

Ecografía transfontanelar. Hemorragia, isquemia cerebral e hidrocefalia

Raúl Montero Yéboles⁽¹⁾, Juan Mayordomo Colunga⁽²⁾, Marta Muñozerro Sesmero⁽³⁾, José María Gómez Luque⁽⁴⁾, Patricia Rodríguez Campoy⁽⁵⁾, Rafael González Cortés⁽⁶⁾

⁽¹⁾Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

⁽²⁾Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo

⁽³⁾Complejo Asistencial Universitario de Salamanca. Salamanca

⁽⁴⁾Hospital Universitario Virgen de las Nieves. Granada

⁽⁵⁾Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario Puerta del Mar. Cádiz

⁽⁶⁾Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

Montero Yéboles R, Mayordomo Colunga J, Muñozerro Sesmero M, Gómez Luque JM, Rodríguez Campoy P, González Cortés R. Ecografía transfontanelar. Hemorragia, isquemia cerebral e hidrocefalia. *Protoc diagn ter pediatr*. 2021;1:447-62.



RESUMEN

La evaluación del paciente pediátrico neurocrítico es, en muchas ocasiones, una situación altamente compleja. Por su aplicabilidad a pie de cama, su reproducibilidad y por los bajos riesgos biológicos que atañen, la ecografía a pie de cama ha demostrado ser útil como guía clínica en el manejo de pacientes pediátricos críticos con patología neurológica y neuroquirúrgica.

La evaluación ecográfica transfontanelar estándar incluye cinco planos sagitales y seis coronales, que permiten explorar las diferentes áreas de la anatomía cerebral del niño.

Las lesiones isquémicas del sistema nervioso central (SNC) se caracterizan por la existencia de edema cerebral difuso (con aumento de la ecogenicidad y pérdida de detalles anatómicos como el borramiento de surcos y cisuras), la pérdida de la diferenciación entre la corteza cerebral y la sustancia blanca, y alteraciones en los flujos sanguíneos cerebrales valorables mediante el estudio Doppler. Las lesiones hemorrágicas suelen identificarse como áreas hiperecogénicas (habitualmente unilaterales y asimétricas), bien circunscritas y diferenciadas del parénquima adyacente.

En los pacientes con fontanela abierta, la ecografía transfontanelar es la herramienta más útil para determinar la existencia de aumento del tamaño del sistema ventricular y para su control evolutivo. Existen varios índices y mediciones que permiten determinar el grado de dilatación ventricular.

Palabras clave: ecografía cerebral; hidrocefalia; hemorragia cerebral; isquemia cerebral.

Transfontanelar ultrasound. Hemorrhage, cerebral ischemia, and hydrocephalus

ABSTRACT

The evaluation of the pediatric neurocritical patient is often a highly complex situation. Due to its applicability at bedside, its reproducibility, and the low biological risks involved, bedside ultrasound has proven to be useful as a clinical guide in the management of critical pediatric patients with neurological and neurosurgical pathology.

The standard transfontanelar ultrasound evaluation includes five sagittal and six coronal planes that allow exploring the different areas of the child's brain anatomy.

Ischemic lesions of the central nervous system are characterized by the existence of diffuse cerebral edema (with increased echogenicity and loss of anatomical details such as the blurring of grooves and fissures), the loss of differentiation between the cerebral cortex and white matter and by alterations in brain blood flow evaluable by Doppler study. Hemorrhagic lesions are usually identified as hyperechogenic areas (usually unilateral and asymmetric), well-circumscribed and differentiated from the adjacent parenchyma.

In patients with open fontanelles, transfontanelar ultrasound is the most useful tool for determining the existence of an enlarged ventricular system and for its evolutionary control. There are several indexes and measurements that allow determining the degree of ventricular dilatation.

Key words: brain ultrasound; hydrocephalus; brain hemorrhage; cerebral ischemia.

1. ECOGRAFÍA TRANSFONTANELAR: PLANOS A ESTUDIO

1.1. Metodología de la exploración

La sonda más apropiada para el estudio ecográfico del cerebro a través de la fontanela anterior será la microconvex, convex o sectorial, dependiendo de la edad del paciente:

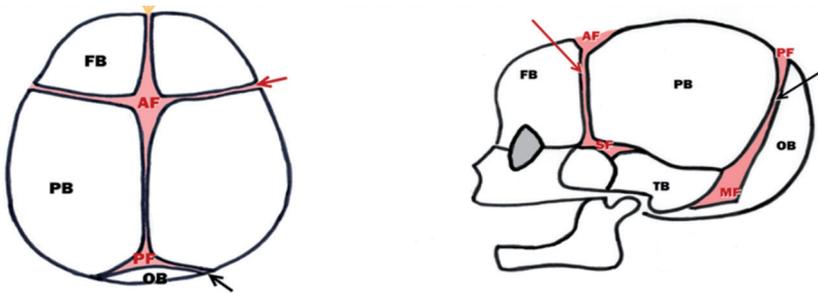
- Niños prematuros y recién nacidos: sonda microconvex de 5 a 10 Hz.
- Niños lactantes: sonda sectorial o convex de 5 a 8 Hz.

La evaluación ecográfica estándar incluye cinco planos sagitales y seis coronales. Imágenes adicionales pueden obtenerse a través de otras ventanas acústicas como la fontanela posterior o la ventana temporal (**Figura 1**).

