

Doppler transcraneal en el diagnóstico oportuno de la muerte encefálica para el trasplante de órganos

Eldis Quintana Carbonell¹, Elianne Rodríguez Carpintor², Raúl Morales Rivero³

1. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral y Medicina Intensiva y Emergencia Adultos. Profesor Asistente. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech. Carretera Central Oeste Km 4. qceldis.cmw@infomed.sld.cu.
2. Residente de tercer año de Medicina Intensiva y Emergencia Adultos. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech. Carretera Central Oeste Km 4.
3. Máster en Urgencias Médicas. Especialista en Enfermería Intensiva y Emergencia Adultos. Profesor Asistente. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech. Carretera Central Oeste Km 4. mraul@mad.cmw.sld.cu.

Resumen

Introducción: La muerte encefálica se define como el cese irreversible de todas las funciones cerebrales y troncoencefálicas, el doppler transcraneal se destaca como técnica complementaria para su diagnóstico. **Objetivo:** Demostrar los beneficios del DTC en el diagnóstico oportuno de la ME. **Material y método:** Se realizó un estudio descriptivo longitudinal en pacientes ingresados en las unidades de atención al grave del Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech con diagnóstico clínico y sonográfico de muerte cerebral, en el período de enero del 2015 a diciembre del 2016. **Resultados:** Predominó el sexo masculino y el grupo de mayores de 40 años, con una edad media de 56 años. La causa más frecuente de ME fue la enfermedad cerebrovascular hemorrágica. En relación al patrón sonográfico, encontramos que en el mayor número de pacientes se observó el patrón de flujo reverberante, independientemente a la arteria explorada, siendo diagnosticados antes de las 2 horas de realizada la evaluación clínica. **Conclusiones:** El diagnóstico oportuno de la ME permitió que un número importante de pacientes se convirtieran en donantes de órganos, acortando el tiempo de evaluación y la aparición de complicaciones en el

proceso de mantenimiento del donante, garantizando un menor uso de recursos materiales y disminución de los costes por estadía hospitalaria.

Palabras clave: doppler transcraneal; muerte encefálica; presión intracraneal.

Introducción

La muerte encefálica (ME) se define como el cese irreversible de todas las funciones cerebrales y troncoencefálicas,¹⁻³ su diagnóstico se establece ante la existencia de lesiones estructurales e irreversibles del sistema nervioso central, para ello es necesario la demostración que el paciente se encuentra en un coma areactivo con pérdida de los reflejos troncoencefálicos,^{4,5} la no detección de actividad eléctrica neuronal y la pérdida del flujo sanguíneo cerebral se confirma mediante pruebas instrumentales que complementan el diagnóstico.⁶

El doppler transcraneal (DTC) debe destacarse, dentro de sus aplicaciones, como técnica complementaria en el diagnóstico de ME, fue introducida por Aaslid en 1982, ampliamente usada en el momento actual para evaluar la hemodinamia cerebral en el paciente neurocrítico.

Esta técnica mide la velocidad de flujo sanguíneo cerebral en los vasos mayores de la base del encéfalo,⁷ determinación que tiene una sensibilidad y una especificidad altas. La ausencia de flujo sanguíneo se produce cuando fallan los mecanismos de autorregulación y aumenta la presión intracraneal hasta igualar o superar la presión arterial media.

Existen 2 patrones compatibles con ME, el denominado flujo reverberante, que consiste en una onda bifásica con componente positivo sistólico y negativo diastólico, con flujo neto cero. Corresponde a la detención del flujo arterial supraclinoideo y la ausencia de retorno venoso.

El otro patrón es el llamado espigas sistólicas en el que se observa un pico en fase de sístole de muy baja velocidad. La ausencia de señal se correlaciona con obstrucción proximal al flujo, sin que se detecten señales en las arterias basales. No es un dato confirmatorio de ME, salvo que un registro previo, realizado por el mismo explorador, muestre una ventana ósea adecuada y la persistencia de flujo.

