

ARTÍCULOS ORIGINALES



Doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica

Transcranial Doppler in the brain death diagnosis

Alexeis Planas Oñate¹, Armando Elías González Rivera², José Mario Sánchez Miranda³, Calixto Machado Curbelo⁴

Resumen

Introducción: el concepto de muerte ha evolucionado desde el punto de vista médico, legal y cultural, por esta razón es considerada no solo por criterios diagnósticos cardiorrespiratorios, sino también por la pérdida irreversible de las funciones encefálicas. La muerte encefálica ha sido reconocida y aceptada como la muerte del individuo. El doppler transcraneal es una prueba instrumental utilizada frecuentemente para apoyar este diagnóstico.

Objetivo: describir los hallazgos sonográficos del doppler transcraneal encontrados en pacientes con muerte encefálica.

Métodos: se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal en el Hospital Universitario "General Calixto García", en el período comprendido entre enero del 2014 y diciembre del 2015; con un universo de 47 pacientes, la muestra quedó constituida por 44 pacientes en los cuales se utilizó el doppler transcraneal para confirmar dicho diagnóstico.

Resultados: el estudio mostró un predominio del sexo masculino, una edad media de 41.9 años y el trauma craneoencefálico como primera causa de muerte encefálica. La ventana temporal fue la más utilizada y la arteria

cerebral media la más explorada. Se encontró espigas sistólicas aisladas como patrón sonográfico más frecuente.

Conclusiones: el estudio mostró una alta sensibilidad y especificidad del doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica.

Palabras clave: Diagnóstico; Doppler transcraneal; Muerte encefálica.

Abstract

Introduction: brain death definition has evolved from the medical, lawful and cultural point of view, that's why it is not considered only by cardio-respiratory diagnostic criteria, it is also considered by irreversible waste of the cerebral functions. Brain death has been acknowledged and accepted like the patient's death. Transcranial Doppler is an instrument test frequently done to brain death diagnosis.

Objective: to describe the results of the ultrasonography patterns finding in patients with brain death.

Methods: a prospective, descriptive and transversal trial was realized at the "General Calixto García" Teaching Hospital, between January 2014 and December 2015. Forty-seven patients

who had brain death diagnosis represented the research universe and the sample was 44 patients in whom was used the transcranial Doppler sonography to confirm this diagnosis.

Results: this research showed masculine sex prevalence, the age average was 41.9 years and the brain trauma was the first cause of brain death. The temporal brain window was the most used and the middle cerebral

artery was the most explored. It was found isolated systolic spikes as sonography pattern predominant of brain death.

Conclusions: this trial showed high sensitivity and specificity of the transcranial Doppler in the brain death diagnosis.

Key words: Diagnosis; Transcranial Doppler; Brain death

Introducción

El concepto de muerte ha evolucionado desde el punto de vista médico, legal y cultural en una nueva era donde la medicina de alta tecnología juega un papel importante ayudando en el diagnóstico clínico de las enfermedades.

El desarrollo de la medicina y la aparición a mitad del siglo XX de las primeras Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), trajo consigo la implementación y utilización de técnicas de soporte cardiocirculatorio y de ventilación mecánica; las cuales permitían de forma artificial mantener a pacientes con estas funciones.¹ Las mismas también fueron aplicadas a pacientes con graves lesiones cerebrales, sin embargo en este último grupo de pacientes, se encontraron casos que teniendo las condiciones anteriores presentaban ausencia de las funciones cerebrales.

Dada esta situación surge la necesidad de definir en qué momento este complejo tratamiento era inútil, lo cual llevó a una nueva definición de muerte. Por esta razón la muerte no solo se considera por criterios diagnósticos cardiorespiratorios, sino también por la pérdida irreversible de las funciones encefálicas.²

La muerte encefálica (ME), ha sido reconocida y aceptada como la muerte del individuo por la comunidad científica

internacional, recogiendo en legislaciones de diferentes países.³

Según la legislación vigente en nuestro país, la ME supone el cese irreversible de las funciones de todas las estructuras encefálicas, tanto de los hemisferios cerebrales, como del tronco encefálico y del cerebelo.^{3,4} La misma aparece cuando la presión intracraneal supera la presión arterial media del paciente, lo que da lugar a la parada circulatoria cerebral, la cual si se mantiene de forma prolongada en el tiempo da lugar a la ME.^{3,5,6}

Las principales etiologías de la ME incluye: ictus isquémico o hemorrágico, hemorragia subaracnoidea, traumatismo cráneoencefálico (TCE), encéfalopatía hipóxica, infecciones y tumores del sistema nervioso central (SNC).³ En nuestro medio la principal causa siguen siendo los TCE severos aunque en los últimos años se ha visto un incremento de las enfermedades cerebrovasculares (ECV).

La declaración de ME es un diagnóstico de gran responsabilidad, con trascendencia médica, ética y legal; ya que al ser declarado el paciente en ME, exige retirar todas las medidas terapéuticas, incluidas las de soporte artificial,⁵⁻⁷ entre ellas, el apoyo vasoactivo y/o inotrópico y el soporte ventilatorio mecánico. Uno de los casos en los cuales no

se considera la retirada de la ventilación artificial es en los pacientes posibles donantes de órganos a los cuales, previa aprobación del consentimiento de los familiares para la donación, se procedería a realizarla extracción de órganos para trasplante.⁵⁻⁹

El diagnóstico de ME se basa en una exploración neurológica exhaustiva que debe ser realizada por médicos expertos en el manejo de pacientes neurocríticos.^{1,5,6,10} Además del diagnóstico clínico, hay una serie de pruebas instrumentales que pueden ser obligatorias en algunos casos y que varían de un país a otro.

Algunos autores defienden que el diagnóstico de la ME, debe realizarse con la demostración del cese del flujo sanguíneo cerebral asociado a una ausencia de la actividad neurológica demostrada por el examen clínico.^{5,6,10}

La exploración neurológica clínica ha permanecido como el elemento básico y central para la determinación de la muerte cerebral.^{1,3,6,7,10-15} El examen clínico de los pacientes presuntamente en muerte encefálica debe ser realizado de modo sistemático, con extrema precisión y rigurosidad, por esta razón se han organizado protocolos de diagnóstico de ME, que permiten velar por el cumplimiento estricto de lo antes planteado.