1.2. Cortes coronales

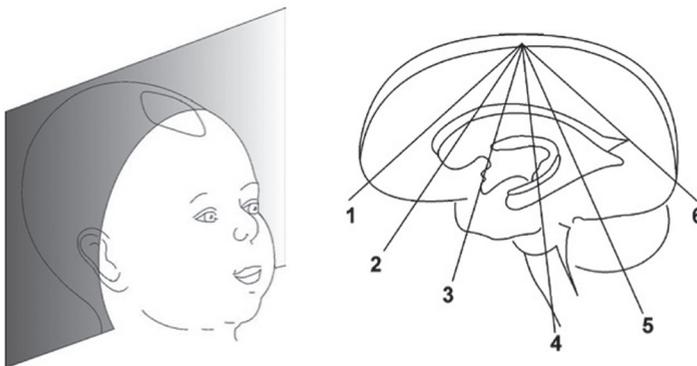
Para la adecuada realización de los cortes coronales deberemos colocar la sonda en posición transversal sobre la fontanela anterior con la muesca señalando hacia la derecha del paciente. Los barridos para obtener los planos se realizarán desde anterior a posterior obteniendo los seis planos estándar (**Figura 2**):

Figura 1. Visión axial y sagital del cráneo mostrando las fontanelas a estudio



AF: fontanela anterior; **FB:** hueso frontal; **MF:** fontanela mastoidea; **OB:** hueso occipital; **PB:** hueso parietal; **PF:** fontanela posterior; **SF:** fontanela esfenoidea; **TB:** hueso temporal. Flecha amarilla: sutura metópica; flecha negra: sutura lambdoidea; flecha roja: sutura coronal.

Figura 2. Corte coronal (izquierda). Seis planos coronales estándar (derecha)



- Lóbulos frontales, órbitas, cisura interhemisférica.
- Astas frontales de ventrículos laterales, lóbulos temporales, lóbulos frontales.
- Lóbulos temporales, tronco cerebral, cuerpo calloso, tercer ventrículo, cisura de Silvio.
- Cuerpo ventrículo lateral, plexo coroideo, cuarto ventrículo, tálamo, hipocampo y cerebelo.
- Lóbulos parietales, *glomus* del plexo, ventrículos laterales, cerebelo.
- Lóbulos occipitales, centros semioviales.

1.2.1. Primer corte coronal

Plano más anterior. Muestra los lóbulos frontales y la región orbitaria superior (**Figura 3**).

Se valorará la presencia de cisura interhemisférica recta sin desviaciones. Se objetivará la presen-

Figura 3. Primer plano del corte coronal. 1: cisura interhemisférica; 2: órbitas oculares; 3: lóbulo frontal. Círculo: área de localización de la arteria cerebral anterior

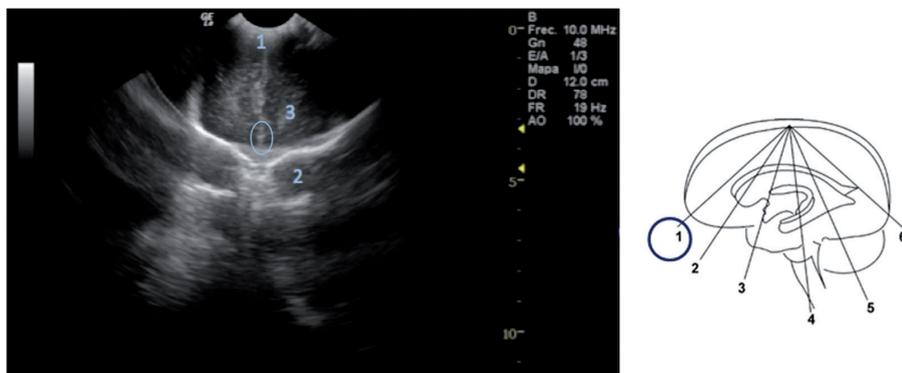
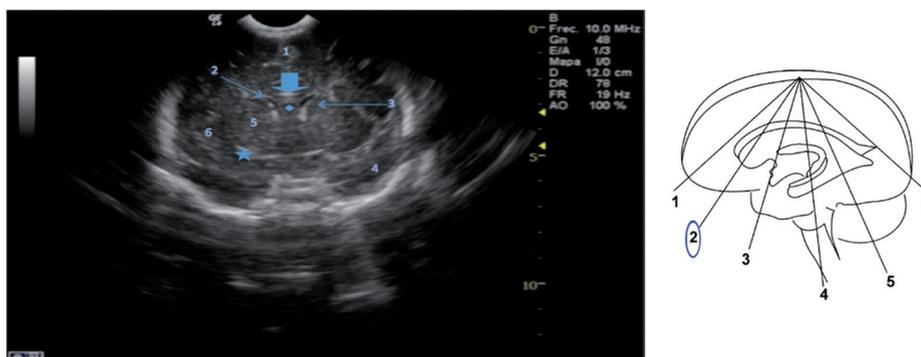


Figura 4. Segundo plano coronal a través de las astas frontales de los ventrículos laterales. 1: cisura interhemisférica; 2: ventrículo lateral; 3: núcleo caudado; 4: lóbulo temporal; 5: ganglios de la base; 6: cisura de Silvio. Estrella: ACM; flecha grande: cuerpo caloso; rombo: *cavum septum pellucidum*



cia de circunvoluciones (no presentes en prematuros <28 semanas) y la distribución correcta de la ecogenicidad (sustancia gris: hipocogénica; sustancia blanca: hipercogénica).

1.2.2. Segundo corte coronal

Muestra los cuernos frontales de los ventrículos laterales, el parénquima cerebral, el *cavum septum pellucidum* (presente a menor edad

del niño) y la arteria cerebral media (ACM) (Figura 4).

Se valorará la simetría y el tamaño de ambos ventrículos laterales teniendo en cuenta que el primer día de vida apenas hay espacio ventricular y que, posteriormente, es muy llamativo en comparación con el niño mayor. En este corte se deberá constatar la presencia de cuerpo caloso.

1.2.3. Tercer corte coronal

Corte a nivel del tercer ventrículo mostrando el cuerpo de los ventrículos laterales, el tercer ventrículo, la sustancia gris y la cisura de Silvio (Figura 5).

