

Ultrasonografía craneal neonatal

Neonatal cranial ultrasonography

Carmen Gregoria Ustáriz Becerra*

Lisette Carolina Redondo Cotes*

Laura Cecilia Avendaño Camacho*

Edelmira Cecilia Noguera Benavides, MD**

Resumen

La neuroecografía está posicionada en la práctica clínica, de acuerdo a la literatura consultada, como un procedimiento con una especificidad y efectividad que permite dar un reporte diagnóstico con seguridad. Esta técnica tiene como ventajas la exploración en tiempo real, el carácter atóxico e inocho del procedimiento y el corto tiempo en el que se realiza, según la experticia del realizador. Como herramienta diagnóstica en recién nacidos pretérminos una de las principales indicaciones para la solicitud del procedimiento es poder hacer la identificación de las alteraciones visibles en la anatomía macroscópica, teniendo en cuenta las ventajas proporcionadas por la ventana acústica utilizada en el estudio sonográfico, las cuales dependen principalmente de la proximidad del transductor a la neuroanatomía que se desea explorar. [Ustáriz CG, Redondo LC, Avendaño LC, Noguera EC. Ultrasonografía craneal neonatal, revisión de tema. MedUNAB 2012; 15(3): 167-174].

Palabras clave: Ultrasonografía craneal, Recién nacido, Anatomía, Diagnóstico, Fontanelas craneales.

Introducción

La ecografía craneal neonatal es una herramienta usada principalmente para seguimiento, diagnóstico de procesos vasculares (isquémicos y hemorrágicos) y malformaciones

Summary

According to the literature, the neurosonography technique is positioned in clinical practice as a procedure with a specificity and effectiveness which allows a safe diagnostic report. This technique has the advantages of real-time scanning, the non-toxic and harmless character of the procedure, and the short time in which is performed according to the expertise of the physician. Used as a diagnostic tool in preterm newborns, one of its most significant applications is the identification of the visible changes in macroscopic anatomy, taking into account the advantages provided by the acoustic window used in the sonographic study, which in turn depends mainly on the proximity of the transducer to the neuroanatomy to be scanned. [Ustáriz CG, Redondo LC, Avendaño LC, Noguera EC. Neonatal cranial ultrasonography. MedUNAB 2012; 15(3): 167-174].

Key words: Cranial ultrasonography, Newborn, Anatomy, Diagnosis, Cranial fontanelles.

en el recién nacido. El uso de las diferentes ventanas acústicas que ofrece la anatomía craneal del neonato, permite tomar medidas de relativa precisión de las diferentes estructuras, estimar proporciones, posibles secuelas en el tejido neurológico y realizar seguimiento de las mismas.

* Estudiante, Programa de Medicina, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

**Médica Pediatra, Inmunóloga y Alergóloga. Docente del departamento de Pediatría, Universidad del Magdalena.

Correspondencia: Lisette Carolina Redondo Cotes, Calle 7A 23-39 La Esperanza, Valledupar, Cesar. E-mail: lisetteredondo@gmail.com

Artículo recibido: 16 de enero de 2013; aceptado el 26 de marzo de 2013.

Esta técnica tiene como ventajas la proyección de neuroimágenes en tiempo real siendo posible guiar procedimientos diagnósticos y terapéuticos de carácter invasivo y realizar monitoreo intraoperatorio. Además al utilizarse la técnica de Doppler color en el estudio de vasos intracraneales permite la medición de magnitudes como el índice de resistencia y la rata de velocidad media de los vasos arteriales y venosos.

El siguiente artículo explica el concepto de la neuroecografía, indicaciones en el recién nacido, ventajas y desventajas, la importancia del uso en nacidos pretérmino y la implicación de esta técnica en el estudio de la hemorragia interventricular. Lo anterior para instruir a los médicos de los diferentes niveles de atención en Colombia que permita su utilización oportuna y el cribado en el recién nacido con factores de riesgo asociado.

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura médica acerca de ultrasonografía craneal neonatal abarcando sus consideraciones técnicas, indicaciones, hallazgos más frecuentes, ventajas y desventajas comparada con otros métodos diagnósticos. Para ello se realizó una búsqueda en Pubmed usando las palabras MeSH “cranial ultrasonography”, “newborn”, “anatomy”, “diagnosis” “cranial fontanelles”. Se revisaron libros de radiología, neuropediatría, pediatría; después se hizo búsqueda en google académico.

Se recopilaron 65 artículos potenciales de los cuales 28 fueron útiles en esta revisión. Excluyendo aquellos publicados antes del año 2003.