En nuestro país está bien definido por la legislación vigente que la ME es equivalente a la muerte del paciente y que su diagnóstico es clínico. En la misma aparecen reflejadas cuales son las circunstancias especiales que obligan a la utilización de pruebas instrumentales para realizar este diagnóstico.¹⁰⁻¹²

Sin embargo somos de la opinión al igual que algunos otros autores, que debido a los grandes avances científicos y técnicos, a la luz de los resultados actuales de las investigaciones en esta área de la medicina, se debería

asociar a estos exámenes clínicos, pruebas instrumentales no tan costosas que pueden ser realizadas a la cabecera del paciente^{5,6,10} como por ejemplo: el doppler transcraneal, potenciales evocados, electroencefalogramas, entre otras; que permitan brindar una mayor confianza al personal encargado de realizar este diagnóstico, apoyando el pensamiento clínico, y brindando un margen de seguridad al paciente.

El doppler transcraneal (DTC), introducido en la práctica médica en 1982 por Aaslid et al,^{16,17} es una prueba instrumental que se utiliza en la neuromonitorización de pacientes neurocríticos. También es usado para apoyar el diagnóstico de la muerte encefálica,^{1,3,9,10} en esta última ha demostrado su capacidad para revelar el cese de la circulación cerebral efectiva (parada circulatoria cerebral) con una elevada especificidad y sensibilidad.^{13,18,19}

Se recomienda para su utilización además de la estabilidad hemodinámica del paciente, realizar dos exploraciones sonográficas separadas al menos 30 minutos una de la otra, donde se demuestre la parada circulatoria cerebral utilizando un equipo de DTC adecuado. Se prefiere que el explorador además de ser el mismo, sea un experto en la utilización de esta técnica.^{3,20,21}

Entre las ventajas del DTC se mencionan: no ser una técnica invasiva, puede ser realizada con un equipo portátil y permite repetir las exploraciones en la cabecera del enfermo cuantas veces sea necesario, e incluso mantenerse como monitorización permanente; tiene escasa interferencia con la administración de fármacos a diferencia de otras pruebas que examinan la circulación cerebral. Su costo es bajo, ya que se requiere menos personal, material y tiempo en comparación con otras exploraciones complementarias, no requiere el traslado de pacientes a

otras áreas y no usa contrastes isotópicos nocivos.^{16,20,22-25} Otras de sus ventajas son la disminución del tiempo determinante para la identificación rápida de los donantes potenciales y su ayuda en la gestión de las unidades de críticos (dado el coste/cama y limitación de recursos).^{16,20,22-25}

De sus limitaciones podemos señalar su subjetividad, ya que puede existir variabilidad de resultados encontrados entre observadores. En el 10-15% de las personas normales se obtienen malas ventanas sónicas,^{5,6} se necesita estabilidad hemodinámica adecuada para obtener una buena señal en el paciente.

Otra de sus desventajas son los casos falsos negativos, los cuales se pueden encontrar en: lesiones de fosa posterior que destruyen el tallo encefálico con preservación de la circulación anterior, cortocircuitos extra-intracraneales (informado en neonatos), fracturas de la base del cráneo con comunicación arterio/venosa traumáticas, malformaciones vasculares alimentadas por la circulación de la arteria carótida externa, las grandes craneotomías descompresivas, que permiten una mayor distensión del tejido cerebral; las fracturas craneales abiertas o los drenajes ventriculares, en los niños donde las fontanelas todavía no se han cerrado. En todas estas situaciones se pueden encontrar en el DTC, flujos residuales encefálicos.^{13,15,26}

A pesar de estas limitaciones, sin duda es muy útil cuando se trata de la ME y entre los elementos principales brindados está su capacidad para detectar la presencia del paro circulatorio cerebral

y su utilidad en la confirmación de la sospecha de ME;^{15,27,28} resultados que son avalados por múltiples investigaciones.^{2,10,11,13,17,20,28-33}

El Hospital Universitario "General Calixto García" de la Habana, es un centro de referencia nacional en la atención al paciente neurocrítico. Esta tecnología ha facilitado la evaluación del diagnóstico de muerte encefálica.

Luego de más de 10 años sin utilizar esta tecnología, nuestra institución se ve favorecida con la entrada de un equipo DTC de nueva generación; el cual se ha utilizado como una herramienta diagnóstica para el seguimiento neurointensivo del paciente crítico, permitiendo además su uso en el diagnóstico de la muerte encefálica.

Conociendo que este proceder constituye una de las aplicaciones más prometedoras en la evaluación del diagnóstico de la muerte encefálica en la actualidad, decidimos hacer este trabajo que nos brinde respuestas a interrogantes como: ¿Qué patrón de parada circulatoria cerebral predomina en el sonograma de los pacientes en muerte encefálica de nuestra institución? ¿Cuál es la sensibilidad del doppler transcraneal como test en el diagnóstico de la muerte encefálica?

Por tanto, se decidió realizar la presente investigación con el objetivo de describir los hallazgos sonográficos del doppler transcraneal encontrados en pacientes diagnosticados en muerte encefálica en el Hospital Universitario "General Calixto García" de la Habana durante dos años de estudio.

Metodología

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal, en el período comprendido entre enero del 2014 y diciembre del 2015.

Ámbito: unidades de atención al paciente crítico del Hospital Universitario "General Calixto García".

Pacientes: universo de 47 pacientes diagnosticados en ME y la muestra quedó constituida por 44 pacientes en

los cuales se usó el DTC para confirmar la ME.

Intervenciones: se realizó una primera evaluación clínica positiva para ME y luego se utilizó la sonografía DTC para confirmar dicho diagnóstico. Se realizaron dos exploraciones de DTC con un intervalo de diferencia no menor de 30 minutos entre ellas, demostrando la existencia de parada circulatoria cerebral en las arterias del polígono de Willis, con un mínimo de una arteria en cada hemisferio cerebral para el territorio anterior, y en la arteria basilar o en las arterias vertebrales para el territorio posterior.

Variables de interés principales: edad, sexo, etiología de la ME, ventanas sonográficas, arterias exploradas, patrones sonográficos en pacientes con ME, sensibilidad y especificidad del DTC en el diagnóstico de la ME.

Los patrones de parada circulatoria cerebral aceptados para diagnosticar la ME fueron: flujo reverberante (FR), espigas sistólicas aisladas (ESA) y ausencia de flujo (AF), este último se consideró cuando se tenía una exploración previa con sonograma observado por ventana sónica y que fuera realizado por el mismo explorador. La separación sisto-diastólica no fue considerada como patrón de ME por no estar incluida en nuestra resolución.¹²

Los pacientes aceptados en la investigación tuvieron que cumplir con los siguientes criterios de selección:

Criterio de inclusión:

- Pacientes mayores de 18 años y de ambos sexos.
- Pacientes que fueron diagnosticados en muerte encefálica utilizando el protocolo de diagnóstico de muerte cerebral (Resolución 90) vigente en la República de Cuba.¹²
- Pacientes para los cuales sus familiares dieron autorización para

participar en este estudio a través del documento de consentimiento informado.