La técnica de exploración establece que deben explorarse las arterias pertenecientes al territorio anterior bilateralmente y al menos una del territorio posterior, por un tiempo no menor de 30 segundos y repitiéndose la prueba a los 30 minutos de realizada la primera para garantizar la irreversibilidad de la parada circulatoria cerebral, se considera tiempo dependiente porque aumenta la sensibilidad diagnóstica con el paso del tiempo.¹

En Cuba, el proceso de obtención de órganos para trasplante se garantiza fundamentalmente mediante donantes cadáver, provenientes de pacientes ingresados en las unidades de atención al paciente grave con diagnóstico final de ME.

El empleo de técnicas diagnósticas como el DTC permite el acortamiento del período de evaluación con un mínimo riesgo para el compromiso hemodinámico del donante potencial.⁸

Es una técnica no invasiva que se realiza a la cabecera del paciente, con un mínimo de recursos humanos y materiales, por lo que su coste es mucho menor que el de otras exploraciones, no requiriendo exámenes de contraste que pueden resultar nocivos para el paciente, no se alteran sus resultados por el empleo de fármacos depresores del sistema nervioso central, tóxicos o trastornos metabólicos como causas de coma.⁹

El propósito de nuestro estudio es demostrar los beneficios del DTC en el diagnóstico oportuno de la ME, aplicado al proceso de donación de órganos y como vía para disminuir tiempo de hospitalización y evitar el consumo innecesario de recursos materiales, así mismo describir las ventajas y limitaciones de la técnica durante el proceso.

Material y métodos

Se realizó un estudio descriptivo longitudinal en los pacientes ingresados en las unidades de atención al grave del Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech, en el período de enero del 2015 a Diciembre del 2016.

El universo estuvo constituido por 56 pacientes a los que se les realizó diagnóstico clínico de ME y la muestra por 52 pacientes con diagnóstico clínico e instrumental con DTC, los que reunieron los siguientes criterios de inclusión:

- Edad mayor de 20 años.
- Bajo régimen de ventilación artificial mecánica (VAM).

- Diagnóstico clínico de ME.
- Tensión arterial mayor de 90/60 mmHg.
- Temperatura corporal mayor o igual a 34⁰ Celsius.

El estudio de DTC se realizó con el empleo de un equipo DWL de producción alemana, se utilizó una sonda de 2 mHz para exploración transcraneal, en modalidad de doppler pulsado.

Se exploraron los vasos intracraneales por las ventanas temporales para las arterias cerebrales medias, anteriores y posteriores, las ventanas transorbitarias para las arterias oftálmicas y la ventana occipital para la arteria basilar.

Solo se exploraron ventanas extracraneales (submandibular para carótidas internas y submastoidea para arterias vertebrales) en los casos en los que no se detectó flujo sanguíneo a la exploración transcraneal.

Se consideró como diagnóstico la detección de los patrones de flujo reverberante y espigas sistólicas, al detectarse estos en al menos dos vasos de la circulación anterior bilateralmente y uno de la circulación posterior o un patrón de flujo reverberante en la circulación de la base del cráneo, en al menos dos exámenes realizados con un tiempo no menor de 30 minutos entre ellos.

Se recolectaron datos de las historias clínicas de los pacientes, tales como edad, sexo, diagnóstico causal de la ME, antecedentes patológicos personales, los sonogramas registrados en las dos evaluaciones realizadas, que se procesaron mediante análisis documental. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS. Se halló estadística descriptiva y distribución de frecuencias. Los resultados se presentan en tablas y gráficos.

Resultados

Durante el período de estudio se diagnosticaron 56 pacientes con ME, de ellos a cuatro diagnosticados con evaluación clínica previa, no se les pudo concluir el diagnóstico con DTC por no detectarse flujo sanguíneo cerebral y no poseer estudio previo que confirmara la presencia de este en las ventanas exploradas.

Predominó el sexo masculino con 32 pacientes, 61,5%, y el grupo de mayores de 40 años, con una edad media de 56 años (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de pacientes según grupos de edad y sexo.

Grupos de edades	Sexo masculino		Sexo femenino		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
≤ 40 años	12	37,5	4	20,0	16	30,8
> 40 años	20	62,5	16	80,0	36	69,2
Total	32	61,5	20	38,5	52	100,0

Fuente: Historias clínicas.

La causa más frecuente de ME fue la enfermedad cerebrovascular con 34 pacientes, para un 65,4% (Tabla 2).

