

## UTILIDAD DEL DOPPLER TRANSCRANEAL EN EL DIAGNÓSTICO DE LA MUERTE ENCEFÁLICA

**Dr. Carlos M. Sarduy Ramos\***; **Dr. Jorge L. Rodríguez Neira\*\***; **Dr. Humberto Osorio Mariño\*\*\***; **Dr. Sergio Vega Basulto\*\*\*\***

*\* Especialista de I Grado Medicina Interna. Intensivista.*

*\*\* Especialista de I Grado en Medicina General Integral. Intensivista.*

*\*\*\* Especialista I Grado en Nefrología. Coordinador de trasplante.*

*\*\*\*\* Especialista II Grado en Neurocirugía. Profesor Auxiliar. Jefe de Servicio.*

### RESUMEN

Se realizó un estudio descriptivo para valorar la utilidad del Doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica desde enero del 2002 hasta mayo del 2003 en el Hospital Provincial Docente "Manuel Ascunce Domenech" de Camagüey. El universo estuvo constituido por 45 pacientes. Las ventanas óseas temporal y orbital fueron utilizadas en todos los pacientes. Nueve sujetos presentaron patrón de separación diástole-sístole, dentro de las primeras dos horas del diagnóstico de muerte cerebral. El flujo reverberante y espicular se demostró en 34 enfermos, solamente siete de ellos en las primeras dos horas. En dos individuos (mujeres) no se detectó flujo a través de la ventana temporal y sí a través de la orbitaria. Con el uso de la ventana transorbitaria y la arteria carótida interna extracraneal el porcentaje de resultados positivos para la confirmación de la muerte encefálica se elevó al 100 %.

**DeCS: MUERTE CEREBRAL/diagnóstico; ULTRASONOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL/utilización**

## INTRODUCCIÓN

El fallecimiento de un ser humano, definido en términos biológicos, no es un evento instantáneo sino un proceso en el que se extinguen las distintas funciones de los órganos corporales, para finalizar cuando todas las células del organismo han cesado irreversiblemente sus funciones.<sup>1</sup>

La ausencia de cualquier tipo de movimiento corporal (incluidos movimientos respiratorios y el latido cardíaco) fue durante milenios el signo más aceptado para diagnosticar la muerte.<sup>1,2</sup>

Actualmente con el desarrollo de técnicas de soporte vital, ciertas enfermedades que antes se consideraban letales (shock cardiogénico, insuficiencia respiratoria grave, etc.), pueden ser controladas al sustituir completamente las funciones cardiorespiratorias del enfermo, de manera que éste, tras la resolución del proceso agudo puede independizarse de los elementos mecánicos de soporte y reincorporarse a una vida normal. Ello ha llevado a una modificación de los conceptos de fallo orgánico que servían para establecer la frontera entre la vida y la muerte, hasta esas fechas la presencia de fallo grave cardiocirculatorio, respiratorio o neurológico, desencadenaban inevitablemente la muerte ante la ausencia de elementos sustitutivos para las funciones de dichos órganos.<sup>2</sup>

En las sociedades modernas, el fracaso completo e irreversible de las funciones del Sistema Nervioso Central (SNC) es la auténtica frontera entre la vida y la muerte del ser humano, y es aceptada la muerte encefálica (ME) como indicador objetivo del fin de la vida.<sup>3,4</sup>

Desde 1994 varias sociedades de neurología y neurocirugía coinciden en que el estado de muerte cerebral está determinado por el examen clínico y es apoyado por pruebas confirmatorias.<sup>1,3,4</sup>

Dentro de las pruebas instrumentales de diagnóstico de la ME están las que evalúan la función neuronal: electroencefalograma (EEG) y potenciales evocados multinodales – y los test que evalúan flujo sanguíneo cerebral (FSC): arteriografía convencional o digital y Doppler transcraneal (DTC).<sup>5,6</sup>

