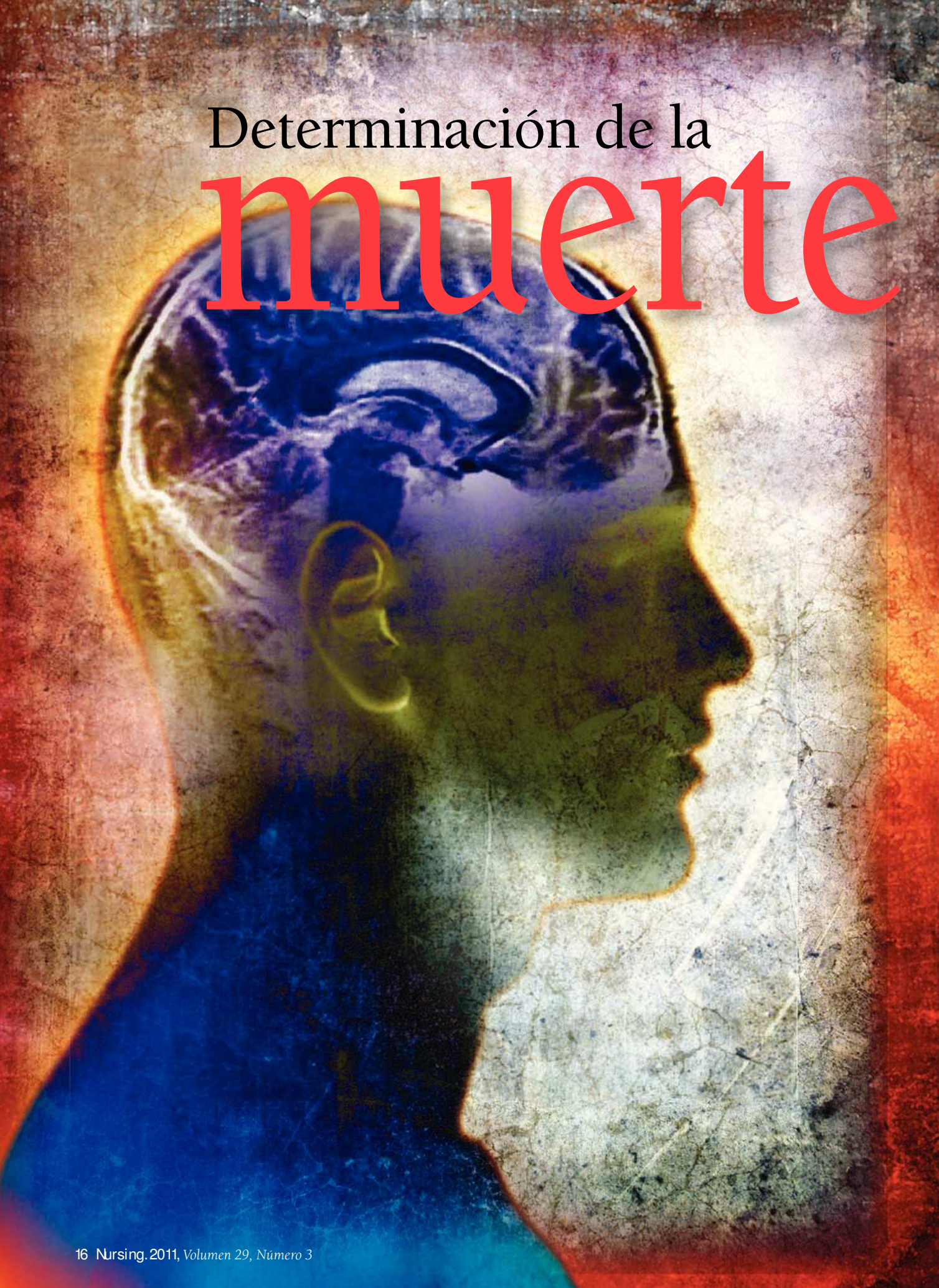
# Determinación de la muerte



# cerebral

## Revisión de las directrices basadas en la evidencia

Teresa E. Hills, MSN, RN, ACNP-BC, CNRN

**"Muerte cerebral:** Coma irreversible; lesión cerebral irreversible manifestada por una falta de respuesta absoluta frente a cualquier tipo de estímulo, con ausencia de cualquier tipo de actividad muscular espontánea y con un electroencefalograma isoeléctrico durante 30 min, todo ello en ausencia de hipotermia o de intoxicación con sustancias depresoras del sistema nervioso central"[1].

LA MAYOR PARTE de las definiciones de muerte cerebral que se recogen en los diccionarios médicos son muy similares a la que encabeza este artículo. Sin embargo, en la práctica esta definición aparentemente clara deja muchas preguntas sin respuesta. No existe una estandarización real de los criterios de muerte cerebral que sea aceptada en todo el mundo, y los procedimientos y protocolos a este respecto muestran variaciones significativas entre los distintos centros. Entre las cuestiones que siguen abiertas a debate están las siguientes.

