

Ecografía transfontanelar: nociones básicas y aproximación diagnóstica a la patología neurovascular del neonato

Antonio Jesús Morillo Gil¹, María de la Paz Calderón Pérez¹, Paloma Montosa Ródenas¹, Sergio Díaz Prados¹, Francisco Javier Navarro Sánchez¹.

¹Servicio de de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada.

Objetivos

- Conocer la importancia de la ecografía transfontanelar para la valoración del sistema nervioso central (SNC) del neonato.
- Repasar las principales indicaciones diagnósticas de la ecografía transfontanelar en la práctica diaria.
- Repasar la anatomía ecográfica básica y establecer una sistemática de estudio que incluya diferentes abordajes para una adecuada exploración.
- Distinguir los hallazgos más relevantes de la patología neurovascular del SNC y de sus hallazgos, incidiendo en las diferencias encontradas en recién nacidos a término (RNT) y pretérmino (RNPT).

Introducción

El periodo neonatal supone uno de las etapas más susceptibles al daño cerebral debido a la inmadurez del SNC y a la diferente regulación de la circulación cerebral.

La **ecografía transfontanelar (ETF)** constituye la primera herramienta diagnóstica para el radiólogo en la identificación de patología intracraneal, especialmente para la patología vascular del SNC, y permite seleccionar aquellos pacientes que se beneficiarán de otras técnicas más invasivas como la resonancia magnética.

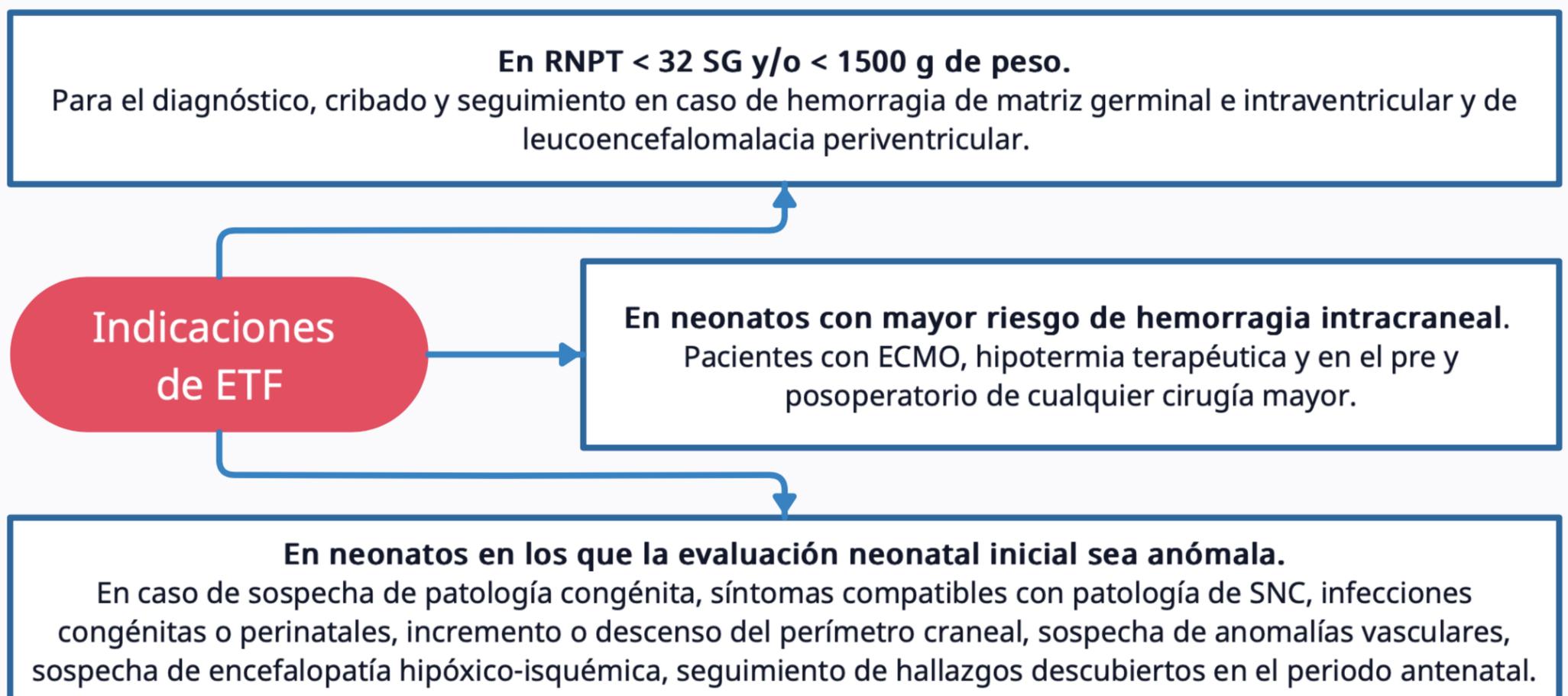


Figura 1. Esquema de las principales indicaciones clínicas de ETF en función de diferentes contextos clínicos. Adaptado de *Hand IL. et al. (2020)*.