Consideraciones técnicas

El ecógrafo se compone de un procesador que envía impulsos eléctricos a un transductor que transforma estos en ondas mecánicas.

Con el fin de que las ondas del ultrasonido pasen al organismo, se usa una interfaz por lo general un gel adaptador donde se propagan, son atenuadas y rebotan según las estructuras que atraviesan. El ultrasonido rebotado y modificado es captado por el mismo transductor y transformado en impulsos eléctricos que se observan en la pantalla del monitor con el aspecto de un corte anatómico en escala de grises.¹⁻⁷

Se utiliza un transductor de 5MHZ o una frecuencia más elevada. Los transductores pueden escogerse de acuerdo a la estructura a observar y la edad del neonato.²⁵

El estudio neuroecográfico con la técnica Doppler color permite la evaluación de las diferentes estructuras vasculares (grandes arterias y senos venosos) para diagnosticar obstrucciones, trombosis, estenosis, malformaciones vasculares, compresiones externas e

indirectamente hipertensión endocraneana.³ Esta modalidad de la técnica ecográfica permite al profesional especializado medir y comparar el índice de resistencia (IR) de los vasos estudiados, cuya disminución puede deberse a la alteración de la autorregulación cerebral (aneurisma galénico, estados postisquémicos e hipertensión endocraneana) y su aumento a la pérdida de flujo sanguíneo dentro de la estructura, como en el caso de asfixia con posterior desarrollo de hemorragias intracraneales y edema cerebral difuso.¹¹

Otro parámetro derivado es la relación velocidad media (Vm), cuya disminución marca el riesgo de injurias hipóxico-isquémicas, o hemorragias de la matriz germinal durante la fase de reperfusión, en el caso contrario, cuando la magnitud de la velocidad media esta aumentado junto con la presión arterial sugiere directamente la ruptura de vasos de la matriz germinal.¹¹

La fontanela anterior es la principal ventana acústica usada para la realización de esta técnica, desafortunadamente la evaluación de los anteriores parámetros y la visualización de todas las estructuras no es posible ya que dependen del calibre del vaso, la ubicación anatómica y la presión de flujo de la estructura.

Anatomía

El cráneo del neonato está comprendido por seis áreas de tejido conectivo denso denominadas fontanelas que resultan de la unión de dos o más suturas, llamadas anterior, posterior, antero-laterales y postero-laterales.² Son de utilidad como ventanas acústicas y se describen a continuación (figura 1).¹²

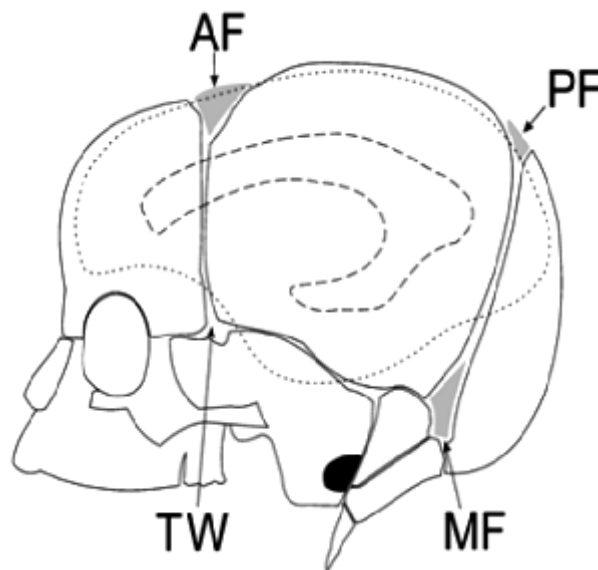


Figura 1. Las ventanas acústicas: AF (fontanela anterior), PF (fontanela posterior), TW (ventana temporal), MF (fontanela postero lateral o mastoidea).

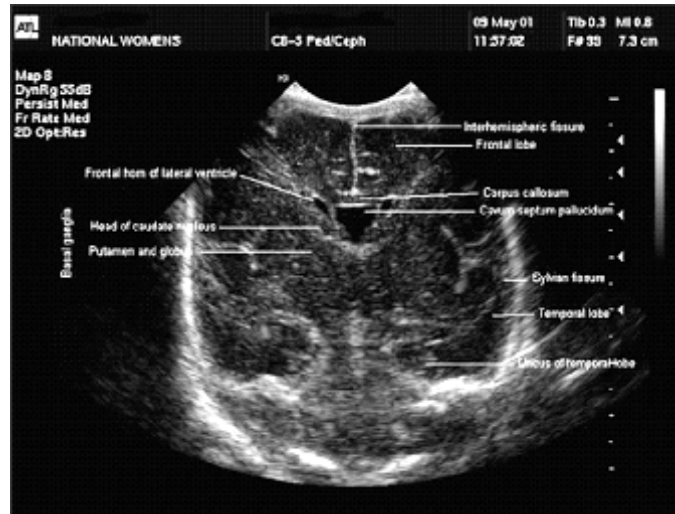


Figura 2. Se observa vista coronal por ultrasonografía a través de la fontanela anterior.