Tabla 2. Causas de muerte encefálica.

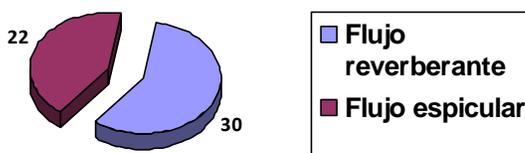
Causa de ME	No.	%
ECV	34	65,4
TCE	15	28,8
E. anóxica	3	5,8
Total	52	100,0

Leyenda: ECV. Enfermedad cerebro vascular; TCE. Trauma cráneo encefálico; E. anóxica. Encefalopatía anóxica.

Fuente: Historias clínicas.

En relación al patrón sonográfico, encontramos que discretamente en el mayor número de pacientes se observó el patrón de flujo reverberante, con 30 pacientes, independientemente a la arteria explorada (Gráfico 1).

Gráfico 1. Patrón sonográfico encontrado.



Fuente: Historias clínicas.

Al analizar el número de pacientes y el tiempo transcurrido para la determinación final de muerte encefálica, observamos que 41 pacientes fueron diagnosticados antes de las 2 horas de realizada la evaluación clínica (Tabla 3).

Tabla 3. Relación de pacientes y tiempo de diagnóstico de ME.

Tiempo	No.	%
< 2 horas	41	78,8
> 4 horas	11	21,2
Total	52	100,0

Fuente: Historias clínicas.

Discusión

Desde que en la década de los años '80 del pasado siglo la técnica doppler comenzara a utilizarse con fines médicos por Rune Aaslid, esta se ha convertido en la única prueba instrumental a la cabecera del paciente que aporta elementos en tiempo real sobre el comportamiento de la circulación cerebral en el paciente neurocrítico, en relación al diagnóstico de la ME.

El DTC se considera fiable para apoyar su diagnóstico, no teniendo limitantes para su empleo con el uso de medicamentos sedantes, trastornos metabólicos del sistema nervioso o bloqueadores neuromusculares que limitan la aplicación de otras pruebas diagnósticas.^{10,11}

El uso del DTC está generalizado al perfil de formación de neurólogos, neurocirujanos y especialistas en Medicina intensiva, por lo que no requeriría expertos para realizarse, sus resultados solo se ven afectados en un 10 % de la población, correspondiéndose a mujeres por encima de los 50 años en quienes se muestra una mala ventana sónica.

En el caso de pacientes ingresados con diagnóstico de lesiones estructurales e irreversibles del encéfalo hay pocos casos que pueden aportar falsos negativos, como es el caso de las encefalopatías anóxicoisquémicas y los pacientes a los que se les haya hecho grandes craneostomías, casos estos en los que se invocarían al uso de otras pruebas diagnósticas o simplemente a la evaluación de ME clínicamente, la sociedad española de neurología contraindica el uso del DTC en estos casos.¹²

La principal ventaja del DTC frente a otras exploraciones complementarias de flujo estriban en que es el único método no invasivo y en su coste, muy inferior; tiene una alta resolución temporal y detecta el cese del flujo sanguíneo con una alta especificidad; puede ser repetido sin alterar las funciones vitales, ni orgánicas, no requiere trasladar al paciente crítico a otras áreas ni usar contrastes o isótopos potencialmente nocivos; su coste en material y personal es mucho menor que el de otras exploraciones.

Otra ventaja aportada por el DTC es el tiempo, determinante para la rápida identificación de los donantes potenciales y la gestión de las unidades de críticos dado el coste/cama y la limitación de recursos, implica un menor gasto de tiempo que otras exploraciones complementarias, lo que disminuye el retraso diagnóstico, con una menor posibilidad de pérdidas de donantes potenciales de órganos.¹³⁻¹⁶

No es diagnóstica la ausencia de señal, salvo que un DTC previo muestre una ventana y flujo adecuados consideramos la propuesta de otros autores de realizar un DTC en las primeras horas de ingreso, con el fin de aumentar su sensibilidad y establecer el pronóstico del paciente. Para disminuir el margen de error interobservador recomendamos que el DTC inicial y el definitivo los lleve a cabo el mismo explorador.