- Pacientes con una primera evaluación clínica positiva para muerte encefálica y en los cuales se utilizó el doppler transcraneal como segunda evaluación para realizar dicho diagnóstico.

Criterio de exclusión:

- Paciente que no cumplieron las condiciones para el diagnóstico clínico de muerte encefálica, según el protocolo de diagnóstico vigente en la República de Cuba.
- Pacientes en muerte encefálica cuyos familiares no dieron la autorización para participar en este estudio a través del documento de consentimiento informado.
- Pacientes en muerte encefálica en los cuales no se utilizó el doppler transcraneal para apoyar el diagnóstico.

Criterios diagnósticos de muerte encefálica:

Se siguieron según lo establecido en la Resolución Ministerial No. 90 del Ministerio de Salud Pública aprobada en el año 2001. Para la determinación de la muerte en Cuba, en el Anexo I donde se relacionan los signos directos de la muerte que se pueden encontrar; refiriéndonos al inciso noveno que aborda los criterios de muerte encefálica (pérdida irreversible de las funciones encefálicas) y al anexo II de dicha resolución donde se aborda todo lo referente a ese signo específico.¹²

Para la demostración de la parada circulatoria cerebral mediante sonografía doppler transcraneal en las arterias del Polígono de Willis, se exploró tanto en el territorio anterior (al menos una arteria de cada hemisferio cerebral), como en el territorio posterior (a través de las arterias verte-

brales o basilar); con realización obligatoria de dos exámenes de DTC con una diferencia no menor de 30 min que demostraran la parada circulatoria cerebral en todas las arterias exploradas, según recomendaciones de la Sociedad Española de Neurosonología (SONES).¹³
Técnicas y procedimientos de recolección y análisis estadístico:

Para la realización de la sonografía doppler transcraneal se utilizó un equipo de doppler EZ-DOP, de la marca DWL, empleándose un transductor de 2 MHz; todos los exámenes fueron realizados por un mismo investigador. La arteria cerebral media (ACM), la anterior (ACA) y la posterior (ACP), fueron sonadas a través de la ventana temporal, mientras que las arterias vertebrales (AV) y la basilar (AB) fueron sonadas a través de la ventana transforaminal.

Los datos obtenidos se recogieron de la base de datos del Servicio de Coordinación de Trasplante de Órganos y Tejidos del Hospital Universitario "General Calixto García", de la base de datos del equipo de doppler transcraneal de la unidad de cuidados intensivos, el cual se utilizó para este estudio; de las historias clínicas de los pacientes, de los hallazgos clínicos encontrados en el examen físico y exámenes complementarios realizados. Los mismos se plasmaron en un anexo creado para este fin y se introdujeron en una base de datos en Excel de

Microsoft Office 2010, analizada con el sistema estadístico computarizado Statistica 6.0 sobre Windows para calcular los estadígrafos de posición (media aritmética, moda y mediana) de dispersión (desviación típica) y de relación (coeficientes de correlación de Pearsons). Además se utilizaron las dójimas Chi Cuadrado, T de Student y la de Levene para analizar las diferencias observadas en los puntajes cualitativos con un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

La presentación de los resultados se realizó en forma de tablas y gráficos estadísticos.

Principios éticos:

Antes que cada paciente fuera incluido en el estudio, se le pidió a su representante legal el consentimiento para permitir que la información obtenida se pudiera utilizar en la investigación. Se le explicaron los objetivos y la importancia de la misma, y se le dio la posibilidad de abandonar el estudio cuando lo desearan si así lo entendiesen necesario, sin repercusión alguna en la atención médica sobre sus pacientes.

La aceptación de participar en el estudio se solicitó de manera verbal y por escrito.

Durante todo el proceso de la investigación se respetaron los principios éticos de justicia, autonomía, integridad, beneficencia y no maleficencia.

Resultados

El TCE fue la principal causa de muerte encefálica seguido de las enfermedades cerebrovasculares (Gráfico 1). En la presente investigación existió predominio del sexo masculino y del

grupo etario de 45-59 años seguido por el grupo de 30-44 años, pudiéndose considerar la misma como una población joven (Tabla 1).

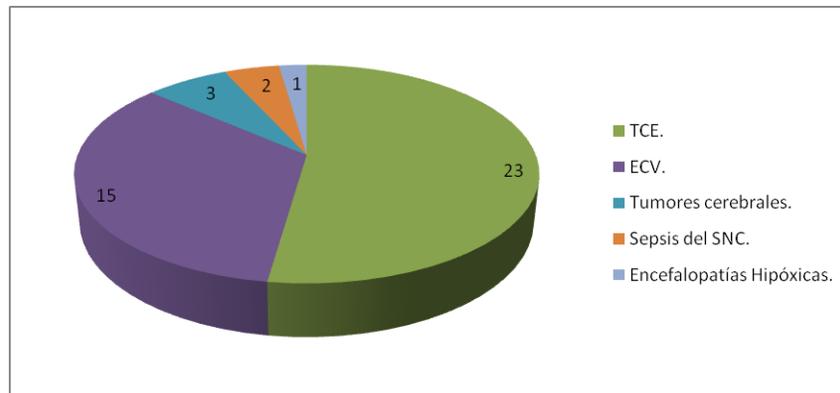


Gráfico 1. Causas de muerte encefálica.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García".

Tabla 1. Distribución de casos con muerte encefálica según edad y sexo

Grupo de edades	Pacientes.	Sexo.		%
		Masculino	Femenino	
15-29	8	6	2	18.2
30-44	14	<u>10</u>	<u>4</u>	31.8
45-59	17	<u>13</u>	<u>4</u>	38.6
>60	5	3	2	11.4
TOTAL	44	32	12	100

Fuente: Base de datos del Servicio de Coordinación de Trasplante de Órganos y Tejidos del Hospital Universitario "General Calixto García".

Durante la exploración del DTC la ventana sónica más empleada fue la temporal, debido a su fácil acceso y la posibilidad de exploración de varias arterias intracraneales. En la realización inicial de la evaluación de ventanas óseas por DTC, se encontró espigas sistólicas aisladas como patrón sonográfico más frecuente en pacientes con ME, seguidas de un patrón de bajas

velocidades, con velocidades diastólicas (VD) disminuidas por debajo de 15 cm/s en la arteria cerebral media (Gráfico 2).

Los DTC realizados después de la primera y la segunda evaluación demostraron a las espigas sistólicas aisladas como patrón sonográfico más frecuente de parada circulatoria cerebral (Gráfico 3).