La fontanela anterior, que resulta por la conjunción de las suturas coronal, sagital y metópica, en la ecografía craneal es la más usada dado su tamaño y latencia. En esta se observan los lóbulos frontales y los cuernos frontales de los ventrículos laterales, la región anterior de los lóbulos parietal y temporal, los ganglios basales, y el cuerpo de los ventrículos laterales (figura 2).

Las vistas en su proyección posterior, temporal y occipital, muestran los cuernos occipitales del sistema ventricular y la fosa posterior. En la vista sagital de la línea media evalúa el cuerpo calloso, *cavum septum pellucidum*, tercer y cuarto ventrículo, el acueducto, la protuberancia, el mesencéfalo, el vermis cerebeloso y la cisterna magna (figura 3). La vista parasagital incluye las regiones derecha e izquierda de los ventrículos laterales, los plexos coroideos, la sustancia blanca periventricular, el tálamo y los ganglios basales.^{2,5}

La ventana acústica posterior resulta de la unión de la sutura sagital y lambdoidea de menor tamaño y su latencia es indispensable para explorar la fosa supratentorial, los ventrículos laterales (cuerpo, asta occipital, asta temporal, plexos coroideos), los lóbulos occipital y parietal. Además, se plantea la utilización de otras estructuras en calidad de ventanas acústicas para exploración de estas áreas como el *foramen magnum*.² En la ventana acústica temporal se observa el polígono de Willis y las hemorragias cerebelosas. En la ventana acústica posterolateral o mastoidea se visualizan la fosa posterior y el mesencéfalo; además permite la detección de anomalías congénitas de esta área, las hemorragias de origen cerebeloso y la dilatación del tercero y cuarto ventrículo.

El conocimiento de la ubicación de cada estructura neurológica permite un mejor uso de cada ventana en la ultrasonografía craneal.⁹



Figura 3. Se observa corte sagital por ultrasonografía, ver en figura referencias anatómicas relacionadas.

Tabla 1: Indicaciones de la ultrasonografía craneal neonatal.

HALLAZGOS PRENATALES	HALLAZGOS PERINATALES	HALLAZGOS POSTNATALES
<p>1. INFECCIOSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Madre con patología chagásica. - VIH-SIDA. - Espectro TORSCH. <p>2. TOXICOLÓGICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Madre consumidora de sustancias psicoactivas. - Madre consumidora de medicación de riesgo durante el embarazo. <p>3. MALFORMACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Madre con antecedente de hijos con malformaciones mayores múltiples. - Defectos de la línea media en el rostro o labio leporino. - Anomalías cromosómicas - Presencia de malformaciones evidenciadas en ecografías de control prenatal. 	<p>1. HIPOXIA – ANOXIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prolapso de cordón. - Parto traumático. Sufrimiento fetal agudo y crónico. - Desprendimiento prematuro de placenta. - Corioamnionitis materna con sepsis comprobada en el recién nacido. <p>2. PREMATUREZ</p> <p>3. RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO INTRAUTERINO</p>	<p>1. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS NEUROLÓGICAS</p> <p>2. CONTROL DE PATOLOGÍAS PREVIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Control de válvulas en hidrocefalia. <p>3. PRESENCIA DE LOS SIGUIENTES SÍNTOMAS O SIGNOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - APGAR < 7. - Alteraciones del perímetro cefálico. - Episodios de Apneas o Bradicardia. - Retraso del desarrollo neurológico. - Trombocitopenia (plaquetas < 50,000/mm³). - Anomalías metabólicas (hipoglucemias, hiperbilirrubinemia). - Convulsiones neonatales. - Neuroinfección (Meningitis u otras). - Sepsis. - Baja súbita de Hemoglobina. - Enterocolitis necrotizante. - Cirugías mayores. - Inestabilidad hemodinámica. - Traumatismo craneoencefálico. <p>4. REQUERIMIENTO DE ASISTENCIA VENTILATORIA MECÁNICA</p>

