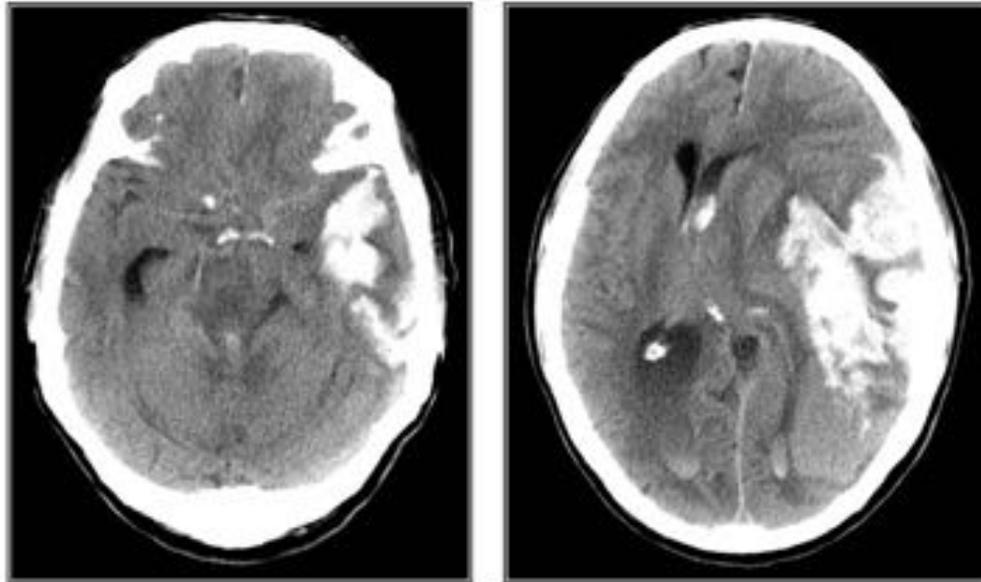
**Fig. 4:** Caso 1. primer AngioTC reconstrucciones



- Segundo AngioTC: No flujo sanguíneo cerebral. Afilamiento de ACI.

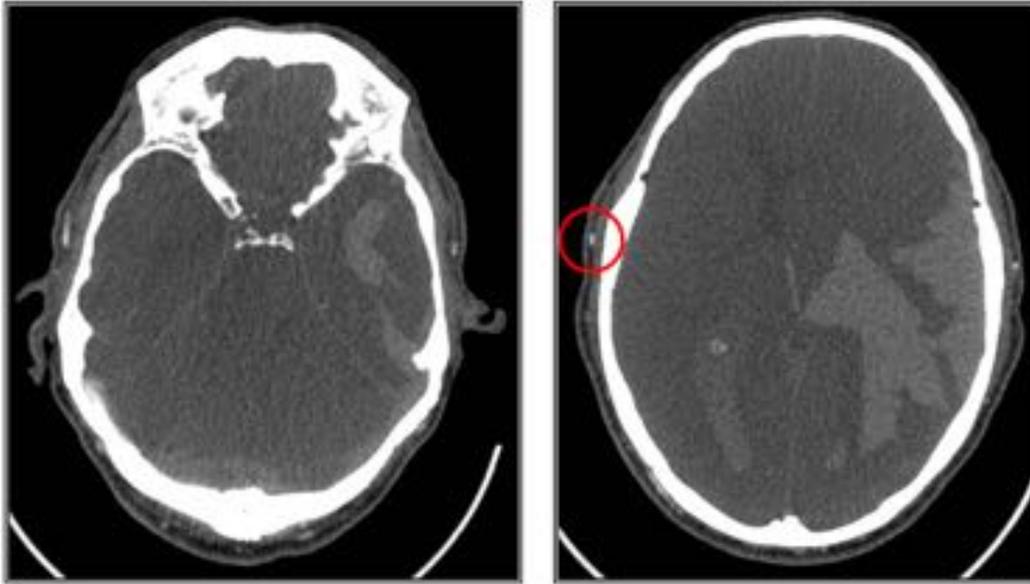
**Fig. 5:** Caso 1. segundo AngioTC reconstrucciones