La determinación de parada circulatoria cerebral como criterio fisiopatológico de ME, es un patrón constante asociado a ésta durante la sonografía DTC.<sup>6,7,8,9</sup> El aumento de la presión intracraneal (PIC), que se iguala a la presión arterial media (PAM), produce un incremento de la resistencia al flujo que condiciona un descenso de la presión de perfusión cerebral. Los cambios progresivos en la morfología de la onda condicionan una disminución inicial de la velocidad diastólica, que finalmente se hace cero e incluso muestra flujo retrógrado en diástole. Posteriormente quedan espigas sistólicas con ausencia de flujo diastólico. En el estado final no se obtiene ninguna señal.

Actualmente los patrones sonográficos identificables del cese circulatorio cerebral<sup>4,8,9</sup> son separación diástole-sístole, flujo reverberante y espiga sistólica aislada, en cualquier arteria cerebral registrada bilateralmente y en la arteria carótida interna (ACI) extracraneal y arteria cerebral media (ACM), respectivamente.

El hecho de que la detección de ausencia de flujo por DTC no se vea afectada por la administración de sedantes, tan frecuentes en situaciones de ME, le otorga una superioridad frente al tradicional EEG.<sup>4,7,8,10</sup>

Sin embargo, la principal limitación de esta prueba consiste en lo frecuente que resulta hallar mala ventana ósea, habitualmente la transtemporal en mujeres posmenopáusicas, sumado a lo difícil que se torna la movilización del paciente crítico para explorar la ventana occipital.<sup>10</sup> La ausencia de flujo en la ACM puede indicar cesación total del FSC o flujo no determinado por hiperostosis del hueso temporal.<sup>11</sup>

La realización de esta investigación tiene como objetivo evaluar si el uso de la ventana sónica transorbital incrementa la eficacia diagnóstica del DTC en pacientes con sospecha de muerte encefálica y reconocer los patrones sonográficos más frecuentes en la evaluación de estos enfermos.

## **MÉTODO**

Se realizó un estudio descriptivo con el objetivo de identificar el comportamiento sonográfico transcranial de los pacientes con diagnóstico clínico de ME desde enero de 2002 hasta mayo de 2003 en el Hospital Provincial Docente “Manuel Ascunce Domenech” de Camagüey. El universo de investigación ascendió a 45 pacientes.

### **1.- Criterios de inclusión:**

- 1- Pacientes mayores de 14 años
- 2- Paciente ventilado mecánicamente con buena oxigenación
- 3- Diagnóstico clínico de ME

### **Criterios de exclusión:**

- 1- Hipotermia primaria: Temperatura axilar, rectal o central  $\leq 33$  °C durante más de 30 min.
- 2- Shock: Presión arterial sistólica  $\leq 90$  mm Hg y PAM  $\leq 70$  mm Hg durante más de 30 min.  
Volumen de diuresis en la última hora  $\leq 50$  ml.
- 3- Coma debido a acción de drogas presoras del SNC (alcohol, benzodiazepinas, barbitúricos y otros).
- 4- Coma de causa endocrino-metabólica (hipoglucémico, mixedematoso, diabético).

### **2.- Criterios de ME:**

- 1- Coma profundo arreactivo y arrefléctico de causa conocida.**
- 2- Prueba de atropina negativa.**

La frecuencia cardíaca no aumenta más del 10 % sobre la frecuencia previa, durante 10 min de observación continua posteriores a la administración de 0.04 mg/Kg peso corporal intravenoso de atropina.

### **3.- Prueba de oxigenación apneica negativa**

. Ajustar parámetros ventilatorios para obtener una  $\text{PaCO}_2 \approx 40$  mm Hg

. Administrar oxígeno 100 % ( $\text{FiO}_2 = 1$ ) durante 15 min

Desconectar al paciente del ventilador y administrar oxígeno a un flujo de 4 l/min , a través de una sonda situada a nivel de la carina,.