Indicaciones

Este método de estudio del SNC está indicado de acuerdo a los hallazgos en la historia clínica dentro de los cuales se encuentran los descritos en la Tabla 1.^{2,3,6-9,24}

Es necesario tener en cuenta que la hemorragia intracraneal y las lesiones hipóxicas se dividen en las ocurridas en el recién nacido pretérmino y a término, teniendo en cuenta en ambos los factores de riesgo asociados.⁹ El riesgo se extiende a ambas poblaciones, pero en este artículo se enfatiza en el neonato pretérmino, especificando que en ellos las lesiones más importantes son hemorragia de la matriz y leucomalacia periventricular, proceso caracterizado por las áreas de necrosis ubicadas en las angulaciones circunscritas a los ventrículos laterales.^{6,8}

La prematuridad representa un importante problema de salud, no sólo en términos de mortalidad asociada, sino también por las secuelas a corto y largo plazo que determinan una carga importante para el sistema sanitario. La prematuridad es un factor altamente condicionante para

muchas patologías del SNC del recién nacido, según el estudio de cohorte realizado por el Prof., Dr., Alfred Rusescu en el Instituto para el Cuidado de la Madre y el Niño (IOMC) de Bucarest, en el cual se contó con una población de 42,360 pacientes y se encontró que 1,482 pacientes fueron pretérminos de quienes, al menos un 20.4% (equivalente a 302 pretérminos) fue diagnosticado con un tipo de hemorragia intracraneal, representados en un 40% por la hemorragia subependimaria o grado I sin sintomatología clínica en la mayoría de estos pacientes. En el estudio relacionan la prematuridad por debajo de 32 semanas de gestación con mayor incidencia de hemorragia intraventricular, al igual que el peso menor a 1,500 gramos. Para la clasificación de los diferentes grados de hemorragia interventricular los investigadores se basan en la clasificación de Papile y Volpe.⁹ Describiendo esta clasificación: grado I, hemorragia estrictamente confinada a la matriz germinal; grado II, hemorragia que ocupa menos del 50% de uno de los ventrículos laterales; grado III, hemorragia que se extiende en más del 50% de los ventrículos laterales; y grado IV, hemorragia de los ventrículos laterales y del parénquima cerebral.^{6,8}

En los recién nacidos prematuros, la ecografía craneal seriada durante todo el período neonatal está indicada ya que permite la detección precoz de las lesiones cerebrales que ocurren normalmente en el neonato pretérmino (incluyendo hemorragia peri e interventricular y leucomalacia periventricular) y puede realizarse seguimiento de la evolución de las lesiones y maduración del cerebro.^{2,7,8,9,10}

La neuroecografía en recién nacidos a término con encefalopatía hipóxico-isquémica o evento hipóxico-isquémico (los cuales ocurren en una proporción de 3 a 5 por cada 100 recién nacidos)¹⁰ tiene varios propósitos: ayuda a medir el tiempo de la aparición de las lesiones, es decir si el daño fue infligido prenatal, perinatal o después del nacimiento, monitorizar la evolución de las lesiones y distinguir lesiones hipóxico-isquémicas de otras causas de encefalopatía neonatal, como una enfermedad metabólica.⁹

Ventajas y desventajas

Dentro de las ventajas de la ultrasonografía craneal con respecto a otras imágenes diagnósticas tenemos que es un estudio en tiempo real que permite observar los latidos arteriales y al realizarse con un equipo portátil puede ejecutarse con el paciente dentro de la incubadora, no necesita sedación o anestesia general, es seguro, de bajo costo, permitiendo su realización las veces necesarias para el seguimiento de la maduración cerebral en curso y la evolución de las lesiones de interés.²⁶

La ultrasonografía es un procedimiento sin riesgo, mientras que la Tomografía Axial Computada (TAC) emite radiación ionizante a dosis de 1 mSv a 8 mSv en una sola exploración pediátrica, lo cual representa un riesgo cancerígeno del 15% en menores de 10 años de edad, principalmente evidenciado en leucemias.³ Otra de sus ventajas es la posibilidad de detectar ciertas anomalías (vasculopatías lenticulo-estriadas, calcificaciones y quistes de inclusión germinal) con mayor precisión, a diferencia de la isquemia, la cual es difícil de detectar en comparación con las hemorragias intracraneales que son mejor detectadas por la ecografía craneal frente a otros estudios imagenológicos.²⁶ Lo anterior es fundamentado en un estudio publicado en 2010 por la revista de la Sociedad Coreana de Neurocirugía, realizado en el departamento de radiodiagnóstico de Jawaharlal Nehru Medical College (JNMCH), AMU, en Aligarh, India, el cual compara el rol de la ecografía craneal frente a la tomografía computarizada en los procesos isquémicos y hemorrágicos del recién nacido, para este estudio contaron con una muestra final de 100 neonatos conformada por 54 prematuros y 46 recién nacidos a término con clínica sospechosa de eventos isquémico-hemorrágicos, en quienes se realizó la ecografía craneal y la TAC a 48 horas uno del otro. Se aplicó en ese estudio la medida de concordancia *kappa* a partir de la evaluación radiográfica de dos especialistas donde se obtuvo que no hubo diferencia significativa en los valores *kappa* de la TAC y la