## Caso 2



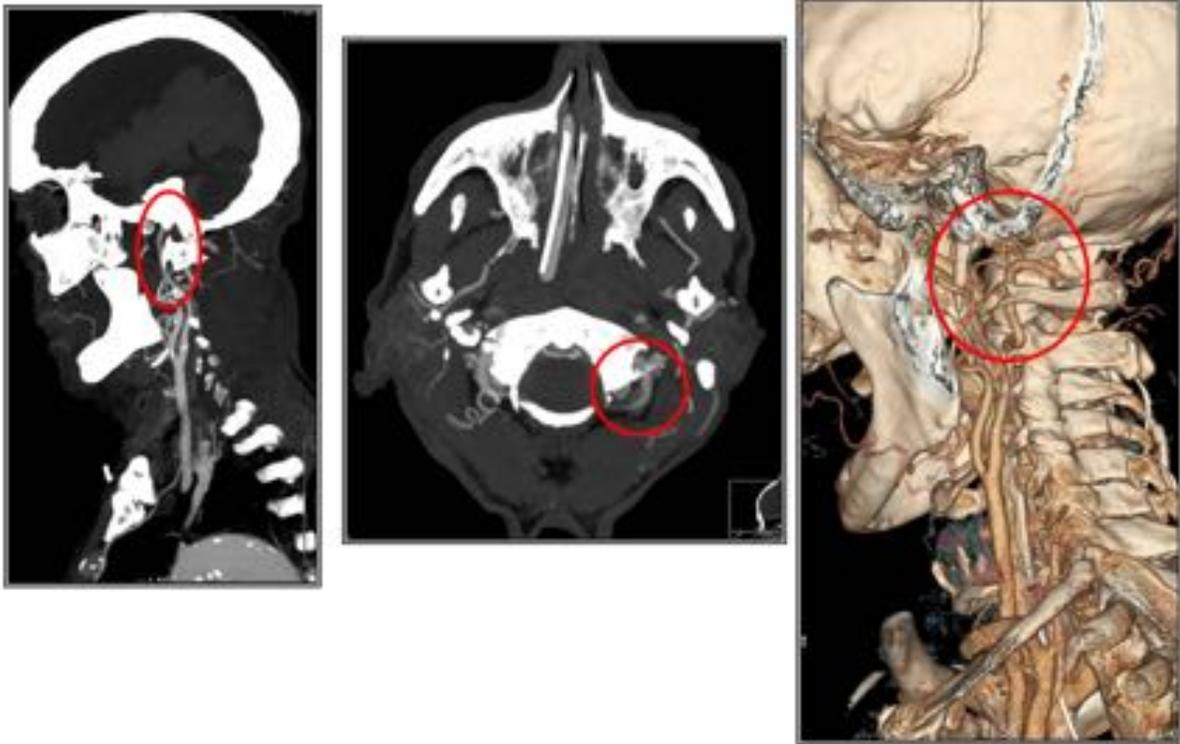
- TC basal: Gran hematoma intraparenquimatoso parietal izdo con hemorragia intraventricular y herniación subfacial.

**Fig. 6:** Caso 2. TC basal



- AngioTC: Cese del flujo cerebral con relleno de arterias temporales superficiales.

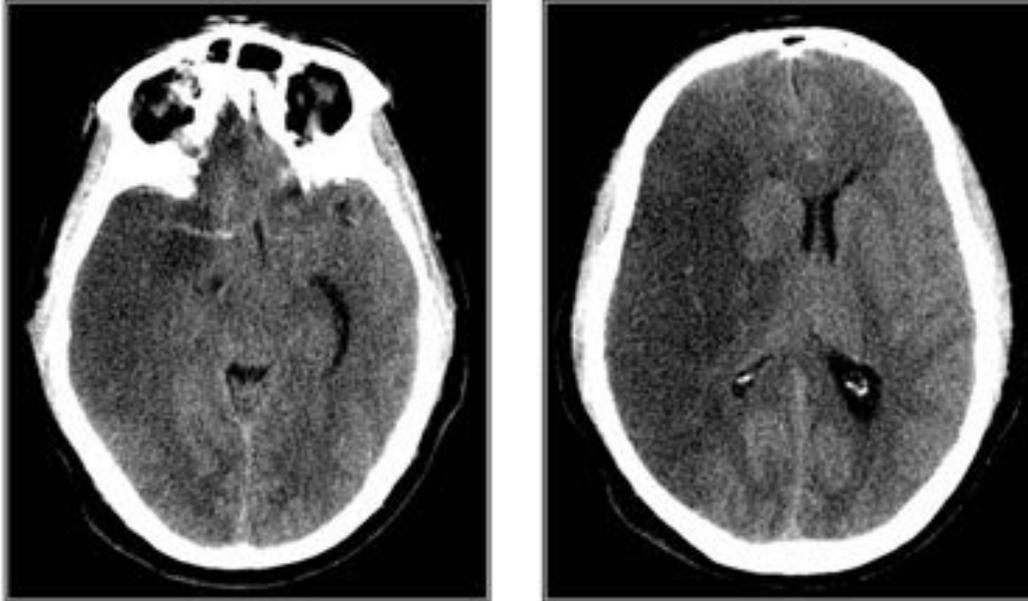
**Fig. 7:** Caso 2. AngioTC



- AngioTC: Afilamiento de ACI y arteria vertebral izda.