El aumento de la presión intracraneal (PIC) causada por las enfermedades cerebrovasculares, las lesiones que generan los traumatismos craneoencefálicos, los tumores cerebrales o el daño celular de la encefalopatía anóxica, produce una disminución del flujo sanguíneo cerebral progresivo.^{17,18}

En nuestra serie el hematoma intraparenquimatoso ha sido el evento etiológico más encontrado como causa de ME, diversos estudios como el de Fagesa et al,⁹ donde se estudió una serie de 100 pacientes coincide con la aparición cada vez más asociado al envejecimiento y el incremento de los factores de riesgo en la población.

Es importante destacar la reducción progresiva de los donadores en ME por traumas craneales en algunos países, consecuente a la exigencia de utilización de cascos para ciclistas y motociclistas y a la exigencia de uso de los medios de protección en los trabajadores con riesgos.¹⁹

El estudio sonográfico de las arterias intracraneales exploradas a pacientes con una primera evaluación clínica de ME, reveló que el patrón de flujo reverberante fue el que más se encontró en los pacientes con un tiempo de evaluación entre la primera y

segunda evaluación con menos de dos horas, considerando que el hallazgo sonográfico es tiempo dependiente y ambos patrones diagnósticos de ME son dos estadios consecutivos en la evolución del descenso del flujo sanguíneo cerebral (FSC).

El patrón sonográfico normal de las arterias de la base del cerebro es de flujo continuo. La sangre se mueve en una única dirección dentro del vaso, se enlentece en la diástole y se acelera en la sístole, pero no se detiene ni se invierte su dirección.^{20,21}

Si la presión intracraneal comienza a ascender, se opone una resistencia al FSC y éste se va enlenteciendo. Inicialmente se enlentece más en diástole, que es la parte del ciclo en que el flujo se mueve con menor energía.

La respuesta es que aumenta la velocidad sistólica, cuando la PIC sigue en ascenso y alcanza a la presión arterial (PA) diastólica, el flujo se hace reverberante, es decir, avanza muy lentamente en la etapa sistólica y retrocede en la etapa diastólica, cuando la PIC alcanza a la presión arterial media (PAM) se ven las espigas sistólicas, cuando llega a la PA sistólica no se visualiza movimiento de la sangre en los vasos.⁷

El diagnóstico oportuno de la ME en nuestro estudio permitió que un número importante de pacientes se convirtieran en donantes reales de órganos, acortando el tiempo de evaluación y por consiguiente la aparición de complicaciones en el proceso de mantenimiento del donante, garantizando un menor uso de recursos materiales y disminución de los costes por estadía hospitalaria.

Conclusiones

El DTC se ha convertido en la única prueba instrumental a la cabecera del paciente que aporta elementos en tiempo real sobre el comportamiento de la circulación cerebral en el paciente neurocrítico.

En relación al diagnóstico de la ME, se considera fiable para apoyar su diagnóstico, no teniendo limitantes para su empleo con el uso de medicamentos sedantes, trastornos metabólicos del sistema nervioso o bloqueadores neuromusculares que limitan la aplicación de otras pruebas diagnósticas.

Es el único método no invasivo con una alta resolución temporal y detecta el cese del flujo sanguíneo con una alta especificidad; puede ser repetido sin alterar las funciones

vitales, ni orgánicas, no requiere trasladar al paciente crítico a otras áreas ni usar contrastes potencialmente nocivos.

El aumento de la PIC causada por hematoma intraparenquimatoso ha sido el evento etiológico más encontrado en nuestra serie como causa de ME, en hombres de más de 40 años, con el patrón de flujo reverberante como el más detectado al explorar la circulación cerebral en las primeras dos horas de establecerse el diagnóstico clínico.

El diagnóstico oportuno de la ME permitió que un número importante de pacientes se convirtieran en donantes de órganos, acortando el tiempo de evaluación y la aparición de complicaciones en el proceso de mantenimiento del donante, garantizando un menor uso de recursos materiales y disminución de los costes por estadía hospitalaria.