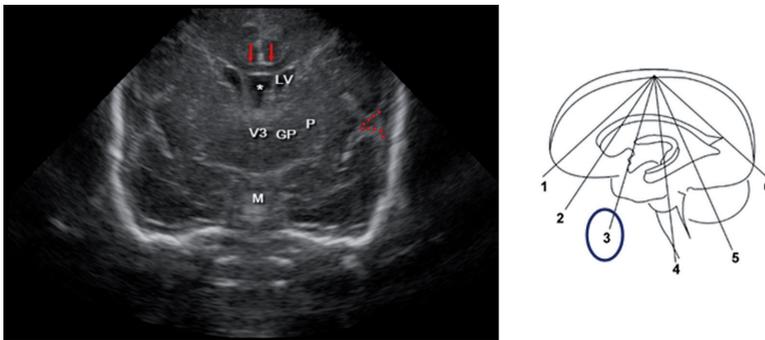
Se deberá tener especial atención con la ecogenicidad del tálamo y los ganglios de la base para excluir edema, isquemia o hemorragia.

Se valorará, como en el resto de los planos, la simetría de las estructuras.

1.2.4. Cuarto corte coronal

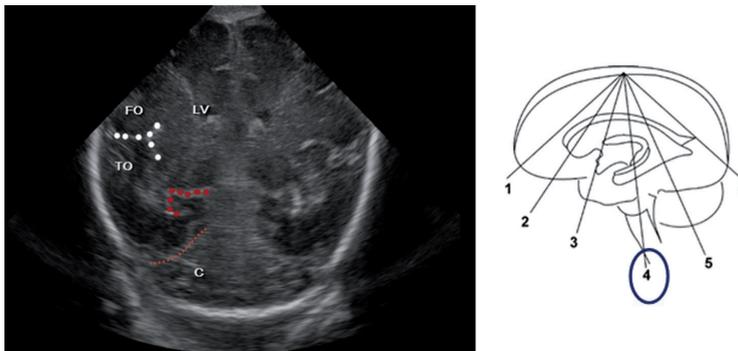
Corte a nivel del cerebelo. Muestra una imagen típica en “árbol de navidad” con parte del mesencéfalo, vermis y hemisferios cerebelosos, tentorio, cuerpo de los ventrículos laterales, parénquima cerebral y cisterna magna (Figura 6).

Figura 5. Corte coronal a través del tercer ventrículo.



GP: globus pallidus; LV: ventrículo lateral; M: mesencéfalo; P: putamen; V3: tercer ventrículo. Asterisco: *cavum septum pellucidum*; flechas rojas: cuerpo calloso; línea de puntos rojos: cisura de Silvio.

Figura 6. Cuarto corte coronal a nivel del cerebelo



C: cerebelo; FO: operculum frontal; LV: ventrículo lateral; TO: operculum temporal. Línea de puntos blancos: cisura; línea de puntos pequeños rojos: tentorio; línea de puntos rojos más grandes: cisura del hipocampo.

Se valorará la simetría de las cavidades ventriculares, plexos coroideos y ecogenicidad del parénquima cerebral. Se deberá tener especial cuidado con la valoración del cerebelo porque muestra un aspecto hiperecogénico, siendo difícil excluir hemorragias a ese nivel (es recomendable usar fontanela posterior o mastoidea para ello).

1.2.5. Quinto corte coronal

Corte a través del trígono ventricular con los plexos coroideos que abarcan gran parte de la imagen (Figura 7). Se observan las cavidades ventriculares y la sustancia blanca periventricular. En niños pequeños puede verse el *cavum vergae* entre ambos ventrículos.

Se deberá valorar la simetría de la sustancia blanca periventricular y la ecogenicidad de los plexos coroideos, teniendo en cuenta que la sustancia blanca debe ser menos ecogénica que los plexos coroideos.

1.2.6. Sexto corte coronal

Corte a través de los lóbulos occipitales mostrando la sustancia blanca periventricular y la sustancia gris cortical con la cisura interhemisférica en la línea media (Figura 8).

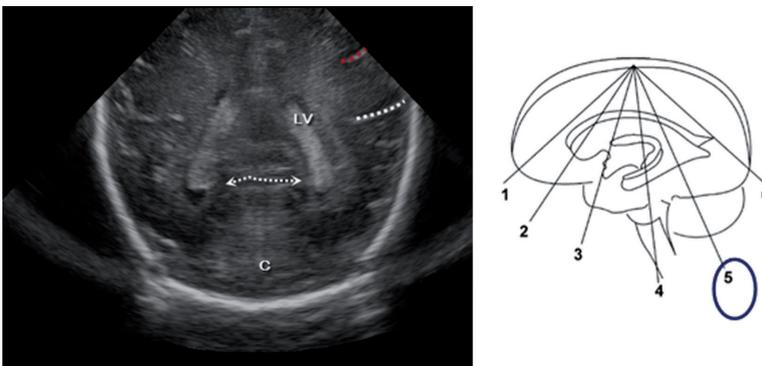
Se valorará la presencia de circunvoluciones y la simetría de la sustancia blanca periventricular.

1.3. Cortes sagitales

Se realizan con la sonda colocada sobre la fontanela anterior con la muesca hacia anterior, basculando la sonda hacia ambos lados desde medial a lateral y obteniendo cinco cortes principales (uno en línea media y dos más a cada lado) (Figura 9):

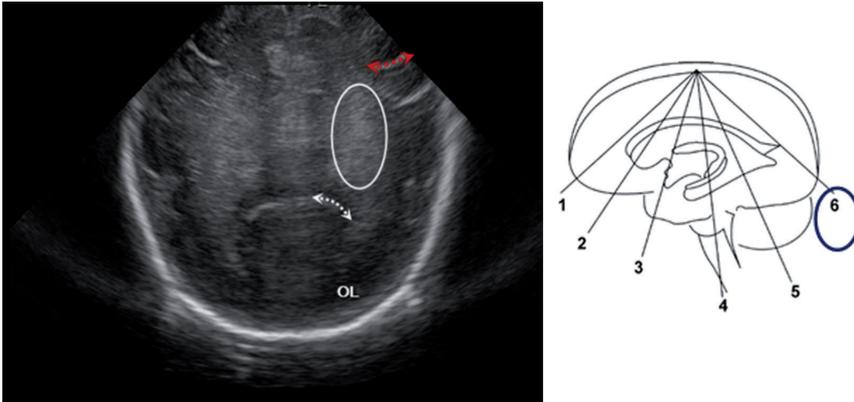
- Lóbulo temporal con cisura de Silvio y arteria temporal anterior.
- Plexo coroideo, surco caudotalámico, ventrículo lateral y trígono.