- ¿Qué profesional es el que está cualificado para establecer el diagnóstico de muerte cerebral?
- ¿Cuál debe ser la cronología apropiada de las valoraciones clínicas?
- ¿Son las valoraciones clínicas suficientes para establecer el diagnóstico de muerte cerebral, o bien está indicada la realización de pruebas de confirmación?
- ¿Qué pruebas de confirmación son aceptables?

**Objetivo general.** Proporcionar al profesional de enfermería una visión global de los criterios de muerte cerebral en adultos.

**Objetivos de aprendizaje.** Tras la lectura de este artículo, usted será capaz de:

1. Analizar la guía que propone la American Academy of Neurology (AAN) sobre la determinación de muerte cerebral.
2. Describir el examen de la muerte cerebral.

En este artículo se revisan los criterios correspondientes al diagnóstico de muerte cerebral en los pacientes adultos, los procesos patológicos que pueden introducir confusión y que deben ser descartados, la evaluación de la muerte cerebral y las diferentes pruebas de confirmación utilizadas para determinar la muerte cerebral. También se incorpora parte de la investigación basada en la evidencia y recogida en las directrices de la American Academy of Neurology (AAN) actualizadas en 2010.

### Variabilidad de los criterios de valoración

La norma legislativa de 1980 Uniform Determination of Death Act (UDDA) ofreció la siguiente definición: "Debe ser considerada fallecida una persona que ha experimentado 1) la interrupción irreversible de las funciones circulatoria y respiratoria, o 2) la interrupción irreversible de todas las funciones correspondientes a todo el encéfalo, incluyendo el tronco encefálico. La determinación del fallecimiento debe tener lugar en función de los estándares médicos aceptados"[2]. (Véase el cuadro anexo *Definición de muerte cerebral: una evolución continua*.)

La gente de la calle confunde a menudo el estado vegetativo persistente (EVP) con la muerte cerebral, aunque el EVP es un problema claramente distinto. Según los resultados obtenidos en un estudio pionero efectuado por la Multi-Society Task Force on EVP, "el estado vegetativo es un cuadro clínico de ausencia completa de consciencia propia y del entorno, acompañada por la presencia de ciclos sueño-vigilia, con una conservación completa o parcial de las funciones del sistema nervioso autónomo correspondientes al hipotálamo y al tronco encefálico. Por otra parte, los pacientes en situación de estado vegetativo no muestran evidencia de respuestas comportamentales sostenidas, reproducibles y deliberadas o voluntarias frente a los estímulos visuales, auditivos, táctiles o dolorosos; no muestran evidencia de comprensión o expresión del lenguaje; presentan incontinencia intestinal y vesical, y manifiestan reflejos medulares y correspondientes a los pares craneales con un grado de conservación variable"[3]. Queda fuera del objetivo de este artículo la discusión más detallada del EVP.

## Directrices actualizadas de la AAN

La mayor parte de las instituciones fundamentan sus criterios de muerte cerebral en las directrices basadas en la evidencia propuestas por la AAN para determinar la muerte cerebral y que fueron publicadas originalmente en 1995[4]. En junio de 2010 el Quality Standards Subcommittee de la AAN llevó a cabo una actualización de las directrices mediante un análisis de la evidencia existente respecto a cinco cuestiones[5].

- ¿Hay pacientes que cumplan los criterios clínicos de la muerte cerebral y que, sin embargo, puedan recuperar la función cerebral?
- ¿Cuál es el período adecuado de observación para determinar que la interrupción de la función neurológica es permanente?
- ¿Es posible observar en la situación de muerte cerebral movimientos motores complejos que indiquen falsamente la persistencia de la función cerebral?
- ¿Cuál es el grado comparativo de seguridad de los métodos utilizados para determinar la apnea?
- ¿Pueden las nuevas pruebas auxiliares identificar con precisión a los pacientes con muerte cerebral?

En respuesta a la primera pregunta, la conclusión del comité fue la de que nunca se ha observado la recuperación de la función cerebral en pacientes adultos en los que se ha determinado fallecimiento mediante los criterios propuestos por la AAN en su protocolo de directrices de 1995. A continuación vamos a ver algunas de las conclusiones del comité respecto a otras cuestiones candentes.

## Diagnóstico de muerte cerebral

A pesar de que en la UDDA se exige que el diagnóstico de muerte cerebral en los adultos sea establecido según "los estándares clínicos aceptados", no define dichos estándares. Hay tres criterios importantes que son aceptados de manera genérica: el coma irreversible debido a una causa conocida, la ausencia de reflejos del tronco encefálico y la apnea[6]. Sin embargo, los protocolos específicos para la determinación clínica de la muerte cerebral varían en cada centro asistencial.