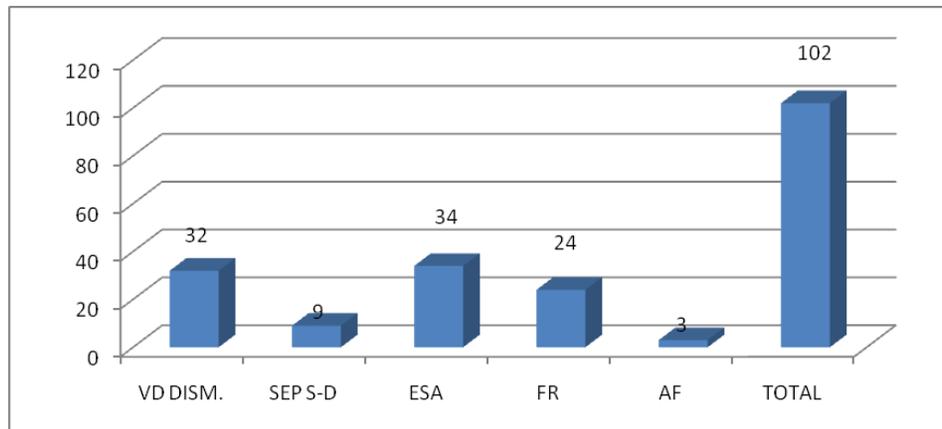


Gráfico 2. Patrones sonográficos de DTC hallados en evaluación de ventanas óseas.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García"

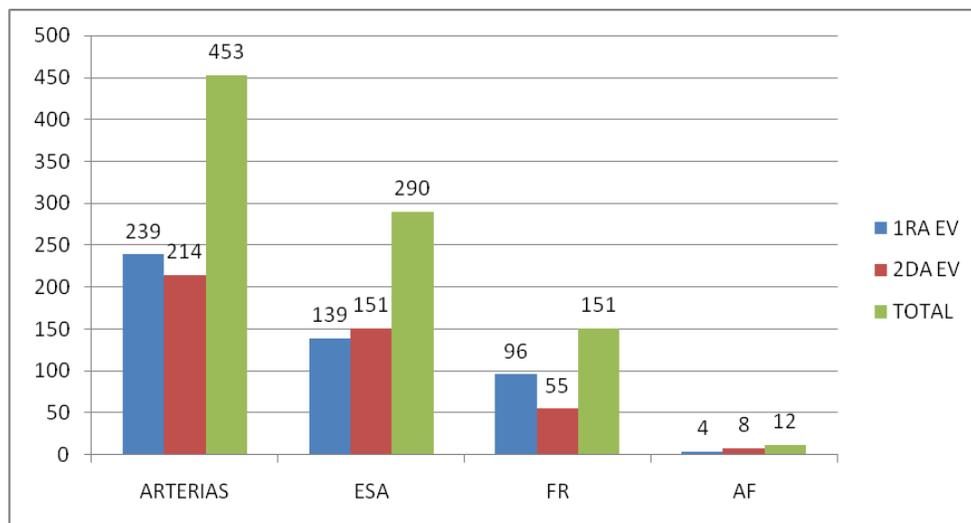


Gráfico 3. Total de arterias isonadas y patrones sonográficos de DTC hallados luego del diagnóstico clínico de muerte encefálica.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García"

El hallazgo del patrón sonográfico de espigas sistólicas aisladas o espicular

fue predominante en todas las arterias exploradas (Gráficos 4, 5).

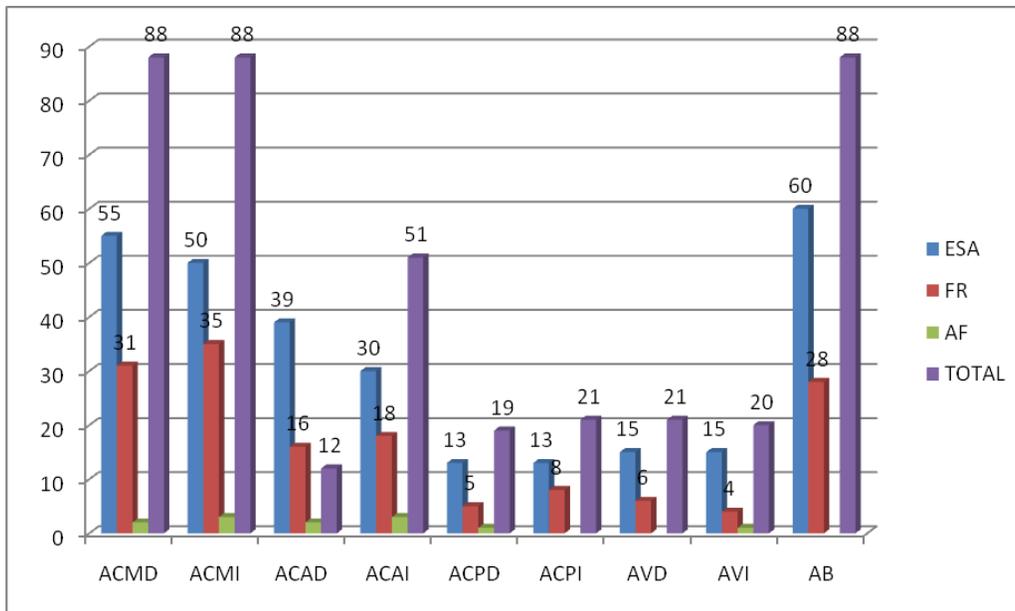


Gráfico 4. Arterias isonadas y patrones sonográficos de DTC hallados luego del diagnóstico clínico de muerte encefálica.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García"