ultrasonografía craneal para el diagnóstico de los eventos isquémico-hemorrágicos de la matriz germinal y la leucomalacia periventricular, mostrando una buena concordancia entre observadores. Sin embargo, la ecografía craneal detectó más casos de hemorragia de la matriz germinal y de leucomalacia periventricular que la tomografía computarizada (TC). Lo anterior concuerda con Wezel-Meijler *et al.*, en su artículo “ultrasonografía craneal: rol y limitaciones” publicado en 2010 donde documentan que la razón por la cual la TAC es más efectiva en neonatos a términos que en el recién nacido prematuro es debido al gran contenido de agua del cerebro que este presenta, lo que produce una disminución en la atenuación de la imagen, índice de edema cerebral, limitando el diagnóstico de la lesión cerebral aguda hipoxico-isquémica.⁹ La anterior razón fisiológica justifica la desventaja de la ecografía frente al prematuro.

En el estudio citado inicialmente, se encuentra en sus resultados que la TAC fue significativamente mejor para el diagnóstico de la lesión hipóxico-isquémica en recién nacidos a término detectando en su defecto más casos; concluyendo que la ultrasonografía craneal es mejor para el diagnóstico de la hemorragia interventricular y la leucomalacia periventricular que la TAC. Entre las desventajas se encuentran los tejidos calcificados o las fontanelas cerradas que impiden la entrada del ultrasonido; las características del equipo disponible, como que sea inadecuado para niños y el caso de los transductores dependiendo de la ubicación de la estructura que se desea estudiar, los cuales según su frecuencia en MHz. Tenemos: 3.5 MHz, se observan tejidos hasta 20 cm desde la piel, de 5 o 5.5 MHz hasta 7 a 12 cm y de 7.5 MHz hasta 4 a 5 cm; deduciendo que a mayor frecuencia tienen menor penetración en el tejido y mayor nitidez en los primeros; y a menor frecuencia tienen mayor penetración y menor nitidez en los tejidos cercanos a la piel.^{3,4} Otra de sus desventajas es la baja detección de la lesión difusa de la sustancia blanca en recién nacidos muy prematuros. Así como la imposibilidad de visualizar la mielinización.

Las ventajas de la TAC son su fácil disponibilidad y alta resolución espacial. Además, no es dependiente del operador, es relativamente barato y se puede realizar más rápidamente en comparación con la Resonancia Magnética Nuclear (RMN). Puede distinguir entre hemorragia subdural y subaracnoidea, lo cual es difícil en la ecografía en tanto que representa una seria desventaja.

Otra técnica de imagen comparada con la ecografía craneal es la RMN que tiene como principal inconveniente el requerimiento de que los pacientes sean trasladados a otro lugar, es significativamente más costosa que la ecografía craneal y el seguimiento de los pacientes es difícil.⁹ Sin embargo, puede representar la maduración del cerebro, incluyendo la mielinización con mucho detalle, ayuda a definir procesos patológicos permitiendo el pronóstico en muchos casos, estableciendo el sitio exacto, el origen y extensión de las lesiones.



Figura 4. Ecografía coronal en un neonato prematuro (EG: 28 semanas), muestra hemorragia intraventricular bilateral (flechas), distendiendo los frontales y temporales (flechas largas), se observa también ecodensidades en los hemisferios cerebelosos (flechas cortas) y una ecodensidad pequeña en el área de los ganglios basales izquierdos (punta de flecha), presentando hemorragias.

Hallazgos más comunes

Dentro de la población de neonatos pretérmino encontramos a través de la revisión que los hallazgos más comunes encontrados son hemorragias intracraneales (hemorragia intraventricular, más frecuente), lesiones isquémicas (leucomalacia periventricular) y malformaciones congénitas.