Técnica

La exploración ecográfica básica debe ser sistemática para conseguir una imagen reproducible y abarcar la mayor parte del parénquima intracraneal. Se usarán preferentemente sondas de **baja frecuencia** por su mayor capacidad de penetración y analizar estructuras más profundas. Las sondas de **alta frecuencia**, de mayor resolución espacial, se emplearán para la evaluación anatómica y mejor valoración de posibles hallazgos patológicos.

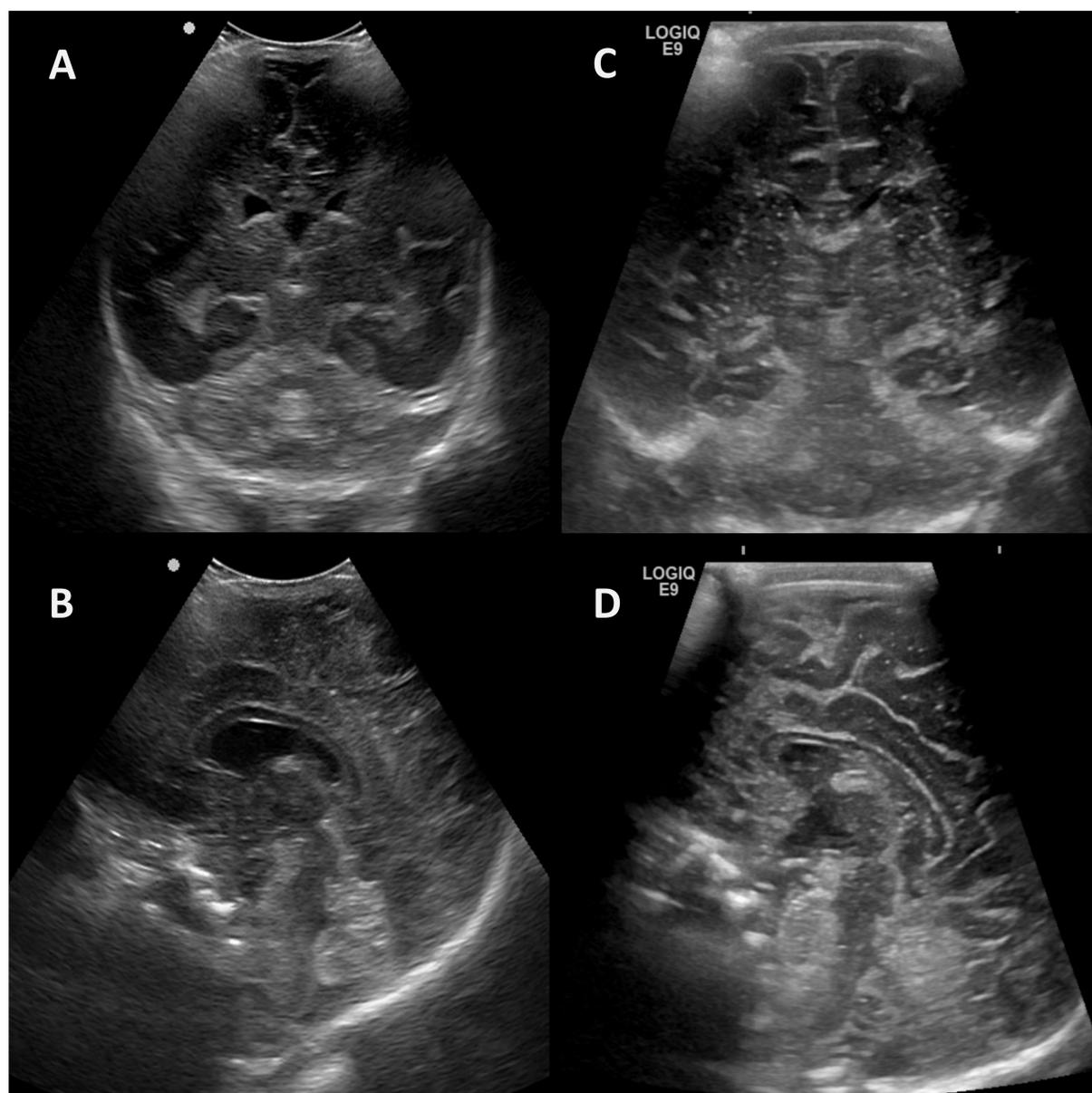


Figura 2. Diferencias en la exploración realizada con sondas convexas de baja frecuencia (*imágenes A y B*) y sondas lineales de alta frecuencia (*imágenes C y D*).