Referencias bibliográficas

1. Escudero D, Otero J, Quindós B, Viña L. Doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica. ¿Es útil o retrasa el diagnóstico? *Med Intensiva* 2015;39(4):244-50.
2. Quintana E, Morales R. Características del doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica. *Rev Cub Med Int Emerg* 2013;12(2):124-130.
3. Escudero D. Diagnóstico de muerte encefálica. *Med Intensiva* 2009;33(4):185-95.
4. Osorio M, Roca L, Manrique L. Diagnóstico de muerte encefálica: conceptos actuales para el anesestesiólogo. *Rev Mex Anest* 2015; 38(Supl. 1):131-3.
5. Jaramillo J. Definición de muerte encefálica. *Rev Mex Anest* 2015; 38 (Supl. 1):128-30.
6. García S, Sauri S, Meza E, Villagómez A. Muerte cerebral. Diagnóstico oportuno y axiomático de una pérdida neurológica definitiva; *Med Int Mex* 2012;28(6):585-97.
7. Grupo de consenso en doppler transcraneano en el diagnóstico de muerte encefálica. Consenso latinoamericano sobre el uso del doppler transcraneano en el diagnóstico de la muerte encefálica. *Rev Bras Ter Intensiva* 2014;26(3):240-252.
8. Real Decreto 1723/2012, de 28 de diciembre, por el que se regulan las actividades de obtención, utilización clínica y coordinación territorial de los órganos humanos destinados al trasplante y se establecen requisitos de calidad y seguridad. *BOE* 2012; (313): 89315-48.

9. Fagesa E, Tembla JI, Fortea G, López P, Lago A, Vicente JL, Vilchez JJ. Utilidad clínica del Doppler transcraneal en el diagnóstico de muerte encefálica: *Med Clin* 2004;122:407-12.
10. Thompson B, Wendell L, Potter N, Fehnel C, Wilterdink J, Silver B. The use of transcranial Doppler ultrasound in confirming brain death in the setting of skull defects and extraventricular drains. *Neurocrit Care* 2014; 21: 534-538.
11. Llompart-Pou J, Abadal J, Güenther A, Rayo L, Martín-del Rincón J, Homar J. Transcranial Sonography and Cerebral Circulatory Arrest in Adults: A Comprehensive Review *ISRN Critical Care*, (2013).
12. Calleja S, Tembl J, Segura T, Sociedad Española de Neurosonología (SONES) Recomendaciones sobre el uso del Doppler transcraneal para determinar la existencia de paro circulatorio cerebral como apoyo diagnóstico de la muerte encefálica. *Neurologia* 2007; 22: 441-7.
13. Orban J, El-Mahjoub A, Rami L, Jambou P, Ichai C. Transcranial Doppler shortens the time between clinical brain death and angiographic confirmation: a randomized trial. *Transplantation* 2012; 94 (6):585-8.
14. Sharma D, Souter M, Moore A, Lam A. Clinical experience with transcranial Doppler ultrasonography as a confirmatory test for brain death: a retrospective analysis. *Neurocrit Care* 2011; 14 (3):370-6.
15. Pérez A, Carrillo R, Díaz A, Zepeda A. Doppler transcraneal y cese de la circulación cerebral en muerte encefálica. *Rev Mex Crit y Ter Int* 2016; 30(1): 59-60.
16. Ríos A, López-Navas AI, Ayala-García MA, Sebastián MJ, Abdo-Cuza A, Alán J *et al.* Knowledge of the brain death concept by personnel in spanish and latin-american healthcare centers. *Int J Artif Organs*. 2014;37(4):336-43.
17. Orban JC, El-Mahjoub A, Rami L, Jambou P, Ichai C. Transcranial doppler shortens the time between clinical death and angiographic confirmation: A randomized trial. *Transplantation* 2012; 21(Epub ahead of print)
18. Webb A, Samuels O. Brain death dilemmas and the use ancillary testing. *Continuum (Minneap Minn)* 2012; 18: 659-68.

19. Verheijde JL, Rady MY, McGregor JL. Brain death, states of impaired consciousness, and physician-assisted death for end-of-life organ donation and transplantation. *Med Health Care Philos.* 2015;12(4):409-21.
20. Topcuoglu MA, Arsava EM. How Doppler effect occurs in absence of intracranial blood flow in brain death? *Med Hypotheses.* 2013;80(1):103-4.
21. Wijdicks E. The transatlantic divide over brain death determination and the debate. *Brain.* 2012;135(4):1321-31.