. Observar al paciente hasta que la  $\text{PaCO}_2$  alcance 60 mm Hg (con gasometría evolutiva cada 5 min).

. Si no se dispone de gasometría tras aplicar los dos primeros pasos, se desconecta al paciente del ventilador y se comprueba la apnea durante 15 min. En este caso resulta imprescindible realizar oximetría de pulso.

. Finalmente, se conecta de nuevo al ventilador con los mismos parámetros prefijados antes de iniciar la prueba de apnea.

### **4.- Criterios instrumentales**

1- Angiografía cerebral convencional de los cuatro troncos arteriales por vía transfemoral o punción directa demostrando ausencia de FSC:

a) DTC: realizado al pie de la cama a todos los pacientes evaluados por dos intensivistas entrenados con un equipo Multi-Dop B<sup>+</sup> DWL con transductor pulsado de 2 MHz, de uso portátil, y análisis espectral en tiempo real.

b) Flujo reverberante (oscilante o bifásico).

Se considerará diagnóstico sonográfico de ME al registro de separación diástole-sístole, flujo reverberante o espicular en al menos dos arterias intracraneales homolaterales o patrón de flujo reverberante en ambas ACI y vertebrales extracraneales demostradas en dos exámenes realizados con no menos de 30 min de intervalo entre uno y otro.

### **5.- Criterio de irreversibilidad**

Clínicamente se establecerá mediante dos evaluaciones de al menos 30 min de duración, separadas entre una y otra por un intervalo de tiempo de media hora si se disponen de pruebas instrumentales concluyentes que apoyen el diagnóstico de ME (arteriografía convencional y DTC).

### **6.- Control semántico**

1- DTC: Aplicación de la ultrasonografía que permite la evaluación no invasiva y en tiempo real de la circulación cerebral

2- Ventanas óseas o sónicas: Zona del cráneo de mayor sonolucencia que permite el paso bidireccional de ecos pulsados a baja frecuencia (2MHz).

2.1 Ventana temporal: Localizada en el hueso temporal justamente por encima del arco cigomático.

2.2 Ventana transorbitaria: Localizada en la cavidad orbitaria.

2.3 Ventana transoccipital o transforaminal: Localizada lateralmente al foramen mágnum de forma bilateral.

2.4 ACI extracraneal: Localizada en el ángulo de la mandíbula.

### **Recolección y procesamiento de los datos:**

Se confeccionó una encuesta cuyas variables se reflejan en las tres tablas que se anexan. Los datos se procesaron en una microcomputadora IBM mediante el programa estadístico MICROSTAT con el fin de obtener las distribuciones de frecuencia con valores absolutos y relativos y estadística descriptiva. Se trabajó con el 95 % de confiabilidad.

## **RESULTADOS**

Fueron evaluados 45 pacientes (26 hombres y 19 mujeres). La media de edad total fue de 43.8 años (rango 28-69 años). Los hombres, 48.1 años (rango 28-67) y las mujeres, 65.3 años (rango 45-69 años).

En nueve pacientes, siete hombres y dos mujeres, fue hallado patrón sonográfico de separación diástole-sístole. En 36 individuos, 19 hombres y 17 mujeres, se encontró flujo reverberante o espicular, estos dos tipos espectrales representaron el 80 % del total de los patrones de arresto circulatorio cerebral (tabla 1).

**Tabla. 1 Relación entre patrón sonográfico y sexo**

Patrón	Sexo		Total			
	Masculino	Femenino				
<b>Separación diástole-sístole</b>	7	27.0	2	10.5	9	20.0
<b>Flujo reverberante</b>	14	53.8	8	42.1	22	48.9
<b>Espiga sistólica</b>	5	19.2	9	47.4	14	31.1
<b>Total</b>	26	100.0	19	100	45	100

Fuente: Encuesta

Al analizar la relación existente entre el sonograma y la ventana ósea utilizada, podemos observar que solamente en 10 mujeres (52,6 %) fue posible insonar la ACM a través de la ventana temporal.