Técnica

La **fontanela anterior** es el abordaje más usado en la exploración ecográfica al ser la fontanela de mayor tamaño y ofrecer una visión global del cerebro del recién nacido. No obstante, existen otros abordajes ecográficos dirigidos a valorar estructuras intracraneales que no pueden visualizarse completamente en la fontanela anterior.

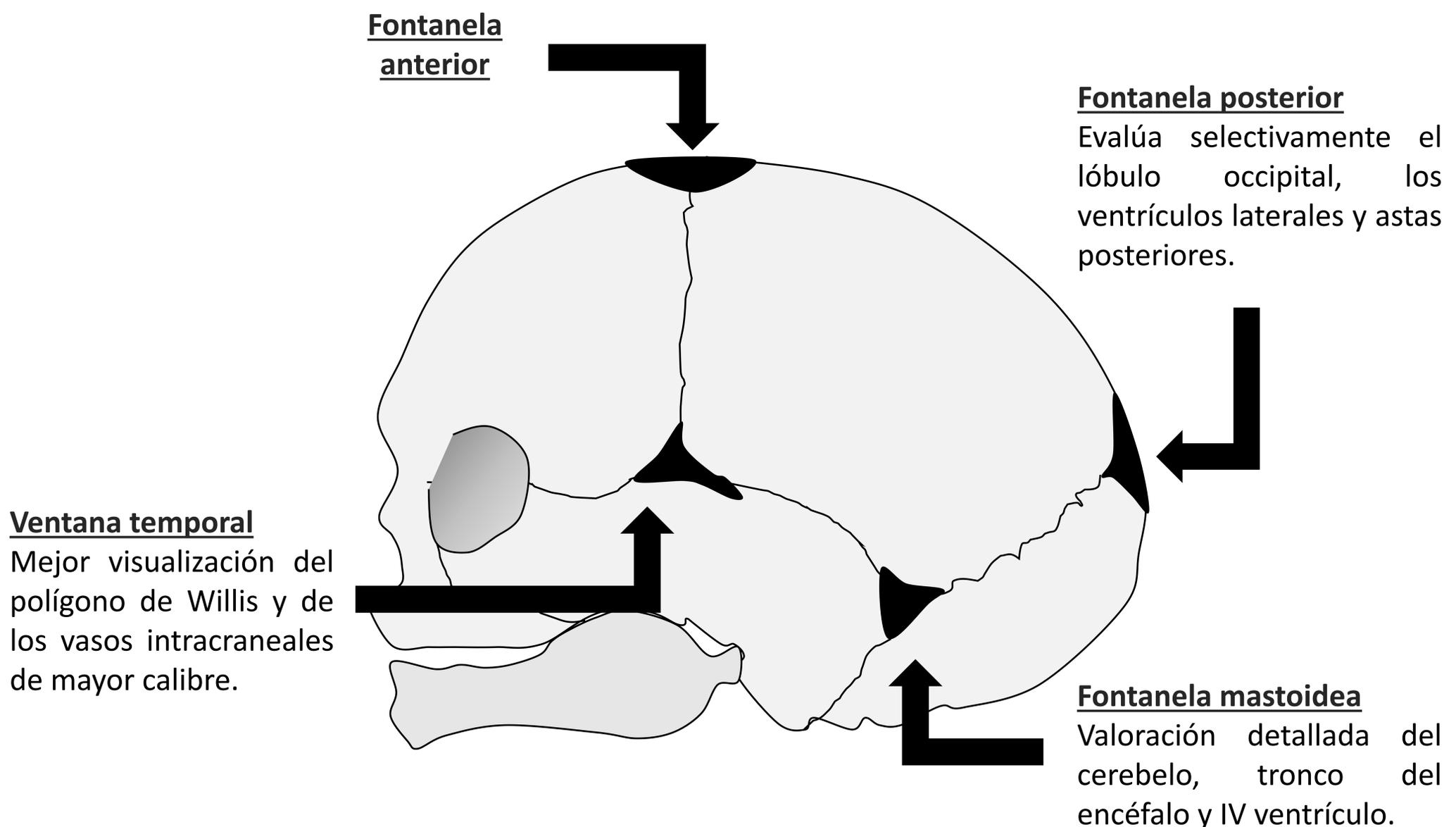


Figura 3. Esquema de las ventanas acústicas disponibles en el cráneo del neonato. Se destaca además las regiones anatómicas que pueden evaluarse de forma más óptima en cada uno de ellas.