La AAN define cuatro requisitos que deben ser cumplidos para que sea posible establecer el diagnóstico de muerte cerebral[5].

**1.** Coma de causa conocida en función de la historia clínica, el examen clínico, las pruebas analíticas y los estudios de neuroimagen. El estándar asistencial es un estudio de tomografía computarizada (TC) o de resonancia magnética (RM), que son los dos estudios de neuroimagen más utilizados. Entre los procesos patológicos que pueden introducir confusión están la hipotensión, la hipotermia y la hipoxemia, y es necesario excluir o revertir estos procesos antes de iniciar el examen correspondiente a la muerte cerebral.

También es necesaria la observación del paciente durante un cierto período de tiempo con objeto de "excluir la posibilidad de recuperación". El subcomité de la AAN evaluó la duración adecuada del período de observación pero no consiguió la evidencia suficiente como para recomendar una duración específica del período de observación necesario para determinar que la pérdida de la función neurológica es irreversible.

**2.** Temperatura corporal central normal o casi normal (superior a 36 °C).

**3.** Normalidad de la presión arterial (PA) sistólica (superior o igual a 100 mmHg).

**4.** Al menos una exploración neurológica (en algunos Estados y protocolos hospitalarios se exigen dos).

## Descartar los procesos patológicos que pueden introducir confusión

Todos los procesos patológicos que pueden introducir confusión deben ser descartados o revertidos antes de iniciar la exploración neurológica que confirme la muerte cerebral. Muchos pacientes que son trasladados al servicio de urgencias (SU) con un traumatismo craneoencefálico grave son sometidos a intubación endotraqueal en el escenario del incidente. Los anestésicos, sedantes y

## Definición de muerte cerebral: una evolución continua

**La muerte cerebral fue definida inicialmente en 1959 por Mollaret y Goullon, que utilizaron el término "dépassé" para indicar "un estado más allá del coma"[15]. Con este término se referían a procesos neurológicos en los que la recuperación era imposible.**

**En 1968, un comité de la Harvard Medical School designado específicamente para el estudio de la muerte cerebral publicó un artículo pionero en el que se definía este estado. Los investigadores propusieron una serie de criterios: falta de respuesta incluso a los estímulos más dolorosos, ausencia de movimientos y de respiración, pérdida de los reflejos y electroencefalograma plano[16].**

**El anteproyecto legislativo Uniform Determination of Death Act, que se convirtió en ley en 1980, define la muerte cerebral como el fallecimiento. Esta ley fue apoyada en 1981 por un informe histórico elaborado por la President's Commission for the Study of Ethical Problems in Medicine and Behavioral Research[17]. La mayor parte de las leyes estatales que definen la muerte cerebral están fundamentadas en estas fuentes. A pesar de ello, los criterios utilizados para determinar la muerte cerebral desde el punto de vista clínico presentan variaciones en los distintos Estados y también en los diferentes centros asistenciales.**

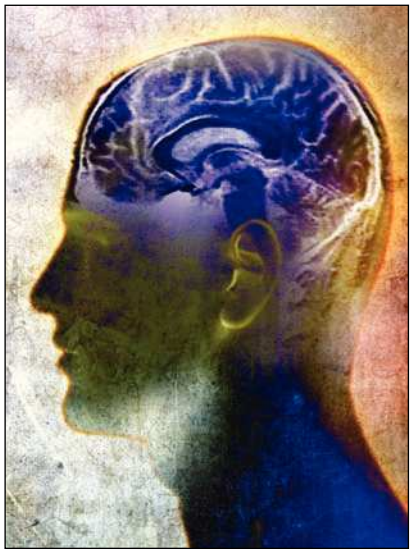
otros medicamentos de acción rápida que se administran para facilitar la intubación pueden introducir confusión en la exploración neurológica del paciente.

Por otra parte, muchas sustancias y medicamentos que pueden consumir los pacientes pueden complicar también la exploración neurológica, tal como las siguientes: opiáceos, barbitúricos, benzodiazepinas, antidepresivos tricíclicos, antibióticos aminoglucósidos, anticolinérgicos, antiepilépticos, medicamentos de quimioterapia, alcohol, antipsicóticos, estimulantes y muchos medicamentos utilizados frente a problemas cardíacos[6,7]. Algunos fármacos también pueden dar lugar a alteraciones del equilibrio ácido-base con acidosis metabólica y respiratoria. Cuando se sospecha un cuadro de sobredosis es necesario determinar el tipo de sustancia y hay que administrar el antídoto correspondiente, si es que existe, antes de determinar que la situación neurológica actual del paciente es irreversible.

