



## **MUERTE ENCEFALICA: CRITERIOS DIAGNOSTICOS CLINICOS.**

### **PRUEBAS DIAGNOSTICAS INSTRUMENTALES.**

Ramil Fraga C, Quiroga Ordóñez E. Unidad de Cuidados Intensivos  
Pediátricos, Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (CHUAC).

## **INTRODUCCION**

Hasta la segunda mitad del siglo veinte el diagnóstico de muerte se basaba en el cese irreversible de las funciones cardiorrespiratorias. La muerte por criterios neurológicos es una realidad histórica reciente y es la consecuencia de los avances tecnológicos en el campo biomédico fundamentalmente en la asistencia cardiopulmonar. Los pacientes con lesiones cerebrales severas que presentaban datos clínicos de inactividad encefálica se mantenían en las Unidades de Cuidados Intensivos ( UCI) con soporte farmacológico e instrumental. Todo ello llevó a plantear problemas nuevos como la futilidad del tratamiento, el encarnizamiento terapéutico, el uso adecuado de la tecnología, y a redefinir los criterios clásicos de muerte. En 1968 un Comité *ad hoc de la Universidad* de Harvard propone una nueva definición de muerte y por tanto del final de la vida basándose en el criterio de pérdida irreversible de la actividad encefálica. Por otro lado la muerte por criterios neurológicos permite preservar durante un tiempo la funcionalidad del resto del organismo, y ello posibilita la utilización de órganos de las personas fallecidas en muerte encefálica (ME) para el trasplante. Actualmente la ME está reconocida por la comunidad científica y aceptada por las legislaciones de diferentes países.



## **CONCEPTO**

La ME se define como el cese irreversible de las funciones de todas las estructuras neurológicas intracraneales, tanto de los hemisferios cerebrales como del tronco cerebral.

## **DIAGNOSTICO CLINICO DE MUERTE ENCEFALICA**

La historia clínica y la exploración neurológica sistemática, precisa y rigurosa, realizada por médicos con experiencia en pacientes neurocríticos está considerada el pilar y el estándar para el diagnóstico de ME los criterios de diagnóstico clínico de ME son los mismos en adultos y en niños. Los niños menores de 1 año tienen unas consideraciones especiales al no haber un estándar consensuado por toda la comunidad científica y las legislaciones de diferentes países (Tabla 1).

**a) Prerrequisitos Clínicos:** Existen una condiciones previas a la realización del proceso de diagnóstico de ME relacionadas con la historia clínica, las pruebas diagnósticas realizadas al paciente y las condiciones clínicas y de tratamiento que pueden alterar los hallazgos de la exploración. Dentro de estos requisitos se encuentran:

- 1.-La historia clínica deberá poner de manifiesto la causa del coma.
- 2.-Adecuada oxigenación y ventilación del paciente
- 3.-Estabilidad hemodinámica: En las situaciones de shock con hipotensión severa el flujo sanguíneo cerebral puede estar muy disminuido, por



ello es imprescindible que el paciente no presente depleción de volumen ni hipotensión significativa.

4.-Ausencia de hipotermia: La homeostasis térmica depende del hipotálamo anterior. En situaciones de ME puede perderse la función de termorregulación y se produce hipotermia espontánea y progresiva. El flujo sanguíneo cerebral disminuye un 6% por cada grado que desciende la temperatura corporal ( $T^{\circ}C$ ). Ningún paciente hipotérmico debe ser considerado como muerto hasta que se haya recalentado. Aunque se acepta como válida una  $T^{\circ}$  superior a  $32^{\circ}C$  es aconsejable mantenerla por encima de  $35^{\circ}C$ .

Descartar alteraciones metabólicas severas: Pueden producir depresión importante del nivel de conciencia y alterar la exploración neurológica, entre ellas destacar el coma hipoglucémico, hipofosfatemia grave, encefalopatía hepática y coma hipotiroideo.