Técnica

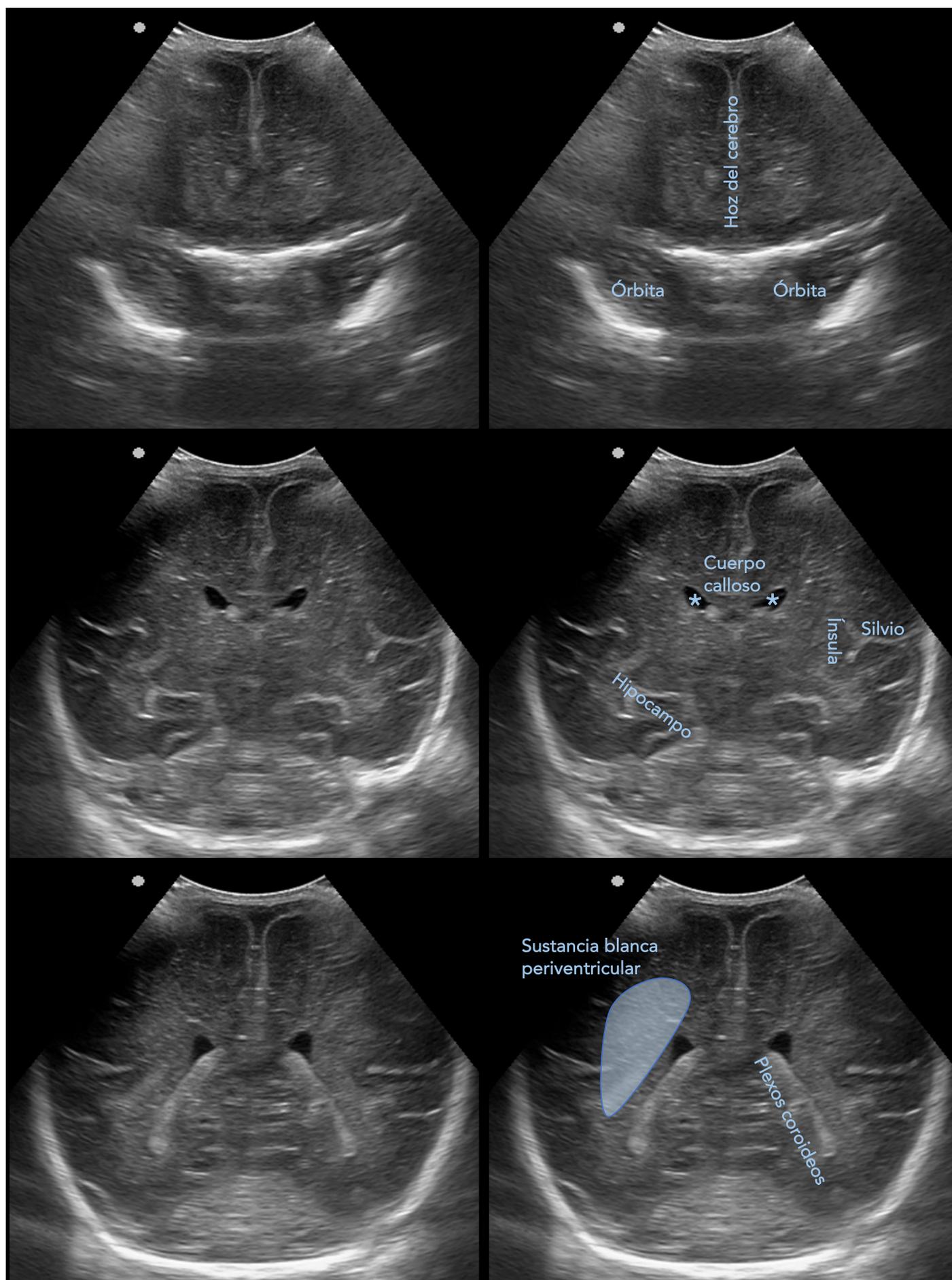
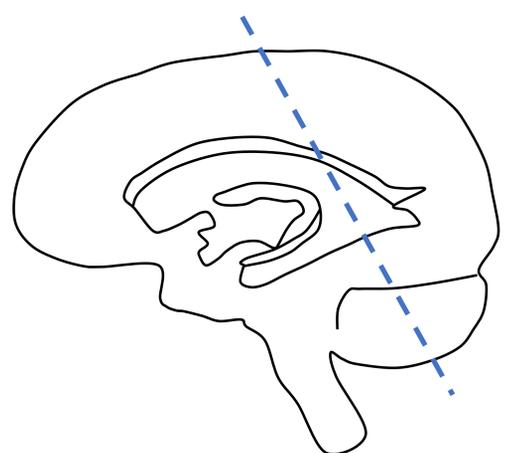