Cuando se desconoce el tipo de sustancia ingerida o utilizada se recomienda un período de espera de al menos 2 días para comprobar si reaparecen los reflejos del tronco encefálico[6,7]. A partir de ese momento, y siempre que no hayan reaparecido los reflejos del tronco encefálico, se puede realizar una prueba de confirmación (como la electroencefalografía o la angiografía cerebral) y la exploración correspondiente a la muerte cerebral con objeto de establecer dicho diagnóstico. Las pruebas de confirmación y sus implicaciones se exponen con detalle más adelante.

La hipotermia también puede imitar la muerte cerebral. Con temperaturas corporales inferiores a 32 °C un paciente puede perder todos los reflejos del tronco encefálico, experimentar taquicardia y ser incapaz de manifestar escalofríos, en función del grado de hipotermia. La mayor parte de los profesionales asistenciales ha escuchado la expresión siguiente: "Un paciente no está muerto hasta que está caliente y muerto". No es posible establecer un diagnóstico de muerte cerebral hasta que la temperatura corporal central del paciente se eleva hasta al menos 32 °C[7].

Otros procesos patológicos que pueden introducir confusión en este contexto son las crisis metabólicas y endocrinas agudas que pueden imitar la muerte cerebral. Estas crisis suelen dar



**En algunos pacientes que cumplen los criterios de muerte cerebral los reflejos medulares pueden sugerir falsamente la persistencia de la función cerebral.**

lugar a edema cerebral intenso, anoxia o desmielinización, con alteraciones neurológicas de carácter devastador. Son ejemplos de estas crisis la insuficiencia hepática fulminante, la cetoacidosis, los cuadros de hiponatremia e hipernatremia, los cuadros de hipoglucemia e hiperglucemia, el hipotiroidismo y el panhipopituitarismo. No obstante, en la mayor parte de estos casos es infrecuente la pérdida completa de los reflejos del tronco encefálico a menos que el edema cerebral sea intenso[7].

En los pacientes con un traumatismo facial grave puede ser difícil o imposible la valoración de las pupilas debido al intenso edema. Es necesario descartar un traumatismo ocular directo como causa de la alteración pupilar después de que remite el edema[6].

Cuando ya han sido descartados todos los procesos patológicos que pueden introducir confusión en la valoración de la muerte cerebral y no se observan modificaciones en el estado neurológico del paciente, se lleva a cabo la exploración neurológica clínica con objeto de confirmar la pérdida de todas las funciones encefálicas, incluyendo la desaparición de los reflejos del tronco encefálico y la ausencia de movimientos respiratorios espontáneos tras la administración de anhídrido carbónico ($CO_2$)[5,8]. Si no es posible descartar ciertos procesos patológicos que pueden introducir confusión, en la mayor parte de los protocolos se exige la realización de una prueba de confirmación y la transcripción de una nota detallada en la historia clínica del paciente en la que quede documentada su situación.

## Examen relativo a la muerte cerebral

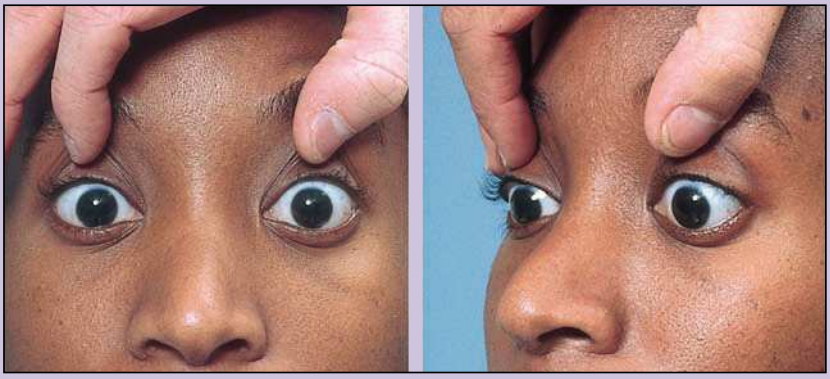
No existe un consenso a nivel nacional acerca de cuál es el profesional cualificado para realizar la exploración relativa a la muerte cerebral. Dado que para ello es necesario un examen neurológico detallado que incluya la valoración de los reflejos del tronco encefálico, en la mayor parte de los centros asistenciales se recurre a los neurólogos o a los neurocirujanos. Sin embargo, este tipo de examen también lo pueden llevar a cabo los especialistas en cuidados intensivos con una formación apropiada respecto a la muerte cerebral.

La exploración relativa a la muerte cerebral se debe llevar a cabo mediante una estrategia de "cabeza a dedos de los pies". En primer lugar, el profesional valora la ***respuesta pupilar.*** Es necesario que el reflejo luminoso pupilar sea inexistente en ambos ojos y que las pupilas estén fijas "con un diámetro intermedio o en midriasis (4-9 mm)"[5] (Pares craneales II, III.) En los pacientes con traumatismo facial grave y lesión ocular, así como en los pacientes con antecedentes de alteraciones pupilares, en los que la valoración de las pupilas pueda ser imposible o no concluyente, se recomienda fuertemente la realización de una prueba de confirmación que se debe llevar a cabo en algún momento tras la finalización del examen correspondiente a la muerte cerebral. En la mayor parte de los protocolos utilizados en los distintos centros se exige una documentación clara y detallada de las limitaciones a que se ha visto sometido el profesional respecto a la realización de la exploración pupilar.