6.-Descartar el efecto de drogas y/o fármacos que puedan alterar los hallazgos de la exploración. Los pacientes en ME suelen estar en la UCIP con fármacos sedantes, hipnóticos y relajantes musculares que pueden alterar los hallazgos exploratorios. Es necesario retirarlos y esperar el tiempo necesario para su eliminación teniendo en cuenta los factores que interfieren con su farmacocinética. Si el paciente ha tomado un fármaco o tóxico que no puede ser detectado, debe mantenerse en observación al menos 4 veces el tiempo de la vida media de su eliminación en sangre teniendo en cuenta que puede haber interferencias por el uso de otras drogas, por disfunción de algún órgano o la propia hipotermia.



7.- Otros: Síndrome de enclaustramiento. Síndrome de Guillain Barré con afectación de nervios craneales y periféricos

**b) Criterios Clínicos:**

- 1) Coma de etiología conocida y de carácter irreversible.
- 2) Ausencia de reflejos troncoencefálicos.
- 3) Período de observación

**1) COMA:** Es imprescindible establecer la causalidad e irreversibilidad del coma, para descartar factores que puedan simular una situación de M.E. por factores que alteran la valoración clínica y la exploración. El grado de profundidad del coma se valora por la ausencia de actividad espontánea y de respuesta motora a los estímulos dolorosos estandarizados integrados a nivel cortical: La estimulación se realiza a nivel de la región supraorbitaria, la articulación témporo-mandibular, o el labio superior, que exploran el nivel sensitivo del trigémino, y en el lecho ungueal del dedo. Los pacientes tienen que encontrarse en coma profundo (escala de Glasgow, escala de Glasgow modificada para lactantes, y escala de coma para recién nacidos ). Tienen que tener hipotonía muscular generalizada, no presentar movimientos de decorticación o de descerebración y ausencia de respuesta vegetativa. La única actividad motora que pueden presentar es la de origen espinal. La ME conlleva la desconexión de la médula con las estructura neurológicas intracraneales. Tras la ME pueden evidenciarse movimientos de base refleja o



automatismos medulares, que se ponen de manifiesto al desaparecer las influencias encefálicas. Pueden ser espontáneos o provocados como los reflejos cremastérico, cutáneo abdominales, plantar flexor, reflejo de retirada y reflejos tónico-cervicales, reflejo cérico flexor del brazo, cérico flexor de la cadera y cérico abdominal. Dentro de la actividad espontánea puede detectarse mioclonías espinales y actividades tónicas en miembros superiores como el “Signo de Lázaro” que aparecen con el test de apnea o tras retirada de soporte y que reflejan isquemia medular aguda. También son frecuentes los movimientos ondulantes de los pies tipo abanico y el priapismo. Existen también respuestas hemodinámicas con aumentos de la frecuencia cardiaca (FC) y la presión arterial (TA) que se producen con la flexión del cuello que están mediados por el simpático y desaparecen con bloqueantes ganglionares.

**2) REFLEJOS TRONCOENCEFALICOS:** Se deben explorar de forma bilateral en sentido rostro caudal y constatar la ausencia de todos ellos.

a.-Reflejo fotomotor: Explora a nivel del mesencéfalo los pares craneales II y III. El reflejo se estudia con una luz potente. No puede haber reactividad pupilar ni reflejo consensual. En situaciones de ME las pupilas pueden ser redondas, ovals o dismórficas, de tamaño medio o midriáticas. Debe descartarse el efecto de anticolinérgicos como la tropicamida y la atropina iv. También se han visto dilatación pupilar con midriasis arreactiva por uso de dosis altas de fármacos vasoactivos como la adrenalina y la dopamina. Un problema frecuente para explorar este reflejo son los traumatismos faciales o de base de cráneo que impiden una adecuada exploración de ambos ojos.



b.-Reflejo corneal: El nivel explorado es la protuberancia y se valora la actividad de los nervios V y VII par. Se realiza con una gasa o torunda de algodón una estimulación de la córnea y no puede presentarse ningún movimiento de parpadeo ni lagrimeo como respuesta. El reflejo corneal se puede alterar con los relajantes musculares y si existe un edema corneal significativo.

c.-Reflejo oculocefálico: Exploran a nivel del bulbo protuberancial el VIII par y el III y VI pares. Llamado también ojos de muñeca. Se realiza manteniendo abiertos ambos ojos a la vez, realizándose giros rápidos de la cabeza en sentido horizontal. En condiciones normales los ojos se desvían al lado contrario del movimiento y vuelven luego a su posición de reposo. En ME la mirada permanece centrada y fija y no se evidencia ningún movimiento ocular.