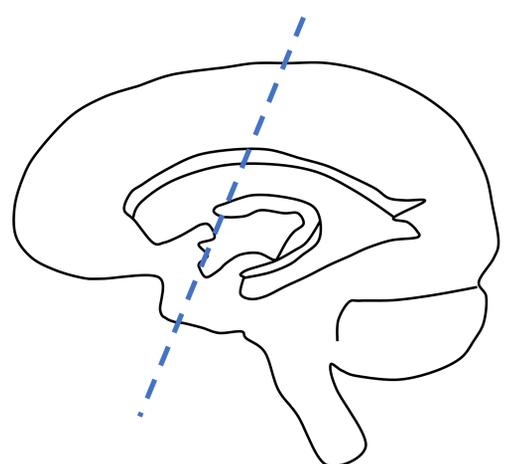
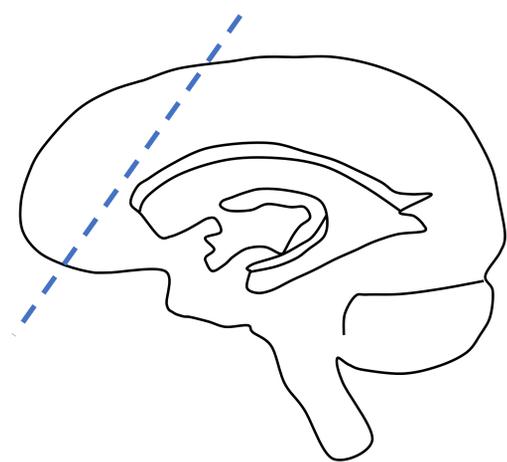