De acuerdo con datos de la literatura, la incidencia de hemorragias intracraneales (HIC) ampliamente oscila entre 5% a 90%, dependiendo del tipo de población de estudio.⁶

De las HIC la hemorragia intraventricular (HIV) es la más frecuente representando una de las principales causas de morbimortalidad perinatal y la principal complicación neurológica en los prematuros.¹⁷ Con una incidencia que fluctúa entre 7 y 30%.

La HIV o también llamada de la matriz germinal se divide en unilateral y bilateral, la primera más frecuente. Ecográficamente se observa una zona hiperecogénica similar a la del plexo coroideo en hematomas agudos y en hematomas crónicos disminuyendo de ecogenicidad desde la parte central, progresando hasta retraerse y desaparecer o pueden presentar complicaciones tales como hidrocefalia posthemorrágica, pseudoquistes de la matriz germinal y quistes poroencefálicos.²⁸

Puede observarse un ejemplo de HIV en un prematuro de 28 semanas en la figura 4.¹²

En un estudio retrospectivo con la cohorte de recién nacidos prematuros < 32 semanas y de 1,500 gramos, atendidos en el Hospital Universitario San Vicente de Paúl (HUSVP) entre enero de 1999 y diciembre de 2004 en Medellín, Colombia; En el cual se utilizaron 330 historia clínicas de prematuros < 32 semanas, y trabajaron con un nivel de confianza del 95%, un error del 3% y un poder del 80% se obtuvo una incidencia de HIV de 29.8%.¹⁷

La leucomalacia periventricular (LPV) es el hallazgo más común de una lesión cerebral isquémica neonatal, especialmente para los lactantes prematuros nacidos con menos de 33 semanas de gestación y peso al nacer menor de 1,500 gramos, debido a las características únicas anatómicas del cerebro a esta edad.

La incidencia de LPV en prematuros ingresados en las unidades de cuidados intensivos varía entre 4-26%, y el examen *post-mortem* demuestra una incidencia mucho mayor de alrededor de 75%.⁶

Generalmente, afecta a la sustancia blanca adyacente a los ventrículos laterales, a menudo el territorio irrigado por las arterias penetrantes. El diagnóstico de la LPV es importante debido a su asociación con parálisis cerebral, anomalías del desarrollo y disfunción visual.

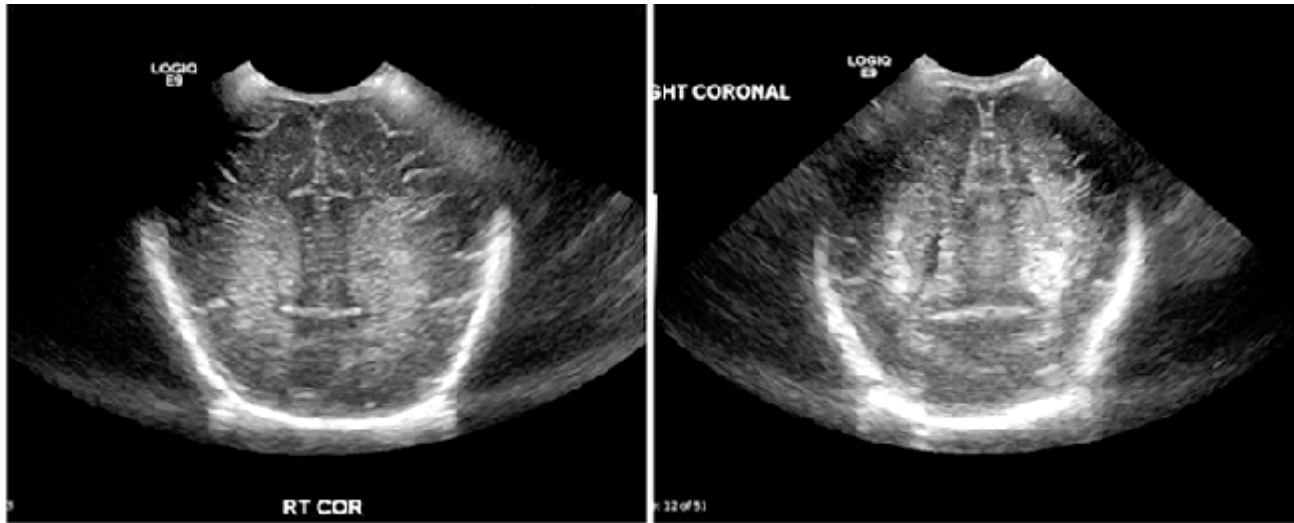


Figura 5. a) La ecogenicidad en la materia blanca periventricular normal es simétrica y homogénea. Es menos ecogénica que la coroides vecina. b) La Leucomalacia periventricular es asimétrica, heterogénea y más ecogénica que el plexo coroides adyacente.