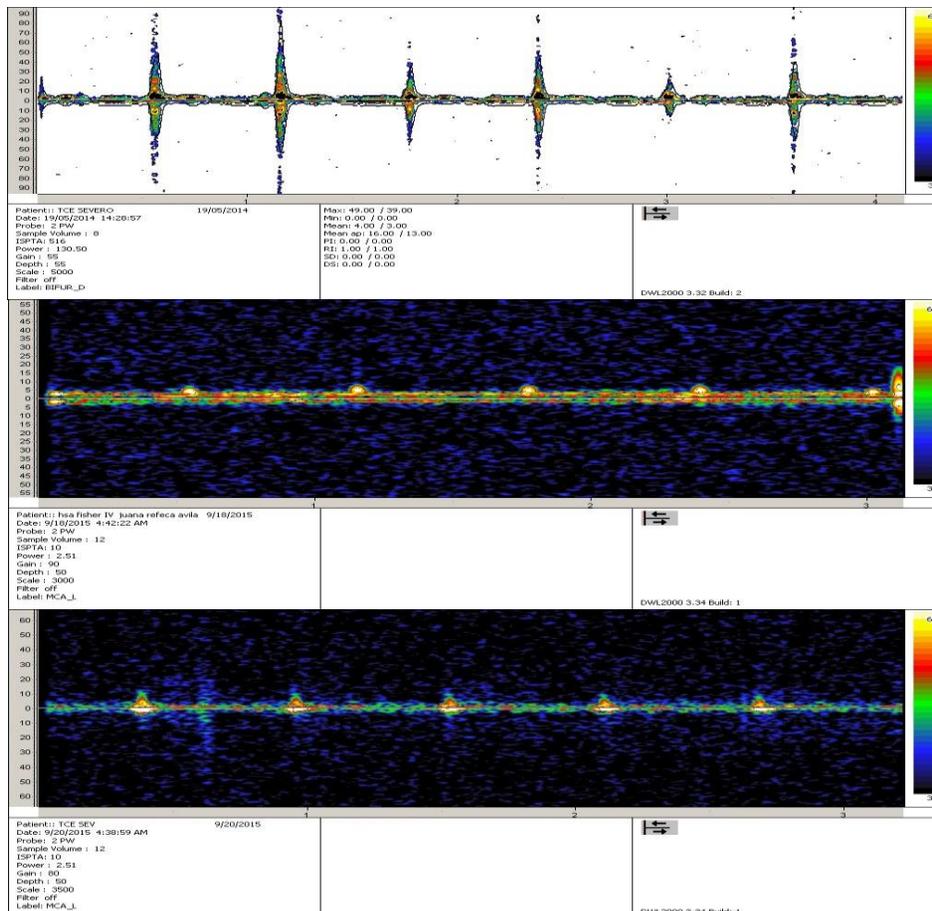


Gráfico 5: Patrones de espigas sistólicas aisladas encontrados en pacientes con ME.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García"

El flujo reverberante fue el segundo patrón sonográfico encontrado con mayor frecuencia en los pacientes con el diag-

nóstico de muerte encefálica en nuestra investigación mediante el empleo del doppler transcraneal (Gráfico 6).

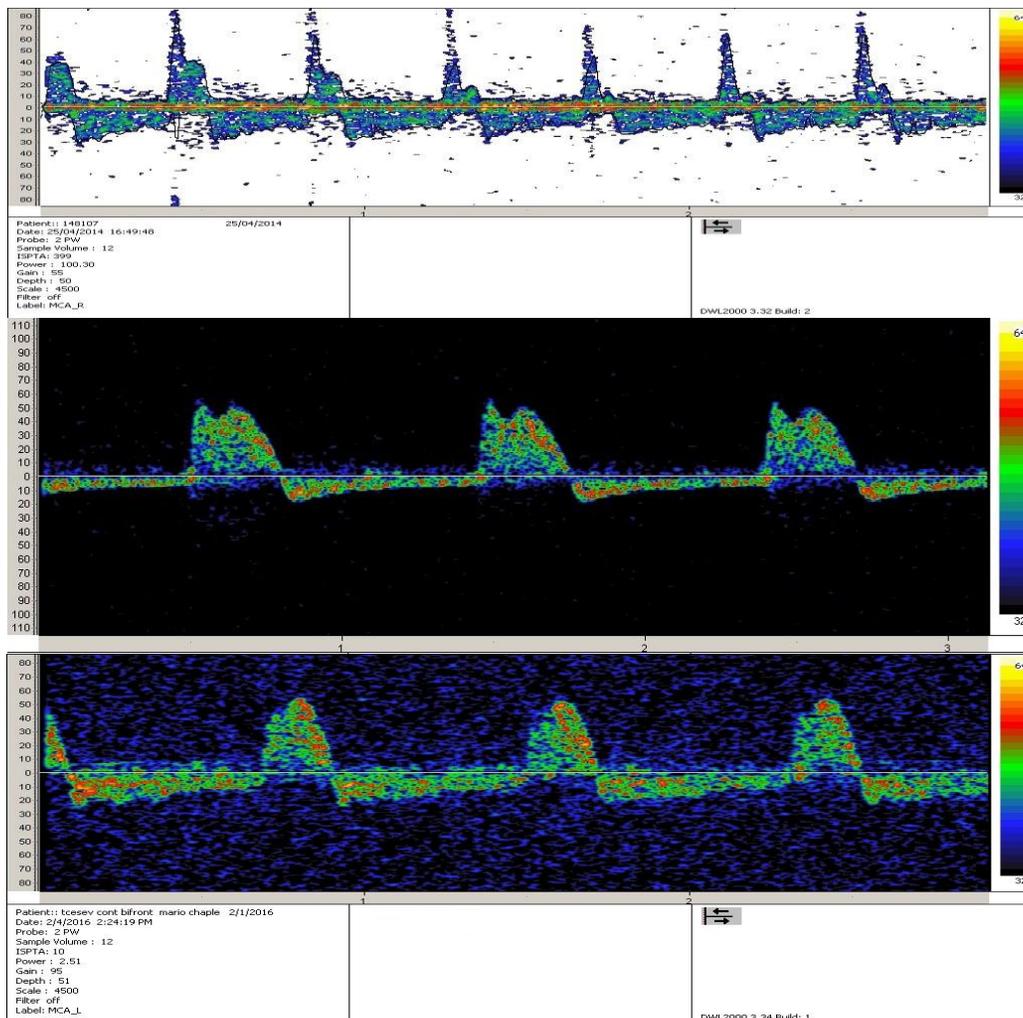


Gráfico 6: Patrones de Flujo Reverberante encontrados en pacientes con ME.

Fuente: Base de datos del equipo de Doppler Transcraneal de la UCI. Hospital Universitario "General Calixto García"

Nuestro estudio mostró una alta sensibilidad y especificidad del DTC en el diagnóstico de la muerte encefálica (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación con algunos estudios de especificidad y sensibilidad del DTC en el diagnóstico de la muerte encefálica

Referencia Bibliográfica del estudio	Año de realización	No. casos en ME	No. de casos falsos positivos	No. de casos falsos negativos	Especificidad (%)	Sensibilidad (%)
(24) Hadani et al.	1999	84	0	1	100	96.5
(37) Ropper et al.	1987	24	0	0	100	100
(31) Power et al.	1989	18	0	1	100	94.5
(30) Petty et al.	1990	23	0	2	100	91.3
(36) Davalo et al.	1993	13	0	1	100	92
(23) Feri et al.	1994	22	0	0	100	100
(17) Fages et al.	2004	100	0	0	100	92.3
(34) Conti et al.	2009	184	0	8	100	95.6
*Planas et al.	2015	44	0	1	100	97.7