d.-Reflejo oculovestibular: Explora a nivel bulbo protuberancial el VIII par y el III y el VI pares. Se realiza elevando la cabeza 30° para que el conducto semicircular lateral se encuentre vertical y la estimulación sea máxima. No puede realizarse si hay tapones de cerumen y/o perforación timpánica. Se inyectan en el conducto auditivo externo 30-50 ml de salino a 0°C, manteniendo abiertos los ojos durante 1 minuto. La respuesta normal es un nistagmus lento hacia la zona irrigada, y un componente rápido alejado del conducto irrigado. Suele dura 2-3 minutos. Entre un oído y otro es conveniente esperar 5 minutos para que se establezca el sistema oculovestibular. En ME no hay nistagmus.



e.-Reflejo nauseoso: Explora a nivel bulbar el X par. Se realiza estimulación del paladar, la úvula y la hipofaringe. No puede haber respuesta nauseosa.

f.-Reflejo tusígeno: Explora a nivel bulbar el X par. Se introduce a través del tubo endotraqueal una sonda para estimular vigorosamente la tráquea, normalmente esto provoca tos. En ME no hay respuesta.

g.-Test de la atropina: Explora a nivel bulbar la actividad del X par y de sus núcleos troncoencefálicos. Se administran 0'04 mgr/Kgr de atropina iv comprobándose la respuesta en FC. Tras su administración la FC no puede superar en 10% de la basal. Es importante no inyectar por una vía que lleve aminas. Puede aumentar la presión intracraneal por eso debe ser una de las últimas pruebas que se realizan.

h.-Test de la apnea: Es el último en realizarse. Se precisa una hiperoxigenación previa del paciente con durante 15 minutos, y tener una presión arterial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>) previa en rango normal alrededor de 40 mmHg para acortar el periodo de tiempo de desconexión del respirador. Se realiza una gasometría arterial para ver PaCO<sub>2</sub> antes de la prueba y calcular el tiempo de desconexión del paciente. Se desconecta del respirador y se conecta una sonda con Oxígeno a 6-8 Litros/minuto para oxigenar por difusión El tiempo necesario de desconexión suele ser de 8-10 minutos. Se observará que no hay ningún movimiento respiratorio, y se controlará la oxigenación por pulsioximetría y monitorización de la TA y la FC. En los adultos la elevación de PaCO<sub>2</sub> es de 2-3 mm Hg de PaCO<sub>2</sub> cada minuto, y en los niños puede ser hasta 5 mm Hg cada minuto por lo que la duración de la prueba suele ser



inferior. Al finalizar el tiempo calculado se realiza una gasometría arterial y la PaCO<sub>2</sub> debe ser mayor de 50-60 mmHg que es el nivel en que se estimula el centro respiratorio. Tiene que haber ausencia de movimientos respiratorios espontáneos. Posteriormente se conecta el respirador con los parámetros previos.

Actualmente se está realizando el test de la apnea modificado conectando al tubo en T una válvula espiratorio para evitar el colapso alveolar. O bien manteniendo al paciente conectado al respirador en modo CPAP, lo que permite además visualizar las curvas de presión, flujo y volumen generados en caso de respiración espontánea.

**3) PERIODO DE OBSERVACION:** Su objetivo es confirmar la irreversibilidad del proceso. La duración de este periodo es variable. En España se considera por ley un intervalo de 6 horas entre dos exploraciones clínicas. Cuando la causa es una encefalopatía anóxico-isquémica se prolongará el intervalo a 24 horas. En niños menores de 1 año no existe un consenso estandarizado, y se recomienda ampliar el periodo de observación que será mayor cuanto menor sea la edad del niño. El tiempo de observación puede acortarse si se realizan pruebas instrumentales que demuestren ausencia de circulación cerebral.