La valoración de los movimientos oculares incluye la realización de pruebas oculocefálicas y oculovestibulares (pares craneales III, IV, VI)[9]. A continuación se evalúa el ***reflejo oculocefálico,*** también denominado "reflejo de los ojos de

## Comprobación del reflejo de los ojos de muñeca[5,18]

**Al tiempo que mantiene abiertos los párpados del paciente, el clínico realiza una rotación enérgica de su cabeza en los ejes horizontal y vertical. La respuesta normal consiste en que los ojos se desvían en la dirección opuesta a la que se gira la cabeza. En la muerte cerebral, los ojos permanecen fijos en la línea media, con independencia del movimiento de la cabeza.**



muñeca". En los pacientes que han padecido un traumatismo es necesario descartar una lesión o un problema de inestabilidad de la médula cervical antes de llevar a cabo esta exploración. En estos casos no se lleva a cabo la evaluación del reflejo oculocefálico, y en la historia clínica deben quedar documentadas con detalle las razones de ello.

Mientras se mantienen abiertos los ojos del paciente, se gira rápidamente su cabeza en los ejes horizontal y vertical, y se observa el movimiento de los ojos. Cuando está presente el reflejo oculocefálico los ojos se desplazan en dirección opuesta al movimiento de la cabeza. Si no se observa el reflejo oculocefálico (lo que es congruente con la muerte cerebral), los ojos se mantienen en la línea media mientras se realizan los movimientos con la cabeza[10].

La valoración siguiente corresponde al área oculovestibular o a la prueba calórica con frío, que permiten evaluar la presencia del ***reflejo oculovestibular.*** Tras descartar una perforación del tímpano y retirar la mayor cantidad posible de cerumen, se coloca la cabeza del paciente con un ángulo de 30 grados. Entonces se introducen lentamente 30-50 ml de agua fría (33 °C) a lo largo de 30 s en cada conducto auditivo externo, dejando transcurrir un período de tiempo de 5 min entre cada aplicación de agua fría. Una vez que se ha introducido el agua, se mantienen abiertos ambos ojos para comprobar los movimientos oculares. En los pacientes con normalidad del tronco encefálico se observa un movimiento lento de los ojos hacia el lado en el que se lleva a cabo la irrigación del agua fría, seguido de un movimiento corrector rápido de los ojos[11].

Una prueba alternativa para valorar la función vestibular es la irrigación bilateral con agua caliente (44 °C). Normalmente, los ojos giran hacia el lado de la irrigación. La irrigación bilateral simultánea con agua fría da lugar normalmente a la desviación de los ojos en dirección inferior; la irrigación bilateral con agua caliente induce normalmente la desviación de los ojos en dirección superior. En los casos de muerte cerebral no se observan movimientos oculares durante al menos 1 min de observación[5,11].

A continuación se realiza la valoración de las ***respuestas sensitivas y motoras faciales.*** Es necesario determinar la presencia o ausencia de muecas faciales cuando el profesional lleva a cabo la maniobra para inducir el ***reflejo mandibular.*** Al tiempo que se mantiene abierta la boca del paciente, el profesional utiliza un martillo de reflejos con el que golpea ligeramente la cara inmediatamente por debajo de la línea media del labio inferior e inmediatamente por encima de la barbilla. La contracción de los músculos maseteros es la respuesta normal. La ausencia de movimientos es patológica e indica la desaparición del reflejo mandibular (par craneal VII)[10].

La valoración de los ***reflejos corneales*** requiere el roce ligero de la córnea de cada ojo con un pequeño fragmento de papel, una torunda de algodón o un chorro de agua. La respuesta de parpadeo indica la presencia del reflejo corneal; la ausencia de movimientos del ojo o del parpadeo indica la ausencia del reflejo corneal (pares craneales V y VII)[5,10].

A continuación se lleva a cabo la valoración de los ***reflejos faríngeo (nauseoso) y traqueal*** (pares craneales IX y X). Se utilizan un dispositivo de succión o un depresor de lengua para estimular la parte posterior de la garganta en ambos lados, con objeto de valorar el reflejo nauseoso. La ausencia de respuesta bilateral indica la inexistencia del reflejo nauseoso[5,10].

La respuesta tusígena frente a la aspiración traqueal indica que el reflejo traqueal es normal. Se introduce una sonda de aspiración hasta el nivel de la carina y se realizan uno o dos pases de aspiración. El hecho de que no aparezca tos indica la desaparición del reflejo traqueal[5].