Figura 7. Quinto corte coronal



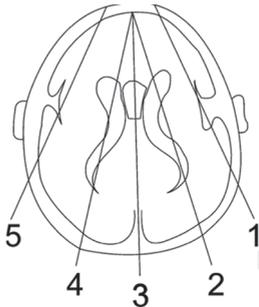
C: cerebelo; LV: ventrículo lateral. Flechas con puntos blancos: surco parietooccipital; línea de puntos blancos: cisura de Silvio; línea de puntos rojos: surco central o cisura de Rolando.

Figura 8. Sexto corte coronal a través de los lóbulos occipitales



OL: lóbulo occipital. Círculo: sustancia blanca periventricular posterior, centro semioval; flechas con puntos blancos: surco parietooccipital; flechas con puntos rojos: cisura de Rolando.

Figura 9. Principales cortes sagitales



- Línea media. Cuerpo calloso, arteria pericallosa y ramas. Cuarto ventrículo y fosa posterior.

1.3.1. Corte sagital en línea media

Es el plano sagital por excelencia en el que pueden visualizarse muchas estructuras. Se valorará la presencia y la distribución de circunvo-

luciones, el sistema ventricular y la existencia de cuerpo calloso (**Figura 10**).

1.4. Corte parasagital

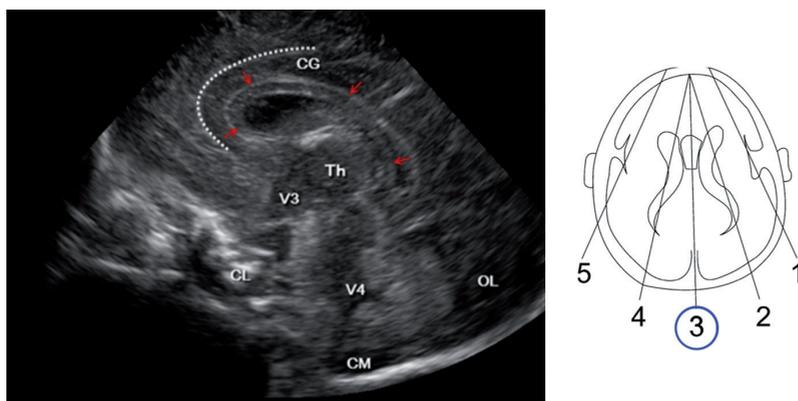
Se observa la presencia de ventrículo lateral con forma de C, el plexo coroideo y la sustancia blanca periventricular (**Figura 11**).

Se deberá comparar la ecogenicidad de las estructuras en comparación con el plexo coroideo. Este plexo se inserta a nivel anterior en el surco tálamo-caudado por lo que toda imagen hiperecogénica anterior a este surco podrá representar una hemorragia.

1.5. Corte tangencial

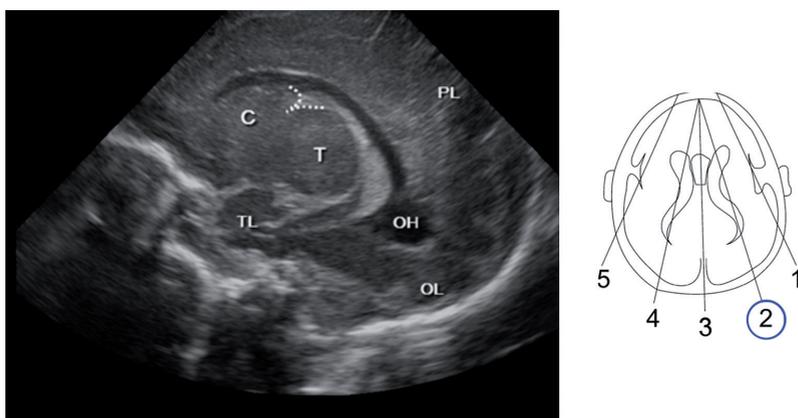
Corte lateral y superficial a los ventrículos laterales observándose la sustancia blanca periventricular, la presencia de circunvoluciones y la cisura de Silvio (**Figura 12**).

Figura 10. Corte sagital en línea media



CG: cingulum; **CL:** clivus; **CM:** cisterna magna; **OL:** lóbulo occipital; **Th:** tálamo; **V3:** tercer ventrículo; **V4:** cuarto ventrículo. Línea de puntos blancos: circunvolución del cingulum; flechas rojas: cuerpo calloso.

Figura 11. Corte parasagital



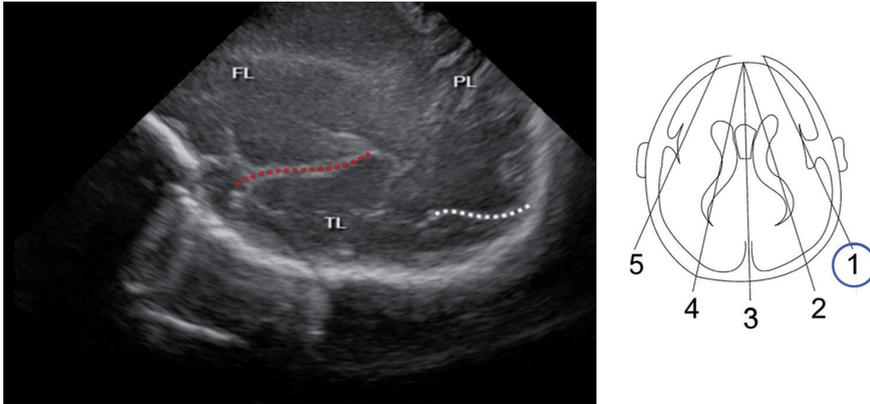
C: núcleo caudado; **OH:** cuerno occipital del ventrículo lateral; **OL:** lóbulo occipital; **PL:** lóbulo temporal; **T:** tálamo; **TL:** lóbulo temporal. Línea de puntos blancos: surco tálamo-caudado.