En dos pacientes (ambas femeninas) no se obtuvo señal transtemporal a pesar de demostrar flujo oscilante bifásico y espiga sistólica aislada a través de ventana orbital (tabla 2).

**Tabla 2. Relación entre el resultado del sonograma y ventana ósea utilizada**

Patrón	Ventana Temporal				Ventana orbitaria			
	Masculino		Femenino		Masculino		Femenino	
	No	%	No	%	No	%	No	%
<b>Separación diástole-sístole</b>	7	27.0	1	8.3	7	27.0	2	12.4
<b>Flujo reverberante</b>	14	53.8	3	25.0	14	53.8	7	43.8
<b>Espiga sistólica</b>	5	19.2	6	50.0	5	19.2	7	43.8
<b>Ausente</b>	-	-	2	16.7	-	-	-	-
<b>Total</b>	26	100	12	100	26	100	16	100

Fuente: Encuesta

En cuanto a la relación existente entre el patrón sonográfico y el tiempo transcurrido del diagnóstico de la ME encontramos que la mayoría de los sujetos con menos de 2 h de confirmada la muerte cerebral presentaron patrón de separación diástole-sístole, mientras que el flujo reverberante y el espicular aparecieron entre la tercera y cuarta horas de la ME (tabla 3).

**Tabla 3. Relación entre patrón sonográfico y tiempo transcurrido de la muerte encefálica**

Patrón	Tiempo transcurrido		
	< 2 h	3-4 h	>4 h
<b>Separación diástole-sístole</b>	9	-	-
<b>Oscilante bifásico</b>	2	19	-
<b>Espicular</b>	-	12	3
<b>Ausencia flujo</b>	-	1	3

Fuente: Encuesta

## DISCUSIÓN

La evaluación del paciente en ME requiere del examen clínico neurológico y de medios diagnósticos. La evaluación de la función neuronal a través del EEG, el electroretinograma (ERG),

los potenciales evocados de tallo cerebral (PETC), la gammagrafía de perfusión cerebral (GPC), la arteriografía cerebral y el DTC, han sido los métodos más utilizados para apoyar el diagnóstico clínico y acortar el tiempo de observación del paciente.<sup>12,13</sup>

El DTC se comenzó a utilizar para estimar el flujo cerebral en los años 80, cuando *Aaslid*<sup>14</sup> realizó los primeros trabajos con este método de estudio. Sus ventajas se hicieron evidentes desde el principio porque detecta la ausencia de perfusión cerebral, puede realizarse en la misma cama del paciente grave, de fácil repetición, bajo costo, no introduce riesgo adicional ni se modifica con los numerosos equipos médicos a que el paciente grave está conectado, y suministra una información valiosa.

Los patrones morfológicos del DTC en la ME son la inversión del flujo diastólico (patrón reverberante), la presencia de espigas sistólicas sin flujo diastólico, y la diástole-sístole que permite relacionar los estadios clínicos del paciente.

Algunas desventajas de este estudio señaladas por otros autores<sup>13,15</sup> son la subjetividad (variabilidad interobservadores) y la posibilidad de encontrar una mala ventana ecográfica. La mayor ventaja del DTC sobre los estudios tradicionales (EEG y PETC) es no verse afectado por la sedación del paciente ni por las numerosas interferencias eléctricas de una sala de terapia.

Distintos autores<sup>13,15,16</sup> avalan la utilidad del DTC para comprobar la ausencia de perfusión encefálica. En nuestro estudio se utilizaron distintas ventanas sonográficas que permitieron evaluar todas las arterias, tanto de territorio carotídeo como vertebrobasilar, lo cual le da una eficiencia elevada. Otros, como *Nebra* y *colaboradores*,<sup>13</sup> utilizan ventanas para carótida extracraneal y vertebrobasilar, lo cual puede reducir la sensibilidad del estudio. Otros estudios<sup>12,14</sup> no las para explorar el territorio, porque su muestra ha estado compuesta fundamentalmente por politraumatizados en los que los movimientos cervicales pueden ser arriesgados, si no se dispone de buenos estudios radiográficos del raquis superior.