La última valoración física que antecede a la evaluación de la apnea es la ***respuesta a los estímulos dolorosos.*** La inducción de dolor a través del frotamiento esternal, la aplicación de presión en la zona supraorbitaria, los pellizcos o la aplicación de presión sobre los lechos ungueales inducen normalmente la aparición de las muecas u otros movimientos faciales. La ausencia de movimientos con la musculatura facial indica la desaparición de la respuesta motora facial[5].

La interpretación de las respuestas motoras puede ser difícil debido a que, cuando son estimulados, algunos pacientes muestran una actividad motora anómala que depende de los reflejos medulares. Estos movimientos tienen lugar cuando se origina un estímulo sensitivo a partir de los receptores localizados en músculos, articulaciones y piel, con aparición de una respuesta motora que se debe exclusivamente a la actividad de la médula espinal[12]. El reflejo medular más habitual es la flexión plantar en una o en ambas extremidades. Hay otros reflejos medulares que pueden dar lugar a movimientos de las extremidades superiores o los dedos de las manos, movimientos de la cabeza, movimientos repetitivos de las piernas, cambios en el

diámetro de las pupilas y contracturas faciales[5].

El subcomité de la AAN revisó seis estudios con nivel de evidencia de clase III en los que se había llevado a cabo una valoración de la forma con la que los reflejos medulares introducen confusión en la determinación de la muerte cerebral. La conclusión alcanzada en estos estudios fue que en algunos pacientes que cumplen los criterios de muerte cerebral los reflejos medulares pueden sugerir falsamente el mantenimiento de una parte de la función cerebral. En un estudio citado en la actualización más reciente de las directrices se documentaron la flexión plantar y la sinergia de flexión bilateral con persistencia durante 32 h después de la determinación de la muerte cerebral[5].

Es importante ofrecer a los familiares información respecto a los reflejos medulares y apoyo, debido a que pueden estar extremadamente preocupados por dichos movimientos y considerar que el paciente está respondiendo adecuadamente. Hay que ayudarles a comprender que estos movimientos no están relacionados con la función cerebral y es muy importante ayudarles también a aceptar y superar el fallecimiento de su ser querido[12].

## Realización de la prueba de la apnea

Uno de los aspectos más importantes en el examen relativo a la muerte cerebral es la realización de una prueba de la apnea para confirmar la desaparición de los movimientos respiratorios espontáneos. Dado que hay varios factores que pueden poner en marcha el ventilador y sugerir falsamente una respiración espontánea, la AAN ha determinado que la prueba de la apnea solamente puede ser realizada de manera fiable después de que se ha retirado el ventilador al paciente[5]. El ventilador puede ser retirado durante 10 o más minutos y la prueba de la apnea se realiza al final de este período, después de que se ha completado el examen clínico.

En primer lugar, se determina la presión del anhídrido carbónico en sangre arterial ($PaCO_2$) basal del paciente mediante gasometría en sangre arterial (GSA). Si este parámetro no está dentro del rango normal (35 a 45 mmHg), se ajustan los parámetros mecánicos del ventilador hasta que se alcanza la eucapnia. A continuación se lleva a cabo la preoxigenación del paciente con una fracción de oxígeno en el aire inspirado ($FiO_2$) del 100% durante al menos 10 min, hasta que se alcanza una presión de oxígeno en la sangre arterial ($PaO_2$) superior a 200 mmHg[5]. El objetivo de ello es eliminar las reservas de nitrógeno y facilitar el transporte del oxígeno[7].

Cuando el paciente ha sido sometido a hiperoxigenación y la $PaCO_2$ está dentro del rango de la normalidad, se retira el ventilador. A continuación se introduce una cánula en el tubo endotraqueal y se coloca en la proximidad del nivel de la carina para aportar al paciente un flujo constante de oxígeno (6 l/min). El paciente permanece desconectado del ventilador durante 8-10 min, y a lo largo de este período se observan los movimientos del tórax y el abdomen. Si no se detecta ningún movimiento durante dicho período, se realiza una nueva GSA y se vuelve a colocar el ventilador al paciente. El incremento de la $PaCO_2$ en 20 mmHg sobre el valor basal, o bien la observación de un valor de 60 mmHg o superior de la $PaCO_2$, se consideran resultados positivos en la prueba de la apnea, y ello apoya el diagnóstico clínico de muerte cerebral[5].

Durante la prueba de la apnea se lleva a cabo una monitorización continua de la PA y de los niveles de saturación de oxígeno. Si el paciente presentara inestabilidad hemodinámica (p. ej., una PA sistólica inferior a 90 mmHg), hay que interrumpir la prueba de la apnea y realizar una prueba de confirmación. La razón para interrumpir prematuramente la prueba de la apnea debe quedar claramente documentada.

Si los resultados no son concluyentes pero el paciente presenta estabilidad hemodinámica, se puede repetir la prueba de la apnea 10-15 min después de volver a preoxigenar al paciente[5].