Se valorará la presencia de circunvoluciones, la apariencia homogénea de la sustancia blanca y la cisura de Silvio (esta tiene aspecto más ancho en prematuros que en niños de más edad).

2. ESTUDIO ECOGRÁFICO DE HEMORRAGIA E ISQUEMIA CEREBRAL EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO

Para el reconocimiento de las imágenes que se describen a continuación utilizaremos los planos descritos en el apartado anterior.

Figura 12. Corte parasagital tangencial



FL: lóbulo frontal; **PL:** lóbulo parietal; **TL:** lóbulo temporal. Línea de puntos blancos: surco parietooccipital; línea de puntos rojos: cisura de Silvio.

La ecografía transfontanelar en lactantes y pacientes pediátricos que necesitan apoyo con ECMO u otros dispositivos de apoyo ventricular es una herramienta útil para valorar la presencia de complicaciones a nivel del SNC (hemorragia y/o isquemia cerebral). En este tipo de pacientes se recomienda la realización de ecografía cerebral de forma semanal, además de la monitorización continua con oximetría cerebral e índice bispectral.

2.1. Estudio de isquemia cerebral

La lesión isquémica en el SNC se produce por disminución del aporte circulatorio del encéfalo, ya sea cuantitativo o cualitativo. Este tipo de lesión produce alteraciones en la imagen normal ecográfica, entre ellas:

- Edema cerebral difuso: aumento difuso de la ecogenicidad del parénquima cerebral “cerebro brillante”, con pérdida de los deta-

lles anatómicos de las diferentes estructuras, y borramiento de surcos y cisuras.

- Pérdida de la diferenciación entre corteza cerebral y sustancia blanca: se aprecia una especie de borramiento de esta interfase normal o un aumento exagerado de esta diferenciación.
- El estudio Doppler en la isquemia cerebral se caracteriza por el incremento de las velocidades medias con disminución del índice de resistencia, lo que sugiere la existencia de hiperemia con vasoplejía. Este patrón en los niños mayores y adultos se presenta inmediatamente después de la recuperación del insulto hipóxico-isquémico. Posteriormente se produce una disminución del flujo sanguíneo cerebral con descenso de las velocidades e incremento progresivo del IP e IR en relación con el desarrollo de edema cerebral. La normalización de las velocidades medias

y de los índices se asocia a la recuperación neurológica (Figura 13).

2.2. Estudio de hemorragia cerebral

En la edad pediátrica, la ecografía transcraneal se considera una herramienta útil en el diagnóstico de lesiones intracerebrales hemorrágicas. Las hemorragias se reconocen por la visualización de una imagen hiperecogénica normalmente unilateral, bien circunscrita y diferenciada del parénquima adyacente (Figura 14).

Figura 13. Medición de flujo Doppler en arteria cerebral anterior

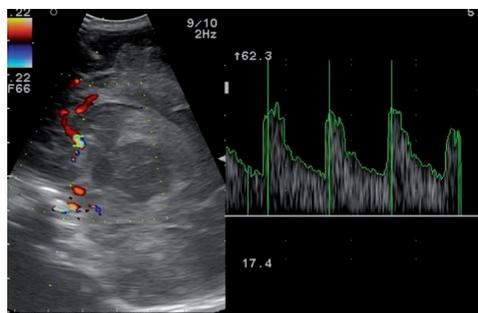
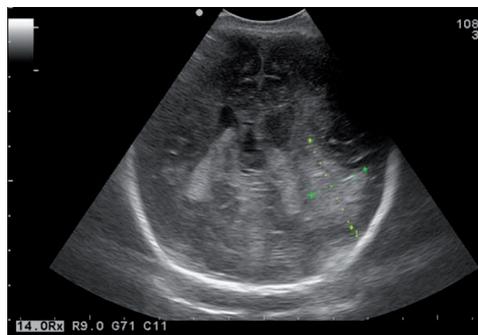


Figura 14. Hemorragia aguda intraparenquimatosa



El volumen de sangrado puede estimarse mediante ecografía siendo el factor pronóstico más relevante. Para su cálculo utilizaremos

tres mediciones ecográficas en tres planos diferentes: diámetro longitudinal (A), diámetro axial (B) y diámetro coronal (C), y se aplicará la siguiente fórmula: $A \times B \times C/2$.

Sin embargo, otros procesos desencadenados por la hemorragia primaria también pueden valorarse de forma indirecta a través del análisis de la onda Doppler o la neuroimagen ecográfica, tales como: desplazamiento de la línea media, aumento del tamaño ventricular o incremento en la presión intracraneal; para su estimación es de utilidad el Doppler transcraneal. Los aumentos en la presión intracraneal generarán una variación en las velocidades del flujo de las principales arterias intracraniales, poniéndose de manifiesto con un aumento IP (Figura 13). En el caso concreto de la hemorragia cerebral, el aumento de IP en la ACM contralateral al hemisferio afecto se considera un factor predictor independiente de supervivencia (mortalidad en los 30 días posteriores a su diagnóstico con una sensibilidad del 80% y una especificidad del 94% en población adulta).

2.3. Otras ventanas de exploración

Existen diferentes ventanas acústicas o espacios donde el ultrasonido puede atravesar más fácilmente el cráneo y así reconocer el vaso insonado en función de la profundidad y la dirección del sonograma (positivo o negativo). Estas ventanas son de especial interés en pacientes en los que no tienen fontanela anterior. Las ventanas más habituales son la temporal, la orbitaria, la suboccipital y la submandibular:

- Transtemporal: la más empleada en el paciente neurocrítico. ACM.
- Orbitaria: arteria oftálmica y sífon carotídeo.
- Suboccipital: arteria vertebral y basilar.