La sensibilidad diagnóstica del DTC ha sido reportada en el 100 % de los pacientes<sup>7</sup> o entre el 90-95 %<sup>8</sup>, sin embargo, algunos estudios han cuestionado su confiabilidad y consideran otros estudios superiores.<sup>12</sup>

El DTC ofrece sensibilidad y eficiencia cuando se realiza detalladamente para obtener patrones de flujo reverberante bifásico y espiga sistólica aislada. No obstante, debido a la dificultad para penetrar a través del hueso temporal se reporta hasta un 10 % de ausencia total de señal de flujo.<sup>2,10,11</sup> La aceptación de ausencia de señal de DTC como patrón de muerte cerebral puede parecer controvertida si se tienen en cuenta los problemas con la ventana temporal o los disímiles patrones normales de circulación del círculo anastomótico de *Willis*. Para evitar las falsas interpretaciones, en todos los sujetos de nuestro estudio, se dio como válido este resultado siempre que existiera un estudio previo de referencia que demostrara perfusión encefálica o si el estudio de la carótida extracraneal bilateral evidenciaba señales de flujo.<sup>13</sup>

La finalidad de nuestra investigación fue determinar la utilidad del DTC en el diagnóstico de la ME. Los resultados evidenciaron patrones positivos en la mayoría de las ventanas sónicas. La ventana temporal evidenció un 100 % de utilidad. La proporción elevada de mujeres con ausencia de flujo transtemporal lo relacionamos con la inclusión de pacientes postmenopáusicas. Investigaciones previas que incluyeron grupos de pacientes con mayor edad, demostraron un alto porcentaje de ausencia de flujo en las grandes arterias de la base craneal, en especial de la ventana temporal.<sup>10</sup>

La ventana transorbitaria permitió confirmar también los patrones circulatorios de ME ya revelados. Los patrones reverberantes fueron los más frecuentes y seguros en el diagnóstico y las espigas sistólicas fueron consideradas de valor en la circulación anterior; pero en la fase posterior el hallazgo puede inducir a falsos positivos.<sup>16,17</sup>

No consideramos que la subjetividad sea una desventaja de este método, siempre que sea el mismo observador quien realiza las exploraciones de manera repetida a un mismo paciente. Esta forma de desempeño, habitual en nuestra institución, elimina ese inconveniente.

Comparamos nuestros resultados sonográficos con el tiempo transcurrido después del diagnóstico clínico de ME y encontramos similares características a otros estudios<sup>12,16,17</sup> que señalan como predominante el patrón separación diástole-sístole en las primeras horas, y en las tercera y cuarta la dominancia de los patrones oscilante bifásico y espicular. Esta modificación de los patrones sonográficos con las horas de evolución de la ME puede interpretarse y comprenderse claramente a la luz de la dinámica del FSC y sus modificaciones con el aumento progresivo de la presión intracraneal y la pérdida de la regulación.<sup>18,19</sup>

*Nebra y colaboradores*<sup>13</sup> insisten en que los resultados deben analizarse detalladamente y tener en cuenta las posibilidades de una dinámica o morfología vascular variable, pero normal en muchos pacientes.

## CONCLUSIONES

1. La positividad del estudio fue elevada, se tuvo en cuenta la exploración de múltiples ventanas supratentoriales e infratentoriales, incluida la transorbitaria.
2. Los patrones más frecuentes fueron el flujo reverberante y el de separación sístole-diástole.
3. La subjetividad del estudio se excluyó con la repetición del examen por el mismo explorador.
4. El DTC es un método rápido, inocuo y efectivo, para el diagnóstico de la supresión del FSC en el paciente donde se sospecha ME. Tiene numerosas ventajas en comparación con otros.