Si no se consigue el incremento adecuado de la $PaCO_2$, se realiza una prueba de confirmación y se documentan claramente las razones por las que la prueba de la apnea no fue concluyente.

La AAN analizó cuatro estudios clínicos en los que se revisaron los métodos de realización de la prueba de la apnea y el grado de seguridad de cada uno de ellos. Se observó que la prueba de la apnea es segura pero que la evidencia existente no es concluyente para determinar la seguridad comparativa de los diferentes métodos utilizados en la realización de la prueba de la apnea[5].

## Criterios relativos a las pruebas de confirmación

La AAN considera que "la prueba de confirmación no es imprescindible, aunque sí deseable, en los pacientes en los que no es posible llevar a cabo o evaluar fiablemente los componentes específicos de las distintas pruebas clínicas"[4]. Es posible realizar diversas pruebas de confirmación junto con la exploración clínica correspondiente a la muerte cerebral, aunque la AAN subraya el hecho de que el diagnóstico de muerte cerebral está fundamentado principalmente en la valoración clínica: "En los adultos no son necesarias las pruebas auxiliares para establecer el diagnóstico clínico de muerte cerebral, y dichas pruebas nunca pueden sustituir a la exploración neurológica"[5].

En la práctica, las pruebas de confirmación y los criterios específicos para utilizarlas varían en cada centro. Una práctica aceptable es la realización de la exploración neurológica correspondiente a la muerte cerebral y que incluya una prueba de la apnea y una prueba de confirmación. La prueba de confirmación se debe realizar después de que la exploración neurológica ha sido completada y documentada.

Una de las pruebas más frecuentes y aceptadas de manera genérica es la ***angiografía cerebral.*** En los casos de muerte cerebral esta prueba de imagen de carácter invasor demuestra la inexistencia del relleno intracerebral a nivel de la bifurcación de la carótida o en el polígono de Willis[4].

La angiografía convencional es la prueba de referencia para confirmar la ausencia de flujo sanguíneo encefálico, pero es una prueba que lleva tiempo, es cara y tiene un carácter invasivo, además de que obliga a trasladar al paciente fuera de la unidad de cuidados intensivos (UCI), a la sala de angiografía.

El ***electroencefalograma (EEG)*** es una prueba que se lleva a cabo a la cabecera de la cama del paciente y que tiene una fiabilidad elevada cuando tiene como resultado un registro isoeléctrico. Para la determinación de muerte cerebral, el EEG debe mostrar la ausencia de actividad eléctrica con una sensibilidad de 2 mcV y durante al menos 30 min[4,6,10].

Las desventajas del EEG consisten en la tendencia a la interferencia por los elementos del entorno y en la susceptibilidad de esta prueba a los resultados falsamente positivos. No

obstante, sigue siendo una prueba de confirmación muy aceptable en muchas instituciones.

La ***gammagrafía cerebral con tecnecio 99m,*** también denominada estudio del flujo sanguíneo cerebral, es un estudio no invasivo de medicina nuclear que implica la administración por vía intravenosa (i.v.) de un radioisótopo. En los casos de muerte cerebral no se observa la captación del isótopo por parte del parénquima cerebral, en lo que se denomina *fenómeno del cráneo vacío*[4,5]. Esta prueba de confirmación se utiliza con mucha frecuencia debido a que tiene un carácter no invasivo y a que se puede realizar con dispositivos portátiles, además de que sus resultados son extremadamente fiables.

La ***ecografía Doppler transcraneal (DTC)*** es otra prueba no invasiva que se lleva a cabo a la cabecera de la cama del paciente; consiste en la colocación de una sonda sobre el hueso temporal, inmediatamente por encima del arco cigomático, con objeto de determinar la velocidad del flujo a través de la vasculatura cerebral. La ausencia de flujo durante la diástole, los picos pequeños en la sístole y la inexistencia de flujo son congruentes con la muerte cerebral. Dado que la DTC muestra unos niveles de sensibilidad y especificidad del 70-100 y del 97-100%, respectivamente, ha sido bien aceptada como prueba de confirmación[6]. Una desventaja de la DTC es la dificultad para localizar la ventana temporal a la hora de realizar el estudio.

La ***angiografía con tomografía computarizada (ATC)*** es una prueba no invasiva pero que exige el traslado del paciente hasta el servicio de radiología. En los casos de muerte cerebral no se observa flujo sanguíneo intracerebral después de que las arterias carótidas y vertebrales se introducen en la cavidad craneal[13]. En Estados Unidos todavía no se ha llevado a cabo una validación de la eficacia y la fiabilidad de esta prueba para el diagnóstico de muerte cerebral, de manera que en muchos centros no es considerada una prueba de confirmación de primera línea. No obstante, sí es una prueba ampliamente aceptada y utilizada para el diagnóstico de muerte cerebral en Europa y en otras regiones geográficas[6,10,13].