2.3.1. Ventana transtemporal

Se inicia el estudio colocando el transductor encima del arco cigomático, delante y superior al trago auricular. La muesca de la sonda se dirige al ojo ipsilateral del paciente. Mediante modificaciones en la angulación y realizando movimientos circulares de la sonda, se obtendrá una señal acústica roja (flujo hacia la sonda) que encontramos a una profundidad entre 25-50 mm. Esta representa la ACM ipsilateral, que servirá de referencia para localizar el resto. Siguiendo el trayecto de la ACM, a mayor profundidad se encuentra un flujo bidireccional (rojo y azul) que corresponde a la bifurcación de la arteria carótida. Una vez obtenido el flujo en la ACM, se realizará un estudio Doppler (ver apartado correspondiente).

3. VALORACIÓN DE LA HIDROCEFALIA: MEDICIÓN DEL TAMAÑO VENTRICULAR CEREBRAL

En aquellos pacientes en los que la fontanela permanece abierta, la ecografía transfontanelar se ha convertido en la mejor herramienta para la detección del aumento de tamaño del

sistema ventricular y, sobre todo, para su control evolutivo.

Existen distintas formas de medida según los autores. Lo más importante es que la medida se realice en un plano ecográfico fácilmente reproducible y se dé valor a las diferencias de medida seriadas en el tiempo.

Las formas de medida más comunes son:

- Índice de Levene: utilizado fundamentalmente en neonatos hasta las 40 semanas de edad gestacional. El índice de Levene es la distancia absoluta entre la hoz del cerebro y la pared lateral del cuerno anterior del ventrículo lateral en el tercer plano coronal a la altura del tercer ventrículo. Se medirán ambos ventrículos (**Figura 15**). Existen curvas de referencia para comparar los valores obtenidos (**Figura 16**). Tiene poca sensibilidad para dilataciones ventriculares leves.
- Índice de Evans: para obtener este índice utilizaremos el mismo tercer plano coronal. Se obtiene mediante la relación entre la distancia más larga entre los cuernos frontales de los ventrículos laterales y el máximo diáme-

Figura 15. Medición del índice de Levene en el ventrículo lateral izquierdo (izquierda). Medición del índice de Levene bilateral (derecha)

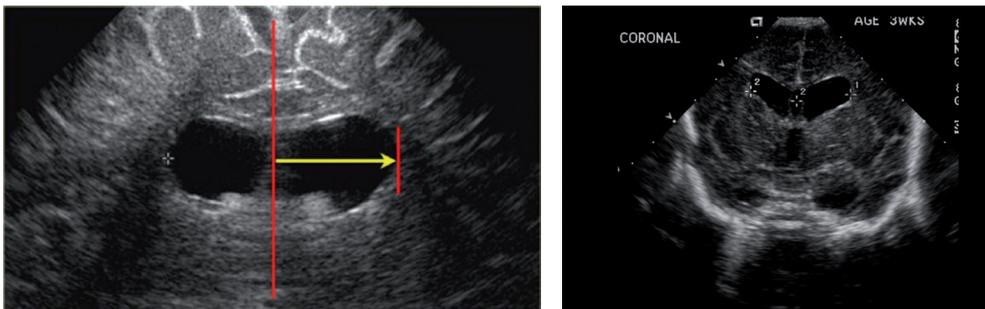
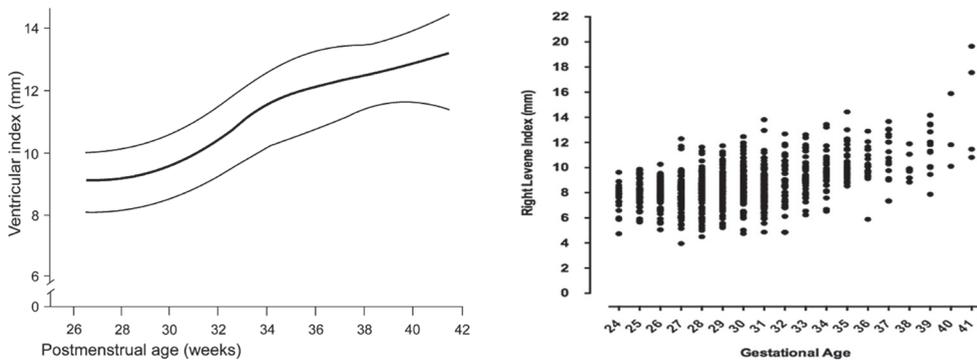
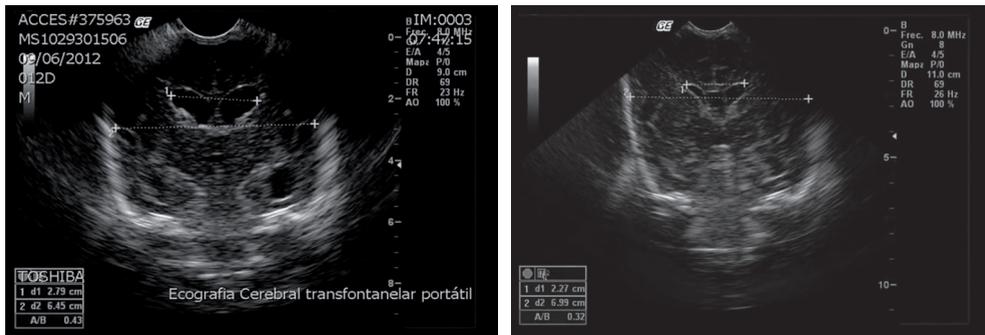


Figura 16. Tabla de referencia para índice de Levene. Ampliación de valores medios del índice de Levene a edades más tempranas (año 2012)



Nótese la tendencia a aumentar con la edad. Valores normales medios: 0,11-0,69 cm (izquierdo); 0,23-0,88 cm (derecho); 0,31 cm (ambos).