Figura 4. Sistemática de exploración en el plano coronal desde anterior a posterior y principales estructuras anatómicas a valorar (asteriscos: ventrículos laterales).

Técnica

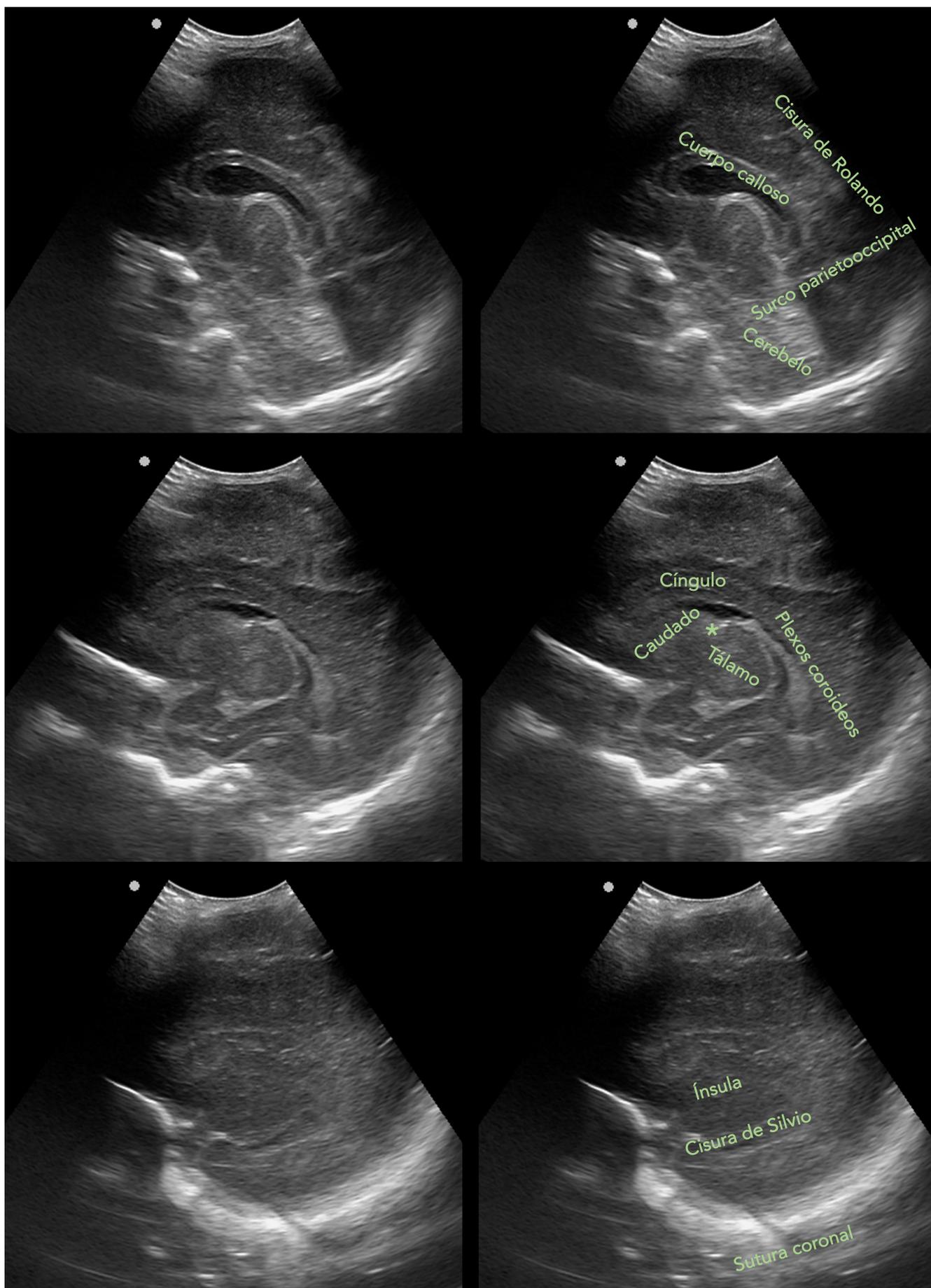
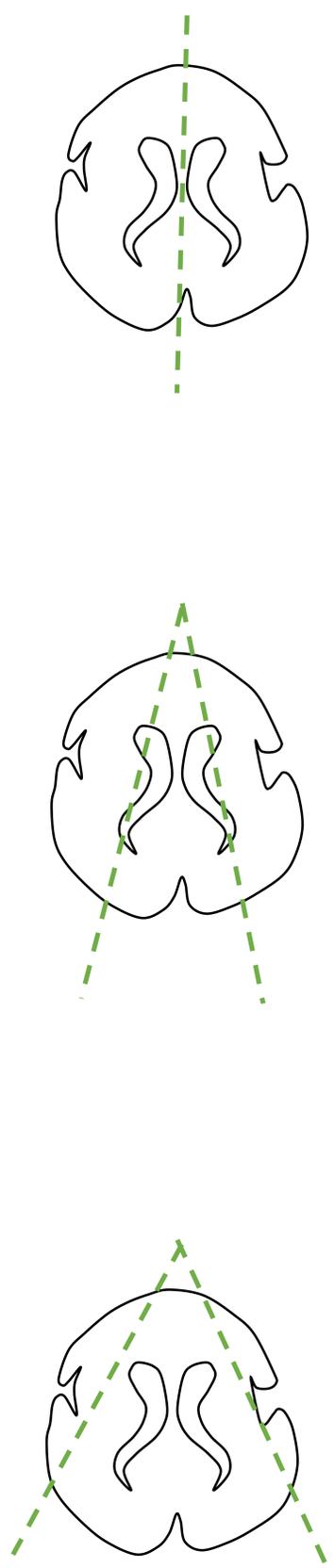


Figura 5. Sistemática de exploración en el plano sagital desde línea media a regiones laterales y principales estructuras anatómicas valorables (asterisco: surco caudotalámico).

Técnica

La valoración óptima del **espacio extraaxial** se realiza con sondas de alta frecuencia. Las diferentes determinaciones que suelen realizarse para analizar el espacio extraaxial y sus valores normales quedan reflejadas en la figura adjunta.

La ecografía Doppler color puede utilizarse para evaluar las venas que atraviesan el espacio subaracnoideo normal e identificar el flujo en el seno sagital superior.