Fuente: Resultados de estudios comparativos tomados de: Specificity and sensitivity of the TCD test for diagnosis of brain death in various studies. *Neurocritical Care*. 2009; 10: 326-335. *Nuestro estudio actual

Discusión de los resultados

Durante el período en estudio en nuestra institución se diagnosticaron un total de 47 pacientes con ME, de ellos en 44 pacientes se utilizó el DTC para apoyar dicho diagnóstico, según el protocolo de diagnóstico de muerte cerebral vigente en la República de Cuba.¹² En el caso de la etiología de la muerte encefálica, de los 44 pacientes de nuestra investigación, en 23 pacientes se encontró el TCE como el diagnóstico más frecuente (52.3%), seguido de las

enfermedades vasculares encefálicas (34.1%). Estos resultados concuerdan con algunos encontrados en la literatura revisada. Hadani²⁴ en su estudio reportó un predominio del TCE con un (47.6%) seguido de las ECV con un (25%), sin embargo Dolores Escudero⁸ encontró un predominio de las hemorragias cerebrales (41.7%), seguidas del TCE (18.6%).

Los resultados hallados en la presente investigación arrojan una mayor inci-

dencia del TCE, pero nuestra institución es un centro de referencia para el manejo del neurotrauma, por lo que este sería un elemento que podría influir notablemente en los resultados obtenidos.

En relación a la edad se pudo apreciar que los grupos más frecuentes fueron los comprendidos entre 45 y 59 años, seguido del grupo entre 30 y 44 años (Tabla 2). Resultados similares fueron encontrados hace 10 años en investigaciones realizadas en nuestro centro.³² El promedio de edad del estudio fue de 41.9 años siendo la edad mínima de 18 años y la máxima de 80 años. A pesar de considerarse a nuestra población como joven, se ha descrito en la literatura a nivel internacional un aumento de la edad en los pacientes con diagnóstico de muerte encefálica.¹⁷

En nuestra investigación pudimos comprobar un predominio marcado del sexo masculino (72.7%) sobre el femenino (27.3%), estos resultados concuerdan con otros estudios realizados. En su investigación Fages¹⁷ encontró un 58% de representación masculina y Ducrocq²⁰ señala que de 72 pacientes en muerte encefálica el (67%) fueron masculinos, los cuales duplicaban a las pacientes femeninas (37%). Sin embargo en el estudio reciente realizado por Dolores Escudero⁸ publicado en 2015, que se realizó en 42 hospitales españoles en pacientes con diagnóstico de muerte encefálica, demuestra un ligero predominio del sexo masculino (51%) sobre el femenino (49%).

En los pacientes se isonaron varias arterias intracerebrales. La ACM, ACA y la ACP fueron isonadas a través de la ventana temporal; mientras que la AB y las AV fueron isonadas a través de la ventana transforaminal. En todas ellas, excepto en un caso, con una gran craniectomía descompresiva, se encontraron patrones de parada circulatoria ce-

rebral, que eran compatibles con la primera evaluación clínica positiva para ME, explorados antes de cada examen de DTC realizado para apoyar dicho diagnóstico.

La ventana más utilizada fue la temporal, dado esto por su fácil acceso y ubicación, además de la facilidad brindada a través de ella para la exploración de varias arterias intracerebrales. Se realizaron 3 exploraciones con DTC, la primera antes de la evaluación clínica de muerte encefálica, para demostrar la existencia de ventanas óseas en los pacientes, que permitieran evaluar las arterias intracerebrales.

Las otras 2 exploraciones fueron realizadas luego del examen clínico de diagnóstico de la ME, con una separación entre ellas no menor de 30 minutos y con el objetivo de determinar un patrón sonográfico compatible con la parada circulatoria cerebral en una arteria del territorio anterior (arteria cerebral media o arteria cerebral anterior de ambos hemisferios cerebrales); y una arteria del territorio posterior (arteria basilar o en las 2 arterias vertebrales).

Se exploraron ambos hemisferios cerebrales y el territorio posterior con un mínimo de 3 arterias isonadas. El diagnóstico de muerte encefálica quedó establecido luego de una evaluación clínica compatible con esta situación y la realización después de la misma de 2 exámenes de doppler transcraneal con una separación mínima entre ellos igual o mayor de 30 minutos, donde se demostrara la presencia de sonogramas compatibles con parada circulatoria cerebral; según resolución vigente en nuestro país.¹²

En el DTC inicial para evaluación de ventanas óseas en pacientes con posible diagnóstico de muerte encefálica, realizados antes de la primera evalua-

ción clínica, se encontró un predominio del patrón de espigas sistólicas aisladas en el 33% de ellos, seguidos de un patrón de velocidades disminuidas, con velocidades diastólicas en la ACM por debajo de 15 cm/seg, en un (31%) y la presencia del flujo reverberante en (23.5%) de los pacientes.

Es de señalar que se encontró en 9 arterias cerebrales medias un patrón de separación sistodiastólica en el primer DTC realizado, que posteriormente evolucionaron hacia a un patrón flujo reverberante (Gráfico 3). Aunque algunos autores han publicado resultados de pacientes en muerte encefálica con un patrón de separación sistodiastólica,⁴⁻⁶ nosotros no lo consideramos en nuestra investigación por no estar recogidos en nuestra legislación.¹² Como se representa en el gráfico 5, los pacientes que tuvieron en el DTC de exploración de ventanas óseas un patrón de separación sistodiastólica, rápidamente evolucionaron hacia un flujo reverberante que fue encontrado después en el sonograma del DTC realizado luego de la primera evaluación clínica.

Los patrones de parada circulatoria cerebral encontrados luego de la primera evaluación clínica de muerte encefálica en las exploraciones realizadas con doppler transcraneal, en los pacientes con muerte encefálica fueron:

- Patrón de espigas sistólicas aisladas (64%) (Gráficos 3, 4 y 5).
- Patrón de flujo diastólico invertido o flujo reverberante (33%) (Gráficos 3, 4 y 6).
- Patrón de ausencia de flujo cerebral (3%) (Gráficos 3 y 4).

Si bien no existe unidad de criterio sobre la aceptación de la ausencia de señal en el DTC como patrón de ME, el mismo tendría valor si se ha realizado un estudio previo que permita establecer comparaciones.^{13,15} En nuestro

estudio seguimos esas recomendaciones y solo fue aceptado cuando no se encontró velocidades de flujo, luego que en el doppler transcraneal de entrada, se había demostrado la existencia de sonograma en las arterias del polígono de Willis, además que el examen fuera realizado por el mismo explorador que previamente lo había realizado.