Los ***potenciales evocados somatosensoriales (PESS)*** constituyen un parámetro más reciente que se utiliza en ocasiones para evaluar la integridad funcional de las diferentes partes del encéfalo. Los potenciales evocados son señales eléctricas generadas por el sistema nervioso en respuesta a los estímulos sensitivos[6]. La ausencia bilateral de respuesta frente a la estimulación del nervio mediano es congruente con la muerte cerebral. También son posibles los resultados falsamente positivos.

El ***índice biespectral (IBE)*** es una prueba no invasiva que se lleva a cabo a la cabecera de la cama del paciente y que permite determinar el nivel de conciencia a través de una escala multivariante derivada del EEG. El IBE oscila entre 0 y 100, de manera que el valor 0 indica la inexistencia de actividad cerebral mientras que el valor 100 indica la vigilia completa. En el caso de la muerte cerebral, el valor del IBE es cero[7,14].

Según las directrices actualizadas de la AAN, no hay evidencia en apoyo del uso de las nuevas pruebas como son la ATC cerebral, la RM cerebral, la angiografía con resonancia magnética, los PESS y el IBE, como pruebas de confirmación aceptables de primera línea, debido al "elevado riesgo de confusión y a los parámetros estadísticos inadecuados de eficiencia respecto a la identificación de la muerte cerebral"[5].

## Siguen las dificultades

El de muerte cerebral sigue siendo un diagnóstico clínico difícil. El conocimiento del proceso de evaluación de la muerte cerebral es clave para establecer un diagnóstico correcto. La eliminación de los procesos patológicos que pueden introducir confusión y la realización de una exploración neurológica detallada, junto con la prueba de la apnea, son medidas importantes para que el diagnóstico de muerte cerebral sea preciso y aceptado. Una parte importante de la evidencia relativa a los criterios de la muerte cerebral es insuficiente o no concluyente, lo que justifica la realización de nuevos estudios de investigación hasta que seamos capaces de conseguir un protocolo ampliamente aceptado y estable respecto a la muerte cerebral.

BIBLIOGRAFÍA


1. TheFreeDictionary. Brain death. http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/brain+dead.

2. Uniform Determination of Death Act, 12 uniform laws annotated 589 (West1993 and West suppl 1997).

3. Medical aspects of the persistent vegetative state. The Multi-Society Task Force on PVS. N Engl J Med. 1994;330(21):1499-1508.

4. Practice parameters for determining brain death in adults (summary statement). The Quality Standards Subcommitte of the American Academy of Neurology. Neurology. 1995;45(5):1012-1014.

5. Wijdicks EF, Varelas PN, Gronseth GS, Greer DM, American Academy of Neurology. Evidence-based guideline update: determining brain death in adults: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology. 2010;74(23):1911-1918.

6. Busl KM, Greer DM. Pitfalls in the diagnosis of brain death. Neurocrit Care. 2009;11(2):276-287.

7. Braindeath.org. http://www.braindeath.org/clinical.htm.

8. Doig CJ, Burgess E. Brain death: resolving inconsistencies in the ethical declaration of death. Can J Anaesth. 2003;50(7):725-731.

9. Blumenfeld H. Extraocular movements (CN III, IV, VI). In: Neuroanatomy Through Clinical Cases. 2nd ed. 2010. http://www.neuroexam.com/content_pf.php?p=20.

10. Braindeath.org. http://www.braindeath.org/confirm.htm.

11. Hickey JV. The Clinical Practice of Neurological & Neurosurgical Nursing. 6th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009:150-151.

12. Saposnik G, Bueri JA, Maurino J, Saizar R, Garretto NS. Spontaneous and reflex movements in brain death. Neurology. 2000;54(1):221-223.

13. Yu SL, Lo YK, Lin SL, Lai PH, Huang WC. Computed tomographic angiography for determination of brain death. J Comput Assist Tomogr. 2005;29(4):528-531.

14. Aspect Medical Systems. http://www.aspectmedical.com/CriticalCare.aspx.

15. Mollaret P, Goulon M. Le coma depasse (preliminary memoir). Rev Neurol (Paris). 1959;101:3-15.

16. A definition of irreversible coma. Report by the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death. JAMA. 1968;205(6):337-340.

17. Guidelines for the determination of death. Report of the medical consultants on the diagnosis of death to the President's Commission for the study of ethical problems in medicine and biomedical and behavioral research. JAMA. 1981;246(19):2184-2186.

18. Bickley LS, Szilagyi PG. Bates' Guide to Physical Examination and History Taking. 10th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009:707.



**Teresa E. Hills es enfermera de cuidados críticos en neurocirugía en el Christiana Care Health System, en Wilmington (Delaware).**



**La autora declara que no existen conflictos de interés económicos en relación con este artículo.**