### **PRUEBAS DIAGNOSTICAS INSTRUMENTALES:**

El diagnóstico de ME es clínico. La realización de pruebas instrumentales permiten reducir el periodo de observación y en los casos en que no se puede realizar el diagnóstico clínico completo por las





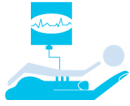
particularidades concretas del paciente se utilizan para o bien objetivar ausencia de actividad eléctrica cerebral y/o ausencia de flujo. Existen dos grandes grupos de pruebas instrumentales: Electrofisiológicas y de Circulación cerebral (Tabla 2).

### **1.- Pruebas Electrofisiológicas:**

**a.-Electroencefalograma:** Estudia la actividad bioeléctrica de la corteza cerebral en la convexidad de los hemisferios cerebrales, pero no la corteza de la base ni la profundidad hemisférica ni el troncoencéfalo. EEG plano no es igual a muerte cerebral. Existen unos criterios estandarizados para su realización, la duración del registro y su interpretación. Es un método sencillo, que se realiza a pie de cama y ha sido el más para el diagnóstico de ME. Tiene como inconveniente que puede interferirse con fármacos depresores del SNC en situaciones de hipotensión e hipotermia.

**b.-Bispectral Index Scale (BIS):** Muy utilizado para controlar el grado de sedación de los pacientes en anestesia y en UCIP. No se considera una prueba instrumental de diagnóstico de ME. Su valor reside en que es una técnica de monitorización ampliamente utilizada en la UCI y da una información continua y en tiempo real. Representa una señal de alarma cuando tiene un valor de 0 y una tasa de supresión (TS) de 100.

**c.-Potenciales evocados (PE):** Registran la respuesta del SNC a un estímulo externo el cual provoca o “evoca” una señal eléctrica cortical de bajo voltaje. Para el diagnóstico de ME se utilizan más frecuentemente los somatosensoriales (PES) estimulando el nervio mediano. Exploran la integridad de la vía periférica, la médula cervical, el tronco cerebral y la corteza



frontoparietal. En situaciones de ME las ondas que se registran son solo las del plexo braquial y las medulares pero no las generadas a nivel intracraneal. No son abolidos por los fármacos depresores del SNC.

**2.- Pruebas de flujo:** La ausencia de flujo sanguíneo cerebral es un criterio de irreversibilidad y diagnóstico de ME.

**a.- Doppler transcraneal (DTC):** Estudia el flujo cerebral. Debe utilizarse una sonda que atraviese con facilidad la masa ósea del cráneo, y para ello se utilizan las zonas o ventanas donde el hueso es más fino: temporal, orbitaria y occipital. A través de la ventana temporal se explora las arterias cerebrales (AC): AC anterior, AC media, AC posterior y Arteria carótida interna (ACI). A través de la ventana orbitaria se explora la arteria oftálmica (AO) y el sifón carotídeo (SC). A través de la ventana occipital se exploran las arterias vertebrales y la arteria basilar. En ME existen varios patrones de sonograma:

Flujo reverberante, flujo bifásico o flujo sistólico invertido: Existe flujo en sístole, y el flujo en diástole es invertido. Indica que la PIC está por encima de la TAS y no hay perfusión cerebral.

Espigas sistólicas: Solo se ven ondas sistólicas cortas y puntiagudas pero no se ve flujo en sístole ni en diástole.

Ausencia de sonograma: No se detecta ninguna señal.

La utilización de DTC tiene la ventaja de que se puede realizar a pie de cama y no es invasivo. Se debe realizar por personal experto, en las dos ventanas temporales y oftálmicas, y en la occipital. Se aconseja realizarlo al menos en



dos ocasiones con un intervalo mínimo de 30 minutos. Es uno de los métodos más usados actualmente en nuestro país como prueba de flujo. Los inconvenientes son que la ventana puede no ser adecuada hasta en un 10% de pacientes. Se han descrito falsos negativos en pacientes con cráneo abierto, craneotomía descompresiva o portadores de drenajes ventriculares.

**b) Arteriografía cerebral:** Ha sido considerada como el patrón oro para demostrar la ausencia de flujo cerebral. Se basa en la inyección de contraste arterial para visualizar la circulación. Existen tres maneras de realizarlas: Arteriografía clásica: canalización selectiva de las dos carótidas y de las dos arterias vertebrales. Arteriografía de los troncos supraaórticos: la aorta ascendente. Angiografía por sustracción digital (ASD). Esta última tiene la ventaja de que es menos invasiva, y el contraste se puede inyectar tanto en vena como en arteria. La ausencia de contraste en las arterias cerebrales es diagnóstico de ME.