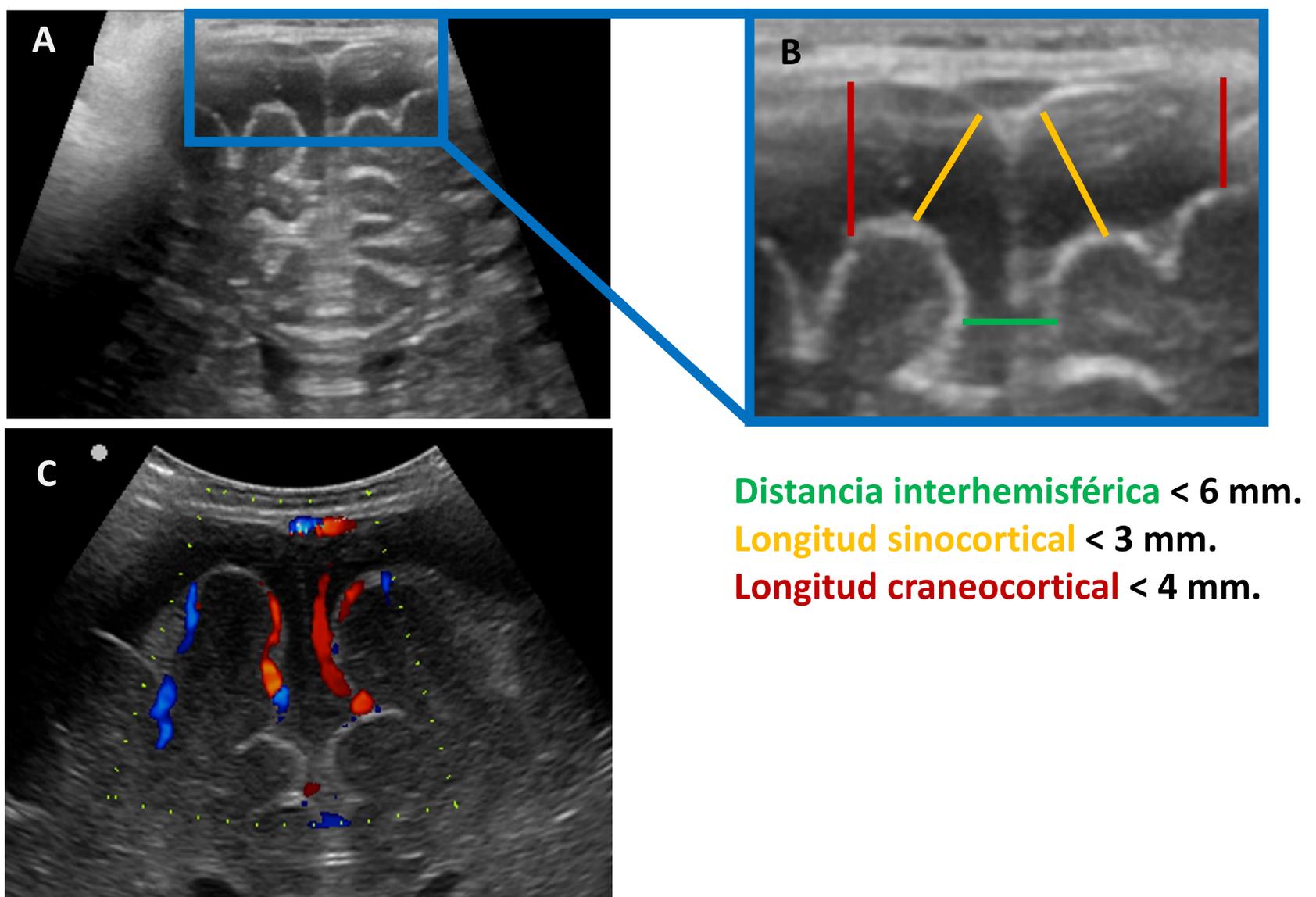


Figura 6. Valoración del espacio extraaxial mediante ETF. Definición de los diferentes parámetros a valorar en el espacio extraaxial y sus valores de referencia (*imágenes A y B*). Exploración Doppler color que demuestra adecuada permeabilidad del seno sagital superior (*imagen C*).

Técnica

El **tamaño del sistema ventricular** se reduce progresivamente con la edad gestacional, de tal forma que en RNT los ventrículos laterales se encuentran prácticamente colapsados. Existen varias medidas que se realizan de forma convencional para determinar la talla ventricular.