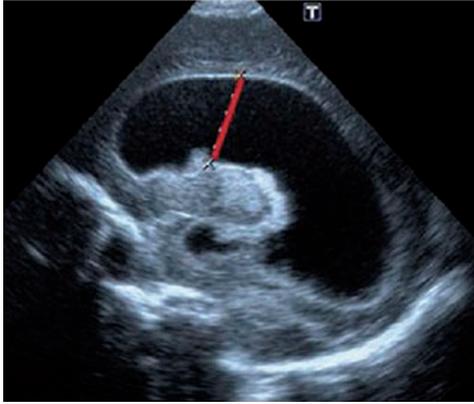
Figura 17. Índice de Evans patológico: 0,43 (izquierda). Índice de Evans ligeramente elevado: 0,32 (derecha)



tro biparietal (Figura 17). Serán patológicos los valores por encima de 0,3. Este índice puede presentar alta variabilidad intra- e interobservador.

- Medida de la anchura del ventrículo lateral a nivel de la hendidura caudotalámica: se obtiene en un corte sagital a nivel del agujero de Monro. Se mide el cuerpo del ventrículo lateral desde la hendidura caudotalámica hasta el epéndimo del contorno superior (Figura 18):
 - Normal: <5 mm.
 - Dilatación leve: 5-10 mm.
 - Dilatación moderada: 10-15 mm.
 - Dilatación grave: >15 mm.
- Medición del ancho del cuerno anterior del ventrículo lateral: descrito inicialmente por Davies, es la medida del cuerno anterior del ventrículo lateral en su punto más

Figura 18. Corte parasagital: anchura del ventrículo lateral a nivel de la hendidura caudotalámica



ancho obtenida en el tercer plano coronal (**Figura 19**).

- Distancia talamooccipital: se mide en plano sagital visualizando la totalidad del ventrículo lateral con el cuerno anterior, el atrio y los cuernos temporales y occipitales (en su máxima extensión). Se medirá la distancia entre el punto más alejado del centro del tálamo en su unión con el plexo coroideo y el punto más alejado del cuerno occipital a nivel posterior (**Figura 20**). Esta medida es la más sensible en dilataciones ventriculares leves, ya que la dilatación de los ventrículos laterales se manifiesta inicialmente en los cuernos occipitales.

Figura 19. Punto de medición adecuado del cuerno anterior señalado con flechas (izquierda). Medición ecográfica del cuerno anterior del ventrículo lateral (derecha)

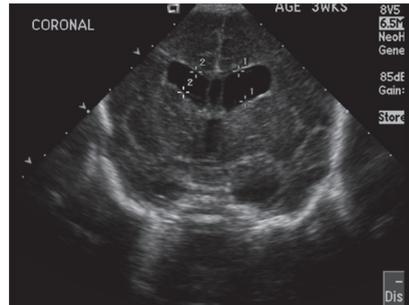
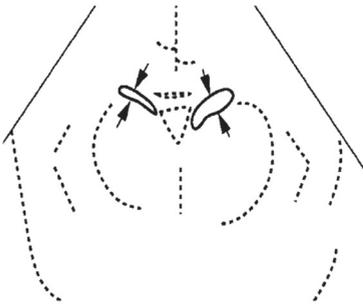
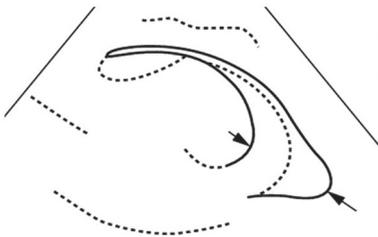


Figura 20. Puntos de medida de la distancia talamooccipital



4. GUÍA RÁPIDA

1. Ecografía transfontanelar.

a. Metodología:

- Sonda microconvex, convex o sectorial.
- Planos coronales (6):

– Lóbulos frontales y región orbitaria anterior: valorar circunvoluciones y ecogenicidad.

– Cuernos frontales de ventrículos laterales, ACM, cuerpo calloso. Valorar simetría y tamaño.

– Tercer ventrículo, ventrículos laterales, cisura de Silvio. Valorar ecogenicidad del tálamo y ganglios de la base.

– Cerebelo: mesencéfalo, vermis y hemisferios cerebelosos, tentorio, cuerpo de ventrículos laterales y cisterna magna. Valorar simetría, plexos coroideos y ecogenicidad.

– Trígono ventricular. Plexos coroideos (ecogenicidad) y sustancia blanca periventricular

– Lóbulos occipitales. Valorar circunvoluciones y simetría de sustancia blanca.

b. Planos sagitales (5): línea media + dos a cada lado.

- Línea media: circunvoluciones, sistema ventricular y cuerpo calloso.

- Parasagital: ventrículo lateral, plexo coroideo. Valorar hemorragias.

- Corte tangencial: lateral y superficial a ventrículos laterales. Valorar circunvoluciones y sustancia blanca.

2. Estudio ecográfico de hemorragia e isquemia cerebral.

a. Lesiones isquémicas:

- Edema cerebral difuso: aumento de ecogenicidad, pérdida de detalles, borramiento de surcos y cisuras.

- Pérdida de diferenciación entre corteza y sustancia blanca.

- Estudio Doppler alterado.

b. Hemorragias cerebrales:

- Imagen hiperecogénica circunscrita y diferenciada (normalmente unilateral).

- Posibilidad de medir volumen.

- Evaluación Doppler, línea media y tamaño ventricular como signos indirectos.

3. Valoración de la hidrocefalia: medición del tamaño ventricular cerebral.

a. Índice de Levene. Neonatos. Curvas de referencia. Poco útil en dilatación leve.

b. Índice de Evans. 3.º plano coronal. Relación entre la distancia más larga entre los cuernos frontales y el diámetro biparietal. Patológico: >0,3. Alta variabilidad.