Las características ecográficas de LPV muestran asimetría en la materia blanca y pueden incluir focos hiperecoicos periventriculares o apariencia de quistes laterales (figura 5).^{11,26}

Entre otros hallazgos de caracterización de anomalías intracraneales congénitas se encuentra la hidrocefalia, la ausencia de ambos hemisferios cerebrales, el resultado de la oclusión de las arterias carótidas bilaterales internas, presencia de desviaciones de la cisura interhemisférica o la hoz, la holoprosencefalia; un defecto de la línea media anterior asociado con anomalías faciales y del sistema nervioso central pudiendo además realizarse la clasificación de la misma, siendo la holoprosencefalia lobar la forma más severa.¹¹

En los recién nacidos a término con la realización cuidadosa de la ecografía craneal, pueden detectarse: lesiones en los ganglios basales, evidentes como hipoecoicas (necrosis hemorrágica) o como lesiones hiperecoicas (necrosis no hemorrágica); lesiones isquémicas focales, hipoecoicas en un área de distribución vascular asociada a pérdida de pulsaciones en el vaso afectado; lesiones periventriculares, como en recién nacidos pretérminos la aparición de la “llamarada” periventricular, formación de quistes y dilataciones ventriculares progresiva.²⁷ Así mismo, puede detectar evidencia indirecta de edema cerebral en forma de ventrículos fragmentados y las diversas formas de hemorragia intracraneal, tales como hemorragia cerebelosa, parénquimatosa e intraventricular asociada con asfixia.²⁷

Conclusiones

La ecografía craneal neonatal constituye una herramienta diagnóstica indicada en el periodo neonatal, de principal

interés en neonatos pretérminos debido a los factores de riesgo asociados, dadas las características anatómicas que permiten la adecuada visualización de las estructuras intracraneales.

Esta técnica gracias a la introducción de la técnica Doppler color permitió ampliar el rango de valoración diagnóstica, incluyéndose estudios en la estructura vascular, determinándose así la estimación de las patologías con mayor incidencia en este grupo etáreo, siendo de gran importancia la utilización de las distintas ventanas acústicas para la precisión diagnóstica.

Si bien los hallazgos más frecuentes son hemorragia periventricular, leucomalacia periventricular, y dilatación ventricular no representa su única indicación, siendo necesario su uso para el diagnóstico oportuno, evolución y seguimiento en lesiones evaluadas, teniendo en cuenta las ventajas proporcionadas sus características no tóxicas y de fácil acceso, sin efectos adversos, ni factores desencadenantes de daño neurológico.

Por lo tanto la ultrasonografía craneal debe indicarse como método de cribado en la edad neonatal, que permita diagnósticos precoces e inicio de terapias de rehabilitación que permitan la prevención de daño neurológico irreversible, así mismo como vigilancia del neurodesarrollo en los recién nacidos.

Conflictos de interés

Las autoras manifiestan que no tienen ningún conflicto de interés con la publicación de este trabajo.