## **ABSTRACT**

A descriptive study was performed to evaluate the utilization of Doppler transcranial ultrasonography in the diagnosis of the brain death from January 2002 to May 2003 at "Manuel Ascunce Domenech" Provincial Hospital. The universe was composed of 45 patients whose data were processed by Microstat program. Osseous temporal and orbital windows were used in all patients. Nine subjects presented diastole-systole separation pattern all within the first two hours of the brain death diagnosis. Reverberant and spicular flow was show in 34 sick patients only seven of them in the first two hours. In two individuals (both women) it was not detected flow through the temporal window but in the orbitary it was detected. With the use of the transorbital window and the extracranial internal carotid artery, the percentage of positive results for the brain death was elevated to 100 %.

**DeCS: BRAIN DEATH/diagnosis; DOPPLER TRANSCRANIAL; ULTRASONOGRAPHY /utilization**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1- A definition of irreversible coma. Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death. *JAMA* 1968;205:337-40.
- 2- García OD, Roman JM. Redefining death: bioethical and theological implications. *Neurology* 1987;37:1733-35.
- 3- Report of the American Academy of Neurology. Therapeutics and echnology Assessment Subcommittee: transcranial Doppler. *Neurology* 1990;40:680-1.
- 4- Canadian Neurocritical Care Group. Guidelines for the diagnosis of brain death. *Can J Neurol Sci* 1999;26: 64-6.
- 5- Ducroq X, Hasseler W, Moritake K, Newell DW, Reutern GM von, Shiogai T, et al. Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using Doppler-sonography: Task Force Group on cerebral death of the Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology. *J Neurol Sci* 1998;159:145-50.
- 6- Alexandrov AV, Joseph M. Transcranial Doppler: overview of its clinical applications. *Intensive Care Med* 2000;4(1):565-677.
- 7- Ferri M, Ralli L, Felici M, Vanni D, Capria V. Transcranial Doppler and brain death diagnosis. *Crit Care Med* 1994; 22:1120-6.
- 8- Powers AD, Graeber MC, Smith RR. Transcranial Doppler ultrasonography in the determination of brain death. *Neurosurgery* 1989;24:884-9.

- 9- Hadani M, Bruk B, Ram Z, Knoller N, Spiegelmann R, Segal E. Application of transcranial Doppler ultrasonography for the diagnosis of brain death. *Intensive Care Med* 1999;25:822-8.
- 10- Paolin A, Manuali A, Di Paola F. Reliability in diagnosis of brain death. *Intensive Care Med* 1995;21:657-62.
- 11- Yair Lamp L, Ronit Giland, Yehiel Eschel, Mona Boaz, Abrahan Rapoport. Diagnosing brain death using the transcranial Doppler with a transorbital approach. *Arch Neurol* 2002;59:58-60.
- 12- Laserda AJ, Vega S, Delgado H. La angiografía cerebral y la muerte encefálica. *Rev Cubana Cir* 1997;36:96-101.
- 13- Nebra AC, Virgís B, Santos S, Tejero C, Larraga J, Araiz JJ, et al. Diagnóstico clínico de muerte encefálica y el empleo del Doppler transcraneal. *Rev Neurol* 2001;33:916-20.
- 14- Salid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769-74.
- 15- Ropper AH, Kehne SM, Wechsler L. Transcranial Doppler in brain death. *Neurology* 1997;37:1733-5.
- 16- Hodelin R, Fuentes D. Electrorretinograma y potenciales evocados en el diagnóstico de la muerte encefálica. *Rev Neurol* 2000;31:593-6.
- 17- Flowers WM, Patel BR. Accuracy of clinical evaluation in the determination of brain death. *South Med J* 2000;93: 203-6.
- 18- Widjicks EF. The diagnosis of brain death. *N Engl J Med* 2001;344:1215-21.
- 19- Wang Y, Wallace RN, Gruen MD. Brain death documentation: analysis and issues. *Neurosurgery* 2002;51:731-6.