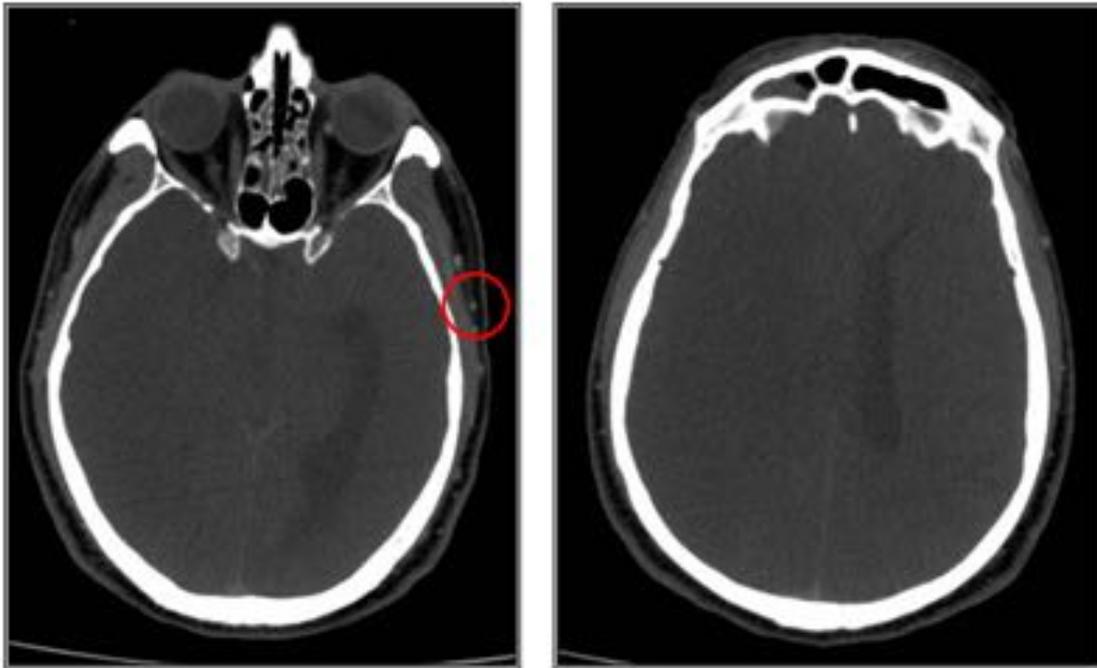
**Fig. 8:** Caso 2. AngioTC reconstrucciones

## Caso 3



- TC basal: infarto hemisférico maligno tributario ACM derecha, con herniación subfacial.

**Fig. 9:** Caso 3. TC basal



- AngioTC: Cese del flujo cerebral con relleno de arterias temporales superficiales.

**Fig. 10:** Caso 3. AngioTC



- AngioTC: Afilamiento de ACI y arteria vertebral izda.

**Fig. 11:** Caso 3. AngioTC reconstrucciones

## Conclusiones

- Las pruebas complementarias son necesarias cuando los criterios clínicos no pueden ser aplicados (Abuso de drogas, exploración clínica no fiable, pacientes pediátricos).
- La AngioTC es una prueba accesible y cada vez más usada para el diagnóstico instrumental de ME.
- Todavía es necesario la estandarización de los protocolos de adquisición e interpretación.

## Bibliografía / Referencias

- Escudero Dolores. Diagnóstico de muerte encefálica. Med. Intensiva [revista en la Internet]. 2009 Mayo; 33(4): 185-195.
- E. Frampas, M. Videcoq, E. de Kerviler, et al. CT Angiography for Brain Death Diagnosis. AJNR

Am J Neuroradiol 30:1566 -70 Sep 2009.

- Alexander Riekea, Bruno Reglib, Heinrich P. Mattlec, et al. Computed tomography angiography (CTA) to prove circulatory arrest for the diagnosis of brain death in the context of organ transplantation. Swiss Med Wkly. 2011;141: w13261.
- Dolores Escudero, Jesus Otero, Lara Marqués, et al. Diagnosing Brain Death by CT Perfusion and Multislice CT Angiography. Neurocrit Care (2009) 11:261-271.
- Aad van der Lugt. Imaging tests in determination of brain death. Neuroradiology (2010) 52:945-947.
- Greer DM, Varelas PN, Haque S, Wijdicks EFM. Variability of brain death determination guidelines in leading US neurologic institutions. Neurology 2008;70: 284-289.