Referencias

1. Bustamante L, Miquelini L, Fontana, D'Agustini M, Fontana A. Anatomía aplicada de las fontanelas. *Neurocirugía* 2010; 21: 253-259.
2. Fickenscher K, Bailey Z, Saettele M, Dahl A, Lowe L. Pediatric Cranial Ultrasound: Techniques, Variants and Pitfalls. *Neuroimaging-Methods*. InTech 2012. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/neuroimaging-methods/pediatriccranial-ultrasound-techniques-variants-and-pitfalls>.
3. Sperperato M C. Ecografía pediátrica y neonatal: Sistema nervioso central con aplicación clínica. Librería Akadia 2003, Buenos Aires.
4. Garcia R, Lederman H, Brandão J. Sonographic evaluation of cerebral ventricular system in healthy, full term infants aged 1–6 months. *Radiol Bras* 2011; 44 (6): 349-354.
5. Steggerda S, Leijser L, Whalter F, Wezel-Meijler. Neonatal cranial Ultrasonography: how to optimize its performance. *Early hum Dev* 2009; 85: 93-99.
6. Brezan F, Ritivoiu M, Dragan A, Codreanu I, Raducanu D, Feier D, et al. Preterm screening by transfontanelar ultrasound – results of a 5 years cohort study. *Medical ultrasonography* 2012; 14: 204-210.
7. Manea I, Boia M, Iacob D. Incidence and major perinatal complications in extremely low birth weight. *Jurnalul Pediatrului* 2010; 13: 49-50.
8. Khan I, Wahab S, Khan R, Ullah E, Ali M, Neonatal Intracranial Ischemia and Hemorrhage: Role of Cranial Sonography and CT Scanning. *Journal Korean Neurosurg Soc* 2010; 47: 89-94.
9. Wezel-Meijler, G, Steggerda S Leijser L. Cranial Ultrasonography in neonates: Role and limitations. *Semin perinatol* 2010; 34: 28-38.
10. Gonzalez F, Ferriero D. Neuroprotection in the newborn infant. *Clin Perinatol* 2009; 36 (4) : 859-880.
11. Lazebnik R, Varich L. Neonatal cranial Sonography: modern Strategies and applications. Diagnostic imaging: continuing medical education. CME –Diagnostic imaging, CMP Medica United Business Media 2007 URL disponible en: www.sonographycme.com
12. G. Van Wezel-Meijler. Neonatal cranial ultrasonography: guidelines for the procedure and atlas of normal ultrasound anatomy. 1ra ed. USA: Springer 2007.
13. Transcranial doppler ultrasound for adults and children. AIUM PRACTICE GUIDELINES: Guideline developed in conjunction with the American College of Radiology (ACR), the Society for Pediatric Radiology (SPR), and the Society of Radiologists in Ultrasound 2012; Disponible <http://www.aium.org/resources/guidelines/transcranial.pdf>
14. Meijler G. Maturational Changes of the Neonatal Brain. *Neonatal Cranial Ultrasonography* 2012: 97-110.
15. Veyrac C, Couture A, Saguintaah M. Brain ultrasonography in the premature infant. *Pediatr Radiol* 2006;36 (7): 626-635.
16. Brouwer M, Vries L, Pistorius L, Rademaker K, Groenendaal F, Benders B. Ultrasound measurements of the lateral ventricles in neonates: why, how and when? A systematic review. *Acta Paediatrica* 2010; 99 (9): 1298-1306.
17. Ayala A, Carvajal L, Carrizosa J, Hernández A, Cornejo J, et al. Evaluación de la incidencia y los factores de riesgo para hemorragia intraventricular (HIV) en la cohorte de recién nacidos prematuros atendidos en la unidad neonatal del Hospital Universitario San Vicente de Paúl, de Medellín, en el período comprendido entre enero de 1999 y diciembre de 2004. *Iatreia* 2007; 20 (4): 341-353.
18. Mondaca R. ¿por qué reducir las dosis de radiación en pediatría? *Revista chilena de radiología* 2006; 12 (1): 28-32.
19. Kuban K, Adler I, Allred E, et al. Observer variability assessing US scans of the preterm brain: the ELGAN study. *Pediatr Radiol* 2007; 37 (12): 1201-1208.
20. Krüger C, Naman N, (2010). Cranial ultrasound in neonates and infants in rural Africa. *Journal of child health* 2010; 4 (3):83-87.
21. Leijser LM, de Bruïne FT, Steggerda SJ et al. Brain imaging findings in very preterm infants throughout the neonatal period: part I: Incidences and evolution of lesions, comparison between ultrasound and MRI. *Early Hum Dev* 2009; 85: 101-109.
22. American institute of ultrasound in medicine. Standards for performance of the ultrasound examination of the infant brain 2006. Disponible en: www.aium.com.
23. Bracci R, Perrone SN, Buonocore G. The Timing of Neonatal Brain Damage. *Biol Neonate* 2006; 90: 145-155.
24. Canpolat F, Yurtuttan S. Cranial ultrasonography in neonatal intensive care unit: neonatologists' perspective. *Medical journal of islamic world academy of sciences* 2011; 19(3): 117-120.
25. Conceição C, Faria C, Graça A, Taborda A, Pereira A, Trindade C, Et al. Revisão do consenso de neuroimagiologia neonatal 2010. Disponible en: http://www.lusoneonatologia.com/admin/ficheiros_projctos/201107201813-consensos_neuroimagem.pdf
26. Meijler G. Cranial ultrasonography: Advances and aims. *Neonatal Cranial Ultrasonography*. Springer 2012: 3-7.
27. Diwakar K, Maria A, Ravi K. Cranial Ultrasonography in the Newborn. *Evidence Based Clinical Practice Guidelines*. Board 2010: 275-287.
28. Díaz H, Rodríguez N, Gárate K, Sandoval C. Hemorragia intracraneal en neonatos. Evaluación diagnóstica mediante ultrasonografía. *Rev. Argent. Radiol* 2004; 68: 57.