De las 453 arterias isonadas con el doppler transcraneal luego de la primera evaluación clínica para muerte encefálica, es decir los dos DTC realizados con al menos 30 minutos de diferencia luego de esta evaluación clínica; se encontraron en las arterias intracerebrales un patrón de espigas sistólicas aisladas (64%) como patrón de parada circulatoria cerebral predominante, seguido del patrón de flujo diastólico invertido o flujo reverberante en 33% de las arterias exploradas, mientras que el patrón de ausencia de flujo solo se encontró en un 3 % de las mismas (Gráfico 4).

Domínguez Roldán²¹ en una investigación realizada a 26 pacientes en muerte encefálica, encontró como patrón de mayor prevalencia al espicular (46,1%), mientras el flujo reverberante lo encontró (38,5%) de las arterias exploradas, mientras Ducrocq²⁰ constató la presencia de flujo reverberante en el 83% de los casos de su serie.

Otros autores encontraron resultados que se asemejan a los de nuestro estudio con predominio de los dos patrones morfológicos antes mencionados.^{5,6,29,30,34}

En nuestra investigación de los 44 pacientes a los cuales se les realizó el diagnóstico de ME apoyados con DTC, solo presentamos un caso falso negativo (2.3%) correspondiente a un paciente con una gran craneotomía descompresiva.

Se describe en la literatura, las limitaciones del DTC en las grandes craneotomías descompresivas,^{13,15,17} estas permiten una mayor distensión del tejido cerebral, disminuyendo la presión intracraneal (PIC), por lo cual siempre existirá una presión de perfusión cerebral (PPC=TAM-PIC) aunque no sea efectiva, si se mantiene una estabilidad hemodinámica con una presión arterial media aceptable. Esto es debido a la presencia de vías de escape de presión intracraneal. Estas áreas de descompresión alteran el mecanismo fisiopatológico normal del cese de la perfusión cerebral efectiva.^{9,13,15,17, 26,34} Esto a su vez podría permitir la monitorización por el equipo de DTC de un flujo sanguíneo residual no útil, que impide una correcta perfusión de los tejidos cerebrales, pero cuando esta situación se mantiene en el tiempo lleva irremediablemente a la muerte del tejido cerebral afectado.^{5,6}

En el estudio de Fages¹⁷, la sensibilidad del DTC corregida luego de realizar una evaluación clínica, compatible y completa positiva para muerte encefálica fue 92,3% y la especificidad fue del 100%. En su estudio Conti³⁴ y colaboradores demostraron una especificidad de 100 % y una sensibilidad 95.6%, mientras que Petty³⁰ tuvo una especificidad del DTC de un 100% y una sensibilidad de 91.3% para diagnóstico de muerte encefálica. Hadani²⁴ demuestra resultados parecidos a los nuestros con una especificidad del DTC un 100% y una sensibilidad de 96.5 % (Tabla 2). Nuestro estudio mostró una sensibilidad de un 97.7% y una especificidad del 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por otras series.^{17,23,24,30,31,34,35-37} Por lo que podemos afirmar que tanto la sensibilidad, como la especificidad encontradas en nuestra investigación, son comparables con otros resultados de investigaciones realizadas.

Conclusiones

Se encontró un predominio del sexo masculino y del grupo de edad comprendido entre los 45-59 años. El trauma cráneoencefálico fue la principal causa de muerte encefálica. La ventana ósea temporal fue la más usada para la exploración sonográfica, a su vez que las arterias cerebrales medias fueron

las más exploradas. El patrón sonográfico encontrado con mayor frecuencia en el diagnóstico de la muerte encefálica fue el de espigas sistólicas aisladas. El estudio mostró una alta sensibilidad y especificidad del doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica.

Referencias Bibliográficas

1. Machado Curbelo C. Diagnosis of brain death. Rev Neurology 2010; 2: e2 doi: 10.4081/ni.2010.e2.
2. Escudero D, Matesanz R, Soratti AC, Flores IJ. Consideraciones generales sobre la muerte encefálica y recomendaciones sobre las decisiones clínicas tras su diagnóstico. Rev Medicina Intensiva 2009; 33(9): 450-4.
3. Ojeda Rivero R, Cerro Sánchez J, Ordoñez Fernández A, Roldan Domínguez JM, Hernández Fernández A. Diagnóstico de la muerte encefálica mediante ultrasonografía Doppler transcraneal en un modelo experimental de donante de órganos para trasplante. Rev. Esp. Anestesiología y Reanimación 2002; 49: 238-46.

4. Escudero D. Diagnóstico de muerte encefálica. Rev Medicina Intensiva 2009; 33(4): 185-95.
5. Domínguez Roldán JM, García Alfaro C, Jiménez González IP, Rivera Fernández V, Hernández Hazana F, Pérez Bernal J. Brain death due to supratentorial masses. Using transcranial Doppler sonography. Transplant Proc 2004; 36: 2898-2900.
6. Domínguez Roldán JM. Diagnóstico clínico e Instrumental de la muerte encefálica. Curso Internacional de Muerte Encefálica. Hospital Universitario Gral. "Calixto García". La Habana. Cuba. 15-17 Septiembre del 2014.
7. Domínguez Roldán JM. Diagnóstico clínico e instrumental de la muerte encefálica. Curso Internacional Intermedio en Coordinación de Trasplantes. Transplant Procurement Management. Auspiciado por TPM-DTI Foundation Parc Científic de Barcelona. Universitat de Barcelona. "Hospital Hermanos Almejeiras". La Habana. Cuba. 4-5 de Mayo del 2015.
8. Escudero D, Valentín MO, Escalante JL, Sanmartín A, Perez-Basterrechea M, de Gea J, et al. Intensive care practice in brain death diagnosis and organ donation. Rev anaesthesia 2015. Doi: 10.1111/anae.13065.
9. Domínguez Roldán JM, Murillo Cabezas F, Muñoz Sanchez A, Santamaria Mifsut JL, Villen Nieto J. Changes in the Doppler waveform of intracranial arteries in patients with brain-death status. Transplant Proc. 1995; 27:2391-2.
10. Daga D. Evaluación del donante de órganos y tejidos. En: Manual docente. III Curso Internacional de Coordinación de Trasplantes. Granada, Febrero del 2008: 73-91.
11. Machado C, Pérez-Nellar J, Scherle C. Mecanismos fisiopatológicos de la muerte encefálica. Rev Cub Med. 2009; 48(4):204-212.
12. Machado Calixto, y la Comisión Nacional para la Determinación y Certificación de la muerte. Resolución para la determinación y la certificación de la muerte en Cuba. Rev Neurol 2003; 36(8): 763-70.
13. Calleja S, Tembl I.J, Segura T, en representación de la Sociedad Española de Neurosonología (SONES). Recomendaciones del uso del Doppler Transcraneal para determinar la existencia de parada circulatoria cerebral como apoyo al diagnóstico de la muerte encefálica. Rev Neurol 2007; 22(7): 441-7.
14. De Freitas GR, Andre C. Sensitivity of transcranial Doppler for confirming brain death: a prospective study of 270 cases. Acta Neurol Scand 2006; 113: 426-32.
15. Escudero Dolores. Diagnóstico clínico e instrumental de la muerte encefálica. In: Manual docente. III Curso Internacional de Coordinación de Trasplantes. Granada; Febrero del 2008: 45-60.
16. Aaslid R, Marwalder TM, Nornes H. No invasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 1982; 57: 769-74.