- c. Anchura del ventrículo lateral en hendidura caudotalámica. Normal: <5 mm.
 - d. Ancho del cuerno anterior del ventrículo lateral.
 - e. Distancia talamooccipital.
8. Gerda van Wezel-Meijler. Neonatal Cranial Ultrasonography: Guidelines for the Procedure and Atlas of Normal Ultrasound. Nueva York: Springer; 2007.
 9. GGC Clinical Guidelines NHS [en línea] [consultado el 10/02/2020]. Disponible en: <https://www.clinicalguidelines.scot.nhs.uk/nhsggc-paediatric-clinical-guidelines/nhsggc-guidelines/neonatology/cranial-ultrasound-a-guideline-for-the-performance-of-routine-cranial-uss-for-preterm-infants/>.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumert M, Brozek G, Paprotny M, *et al.* Epidemiology of peri/intraventricular haemorrhage in newborns at term. *J Physiol Pharmacol.* 2008;59(Suppl 4):67-75.
2. Bertuetti R, Gritti P, Pelosi P, *et al.* How to use cerebral ultrasound in the ICU. *Minerva Anesthesiol.* 2020;86(3):327-40.
3. Bravo C, Cano P, Conde R, *et al.* Hidrocefalia posthemorrágica asociada a la prematuridad: evidencia disponible diagnóstica y terapéutica. *Neurocirugía.* 2011;22(5):381-400.
4. Brouwer MJ, de Vries LS, Groenendaal F, *et al.* New reference for the neonatal cerebral ventricles. *Radiology.* 2012;262(1):224-33.
5. Ciocan I, Pabst WL, Wolf RW, *et al.* Transfontanelar ultrasound in preterm infants. A survival guide for the young radiologist on call. *European Society of Radiology.* 2017. doi: 10.1594/eocr2017/C-1668.
6. Davies MW, Swaminathan M, Chuang SL, *et al.* Reference ranges for the linear dimensions of the intracranial ventricles in preterm neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 2000;82(3):218-23.
7. Ecury-Goossen GM, Camfferman FA, Leijser LM, *et al.* State of the art cranial ultrasound imaging in neonates. *J Vis Exp.* 2015;96:e52238.
8. Gerda van Wezel-Meijler. Neonatal Cranial Ultrasonography: Guidelines for the Procedure and Atlas of Normal Ultrasound. Nueva York: Springer; 2007.
9. GGC Clinical Guidelines NHS [en línea] [consultado el 10/02/2020]. Disponible en: <https://www.clinicalguidelines.scot.nhs.uk/nhsggc-paediatric-clinical-guidelines/nhsggc-guidelines/neonatology/cranial-ultrasound-a-guideline-for-the-performance-of-routine-cranial-uss-for-preterm-infants/>.
10. Goh D, Minns RA, Hendry GM, *et al.* Cerebrovascular resistive index assessed by duplex Doppler sonography and its relationship to intracranial pressure in infantile hydrocephalus. *Pediatr Radiol.* 1992;22(4):246-50.
11. Hakimi R, Alexandrov AV, Garami Z. Neuro-ultrasonography. *Neurol Clin.* 2020;38(1):215-29.
12. Lam AH, Cruz GB. Ultrasound evaluation of subdural haematoma. *Australas Radiol.* 1991;35(4):330-2. doi:10.1111/j.1440-1673.1991.tb03040.x.
13. Levene MI. Measurement of the growth of the lateral ventricles in preterm infants with real-time ultrasound. *Arch Dis Child.* 1981;56:900-4.
14. Liao MF, Chaou WT, Tsao LY, *et al.* Ultrasound measurement of the ventricular size in newborn infants. *Brain.* 1986;8(3):262-8.
15. Llorens-Salvador R, Moreno-Flores A. El ABC de la ecografía transfontanelar y más. *Radiología.* 2016;58(Suppl 2):129-41.
16. Martí-Fàbregas J, Belvis R, Guardia E, *et al.* Prognostic value of Pulsatility Index in acute intracerebral hemorrhage. *Neurology.* 2003;61:1051-6.
17. Ment LR, Bada HS, Barnes P, *et al.* Practice parameter: Neuroimaging of the neonate: Report of the Quality Standards Subcommittee of the

- American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. Neurology. 2002;58:1726-38.
18. Müller WD, Urlesberger B. Correlation of ventricular size and head circumference after severe intra-periventricular haemorrhage in preterm infants. Childs Nerv Syst. 1992;8(1):33-5.
19. Newman WD, Hollman AS, Dutton GN, *et al.* Measurement of acute raised intracranial pressure in hydrocephalus. Br J Ophthalmol. 2002;86:1109-13.
20. Ros-López B, Jaramillo-Dallimonti AM, de Miguel-Pueyo LS, *et al.* Hemorragia intraventricular en el prematuro e hidrocefalia post-hemorrágica. Propuesta de un protocolo de manejo basado en la derivación ventricular precoz. Neurocirugía. 2009;20:15-24.
21. Shim R, Gnanasekaran R, Boyle M, *et al.* Expansion of ventricular indices to include extremes of prematurity. Presented at the Neonatal Society 2012 Autumn Meeting. Neonatal Department, The Rotunda Hospital, Parnell Square, Dublin 1, Ireland.
22. Toma AK, Holl E, Kitchen ND, *et al.* Evan's index revisited: the need for an alternative in normal pressure hydrocephalus. Neurosurgery. 2011;68(4):939-44.
23. Vazquez SE, Ochoa Albiztegui RE. Transfontanelar Ultrasound Technique, Normal Anatomy, Anatomic Variants and Classification Review. European Society of Radiology. 2013. doi: 10.1594/ecr2013/C-2615.
24. Yoshizuka T, Kinoshita M, Iwata S, *et al.* Estimation of elevated intracranial pressure in infants with hydrocephalus by using transcranial Doppler velocimetry with fontanel compression. Sci Rep. 2018;8(1):11824.