**c) Angiografía cerebral con radiofármacos difusibles.**

Habitualmente se utiliza el Tecnecio<sup>99m</sup>-Hexametilpropilenaamina. En ME hay ausencia de captación parenquimatosa tanto a nivel de los hemisferios cerebrales como de la fosa posterior. Es característico el signo del “cráneo hueco”. Tiene una sensibilidad y especificidad del 100% pero es de uso limitado por la falta de disponibilidad en muchos hospitales.

**d) Tomografía Axial Computarizada (TC):** Desde hace unos años se realiza el diagnóstico de ME con angio-TC helicoidal con inyección de contraste en dos fases. Debe existir ausencia de contraste en la arteria basilar, arterias pericallosas y terminales del córtex, venas profundas, senos sagital superior y



recto, y visibilidad realzada de la arteria oftálmica. Este estudio tiene falsos negativos hasta en un 60%. Actualmente se realiza el diagnóstico de ME con angio-TC y estudio de perfusión cerebral mediante el TC multicorte, con ello se obtiene una imagen de alta calidad y permite reconstrucciones tridimensionales del árbol vascular. En situaciones de ME se documenta ausencia completa de la circulación cerebral, con una especificidad del 100%.

### **DIAGNOSTICO DE ME EN SITUACIONES ESPECIALES:**

**Niños menores de 1 año:** El proceso de diagnóstico de ME sigue las mismas pautas que en adultos pero con unas particularidades. La causa del coma en los lactantes muy pequeños no siempre es evidente. El aumento de la presión intracraneal provoca mas lentamente aumento de la PIC, al tener las fontanelas abiertas y una hipotética mayor resistencia a la hipoxia-isquemia. En los prematuros y recién nacidos la exploración clínica puede ser difícil en la valoración de los reflejos troncoencefálicos. Hay que tener en cuenta según la edad gestacional el grado de maduración del sistema nervioso y el momento de aparición de los reflejos de tronco cerebral lo que obliga en la exploración clínica a examinar otros reflejos como el reflejo de succión y el reflejo de búsqueda. En España se considera por ley que en los neonatos pretérmino y hasta los 2 meses de edad se deben realizar dos exploraciones clínicas y dos EEG separados como mínimo 48 horas, pudiendo acortarse el tiempo si se realiza una prueba de flujo que demuestre ausencia de flujo cerebral. Desde los 2 meses a 1 año se deben realizar dos exploraciones clínicas y dos EEG separados al menos 24 horas, pudiendo también acortarse el periodo de



observación si se realiza una prueba de flujo que muestre ausencia de flujo cerebral.

**Anencefalia:** Se caracterizan por ausencia congénita de la mayor parte del cráneo y los hemisferios cerebrales, y suelen tener un tronco cerebral rudimentario parcialmente funcional. Los anencéfalos no cumplen los criterios clínicos actuales de ME.

**Otras:** Lesiones severas del macizo facial en que no puede realizarse por dificultad o imposibilidad el diagnóstico clínico completo. Lesiones infratentoriales en donde los reflejos de tronco están abolidos y no tiene respiración espontánea, pero pueden tener actividad hemisférica y flujo en la arteria cerebral anterior. Se debe siempre realizar pruebas instrumentales que evidencien ausencia de flujo encefálico.