17. Fages E, Temb JI, Fortea G, López P, Lago A, Vicente JL, et al. Utilidad clínica del Doppler transcraneal en el diagnóstico de la muerte encefálica. *Rev Med Clinic (Barc)* 2004; 122(11): 407-12.
18. Monteiro LM, Bollen CW, van Huffelen AC, Jansen NJ, van Vught AJ. Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis. *Intensive Care Med* 2006; 32: 1937-44.
19. Cantu-Brito C. Determinación de muerte encefálica mediante Doppler transcraneal. *Rev Mex Anest* 1993; 16: 101-10.
20. Ducrocq X, Hassler W, Moritake K, Newell D, Von Reutem, 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.
21. Domínguez Roldán J. M, Murillo F, Muñoz A et al. Diagnóstico de muerte cerebral. *Rev Medicina Intensiva* 1993; 17: 327-34.
22. Dávalos A, Rodríguez Rago A, Mate G, Molins A, Genis D, Gonzalez JL, et al. Value of the transcranial Doppler examination in the diagnosis of brain death. *Rev Med Clinic (Barc)* 1993; 100: 249-52.
23. Feri M, Ralli L, Felici M, Vanni D, Capria V. Transcranial Doppler and brain death diagnosis. *Critic Care med* 1994; 22: 1120-6.
24. 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.
25. Kirham FJ, Levin SD, Padayachee TS, Kyme MC, Neville BRG, Gosling RG. Transcranial pulsed Doppler ultrasounds findings in brainstem death. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1987; 50: 1504-13.
26. Escudero D, Otero J, Quindós B, Villa L. Doppler Transcraneal en el diagnóstico de la Muerte Encefálica. Es útil o retrasa el diagnóstico? *Rev Medicina Intensiva* 2015; 39: 244-50.
27. Brunser A, Hoppe A, Carcamo DA, Lavados PM, Roldan A, Rodrigo R, Valenzuela M, Montes JM. Validez del Doppler transcraneal en el diagnóstico de muerte encefálica. *Rev Med Chile* 2010; 138: 406-412.
28. Domínguez Roldán JM. Sonografía Doppler Transcraneal y Trauma Craneoencefálico. *Rev Medicina Intensiva* 2002; 2(2): 192.
29. Sacco RL, Lenninhan L, Duterte DI. The role of Transcranial Doppler in confirming brain death: sensitivity, specificity, and suggestion for performance and interpretation. *Rev Neurology* 1990; 40 (2): 300-3.
30. Petty GW, Mohr JP, Pedley TA. The role of Transcranial Doppler in con-firming brain death: Sensitivity, specificity, and suggestions for performance and interpretation. *Rev Neurology* 1990; 40: 300-3.
31. Powers AD, Graeber MC, Smith RR. Transcranial Doppler Ultrasonography. In the Determination of Brain Death. *Rev Neurosurgery* 1989; 24: 884-9.

32. Santana Domínguez M. Sonografía Doppler en muerte encefálica. En: Tesis de terminación de la residencia de Medicina Intensiva y Emergencias. Hospital Universitario "General Calixto García Iñiguez". Habana. Cuba 2002: 42- 43.
33. Ducrocq X, Pincemaille B, Braun M, Hummer M, Vespignani H, Hepner H. Transcranial Doppler ultrasonography in patients with suspected brain death. *Ann FrAnesth Réanim* 1992; 11(4): 415-423.
34. Conti A, Iacopino D, Spada A, Cardalli SM, Giusa M, La Torre D et al. Transcranial Doppler Ultrasonography in the Assessment of Cerebral Circulation Arrest: Improving Sensitivity by Transcervical and Transorbital Carotid Insonation and Serial Examinations. *Neurocrit Care* 2009; 10: 326-335.
35. Nagai H, Moritake K, Tokaya M. Correlation between transcranial Doppler ultrasonography a regional cerebral blood flow in experimental intracranial hypertension. *Stroke* 1997; 28 (3): 603-7.
36. Dávalos A, Rodríguez Rago A, Mate G, Molins A, Genís D, González JL, et al. Valor del examen Doppler transcraneal en el diagnóstico de muerte cerebral. *Rev Med Clinic (Barc)* 1993; 100: 249-52.
37. Ropper AH, Kehne SM, Wechsler L. Transcranial Doppler in brain death. *Rev Neurology* 1987; 37: 1733-1735.

¹Diplomado en Medicina Intensiva y Emergencias. Especialista de 1er Grado en Medicina Intensiva y Emergencias. Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes del Hospital Universitario "Calixto García". La Habana. Cuba.

²Especialista de 2do Grado en Medicina Interna. Especialista de 2do Grado en Medicina Intensiva y Emergencias. Profesor Auxiliar. Jefe de Servicio de la Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes. Hospital Universitario "Calixto García". La Habana. Cuba.

³Especialista de 2do Grado en Medicina Interna. Especialista de 2do Grado en Medicina Intensiva y Emergencias. Profesor Auxiliar. Máster en Urgencias Médicas. Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes del Hospital Universitario "Calixto García". La Habana. Cuba.

⁴Especialista de Segundo Grado en Neurología y Neurofisiología Clínica. Profesor e Investigador Titular. Doctor en Ciencias. Presidente de la Comisión Nacional para la Determinación y Certificación de la Muerte. Instituto de Neurología y Neurocirugía. La Habana. Cuba.

Los autores declaran no presentar conflicto de interés y han contribuido de manera equitativa en el desarrollo de la investigación y la confección-presentación del manuscrito.

Recibido: 12 de mayo de 2016

Aprobado: 14 de junio de 2016

Alexeis Planas Oñate. Gervasio 208 bajos entre Virtudes y Concordia. Centro Habana. La Habana. CP 10300. Cuba. Email: alexeipo@infomed.sld.cu / alexeipo24779@gmail.com