## **ASPECTOS ETICO-LEGALES**

El diagnóstico de ME tiene implicaciones médico-legales, éticas y antropológicas de gran relevancia. Los criterios diagnósticos para determinar la ME son los mismos sean o no donantes de órganos. La hora de la muerte es la del momento en el que se completa el diagnóstico de ME. La certificación la realizará el médico responsable del niño, el forense en el supuesto de que exista parte judicial y si es donante de órganos la ley establece que deberán ser tres médicos no relacionados con el equipo de trasplante. La retirada del soporte farmacológico y/o instrumental una vez realizado el diagnóstico de ME no es una limitación terapéutica, es buena práctica médica y legal y solo se



**SECIP**

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

justifica su mantenimiento con el objetivo de mantener la perfusión de los órganos en los casos en que se autorice la donación para trasplante. Es imprescindible que los médicos, habitualmente del área de críticos (intensivistas, anestesiólogos) tengan formación actualizada en el proceso diagnóstico de ME.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.-Casado Flores J. Muerte encefálica. Criterios diagnósticos. En Casado J, Serrano A (eds): Urgencias y tratamiento del Niño Grave. Síntomas guía, técnicas y procedimientos. Ergón 2ª edición. Madrid 2007:571-7.
- 2.-Escudero D.. Diagnóstico de muerte encefálica. Medicina Intensiva 2009; 33 (4):185-95.
- 3.-Real Decreto 2070/1999, de 30 de diciembre, por el que se regulan las actividades de obtención y utilización clínica de órganos humanos y la coordinación territorial en materia de donación y trasplante de órganos y tejidos. (BOE nº 3) 4 de Enero 2000: 179-90.
- 4.-Robert D.Truog,Grace Christ; David M. Browning, Elaine C. Meyer. Sudent Traumatic Death in Children. JAMA 2006; 295: 2646-54.
- 5.- Saposnik G, Maurino J, Saizar R, Bueri JA. Spontaneus and reflex movements in 107 patients with brain death. Am J Med 2005;118:311-4.
- 6.-Schneider S, Aswhal S. Determinación de la muerte encefálica en lactantes y niños. Neurología Pediátrica. Mosby/Doyma. Barcelona,1996:1011.
- 7.-Shemie SD, Pollack MM, Morioka M, Bonner S. Diagnosis of brain death in children. Lancet Neurol 2007; 6: 87-92.
- 8.-Wijdicks E. The diagnosis of Brain Death. N Engl J Med 2001; 344:1215-21.

**TABLA 1****GUIA PARA EL DIAGNOSTICO CLINICO DE ME**

**1.-Coma estructural de causa conocida y carácter irreversible**

**2.-Prerrequisitos clínicos**

- Estabilidad hemodinámica
- Oxigenación y ventilación adecuadas
- Temperatura superior a 32° C
- No interferencia de fármacos o tóxicos depresores del SNC
- Ausencia de enfermedades o alteraciones metabólicas

**3.- Exploración clínica: Ordenada, sistemática y rigurosa**

1) Coma arreactivo: Hipotonía, ausencia de movimientos de descerebración o decorticación. Puede existir actividad espinal.

2) Reflejos troncoencefálicos

- Ausencia de reflejo fotomotor
- Ausencia de reflejo corneal
- Ausencia de reflejo oculocefálico
- Ausencia de reflejo oculo vestibular
- Ausencia de reflejo nauseoso
- Ausencia de reflejo tusígeno
- Ausencia de respuesta al Test de la atropina
- Ausencia de respiración espontánea ( Test de apnea)

3) Período de observación: 6 horas. Hasta 24 h si la causa es hipóxico-isquémica. Se pueden reducir si se realizan pruebas instrumentales.

**4.- Situaciones especiales: Requieren utilización de pruebas instrumentales**

- Niños menores de 1 año: Exploración de otros reflejos teniendo en cuenta la maduración neurológica. Periodos de observación más prolongados si no se realizan pruebas instrumentales de flujo

- Lesiones infratentoriales
- Lesiones que impidan exploración clínica completa





**TABLA 2**

**PRUEBAS INSTRUMENTALES PARA EL DIAGNOSTICO DE ME**

**1) ELECTROFISIOLÓGICAS:**

**-Electroencefalograma**

**-Potenciales Evocados: Auditivos (PEA) y Somatosensoriales del nervio mediano (PESS)**

**-Indice Biespectral (BIS)**

**2) DE FLUJO CEREBRAL:**

**-Doppler Transcraneal**

**-Arteriografía cerebral de 4 vasos**

**-Angiografía cerebral por substracción digital**

**-Angio-TC multicorte y estudio de Perfusión cerebral**

**-Angiogammagrafía cerebral con Tc99-HMPAO**