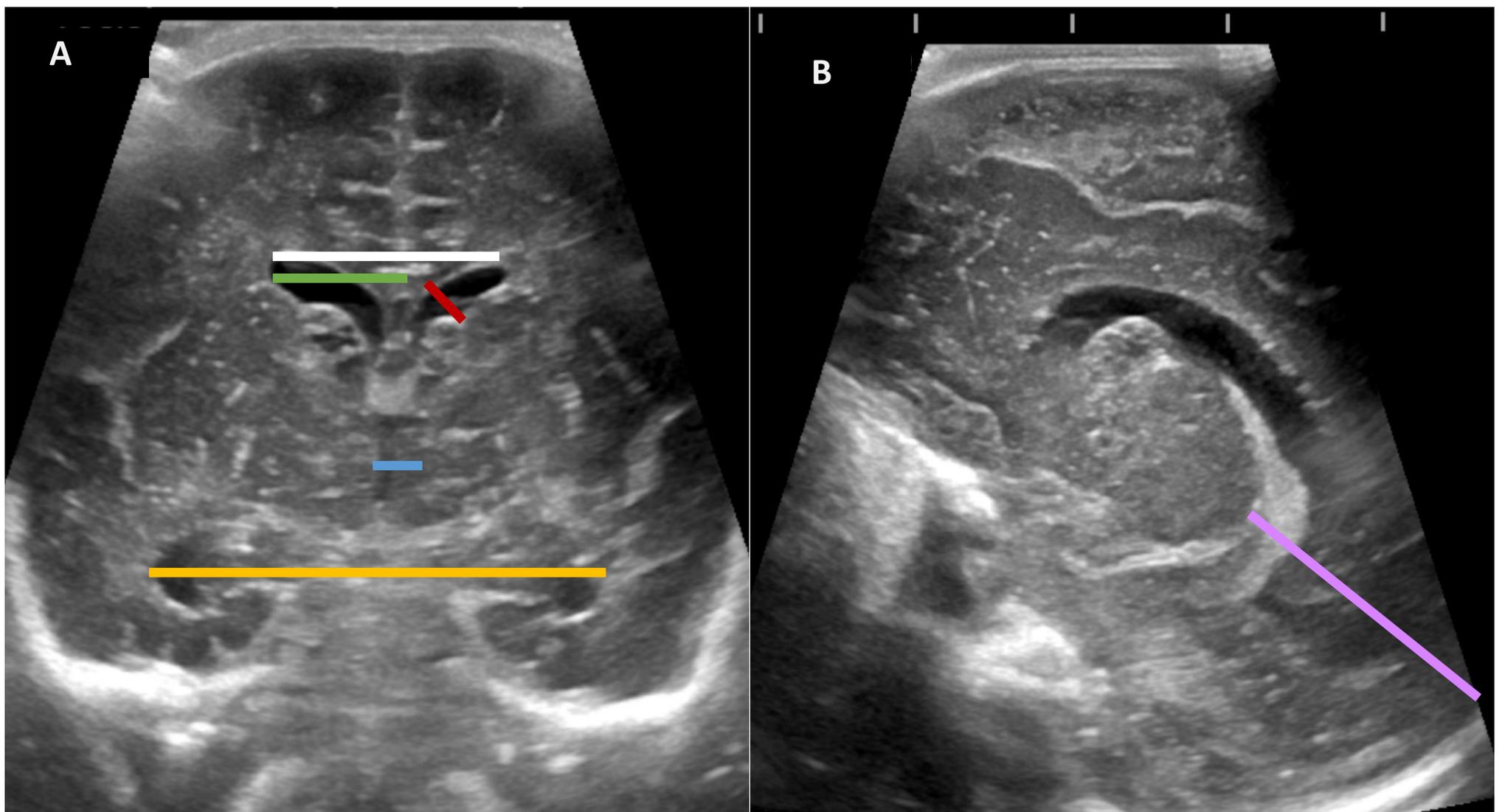


Figura 7. Determinaciones estandarizadas para la monitorización de la talla ventricular. Las medidas en el plano coronal se determinan a la altura de los forámenes de Monro (*imagen A*). Distancia entre astas frontales (línea blanca), índice ventricular de Levene (línea verde), eje craneocaudal de las astas anteriores (línea roja), eje transversal del III ventrículo (línea azul) y distancia entre astas temporales (línea amarilla). En el plano sagital (*imagen B*) se evalúa la distancia tálamo-occipital (línea morada).

Técnica

La determinación de los **índices de resistencia de la arteria cerebral anterior** (o en su defecto, de la arteria pericallosa) y del patrón de onda espectral constituye el principal signo a valorar en caso de sospecha de encefalopatía hipóxico-isquémica.

RNT	RNPT
Mayor velocidad pico diastólica	Mayor velocidad pico sistólica y menor velocidad pico diastólica
IR ~ 0,6 – 0,8	IR ~ 0,8 - 0,9

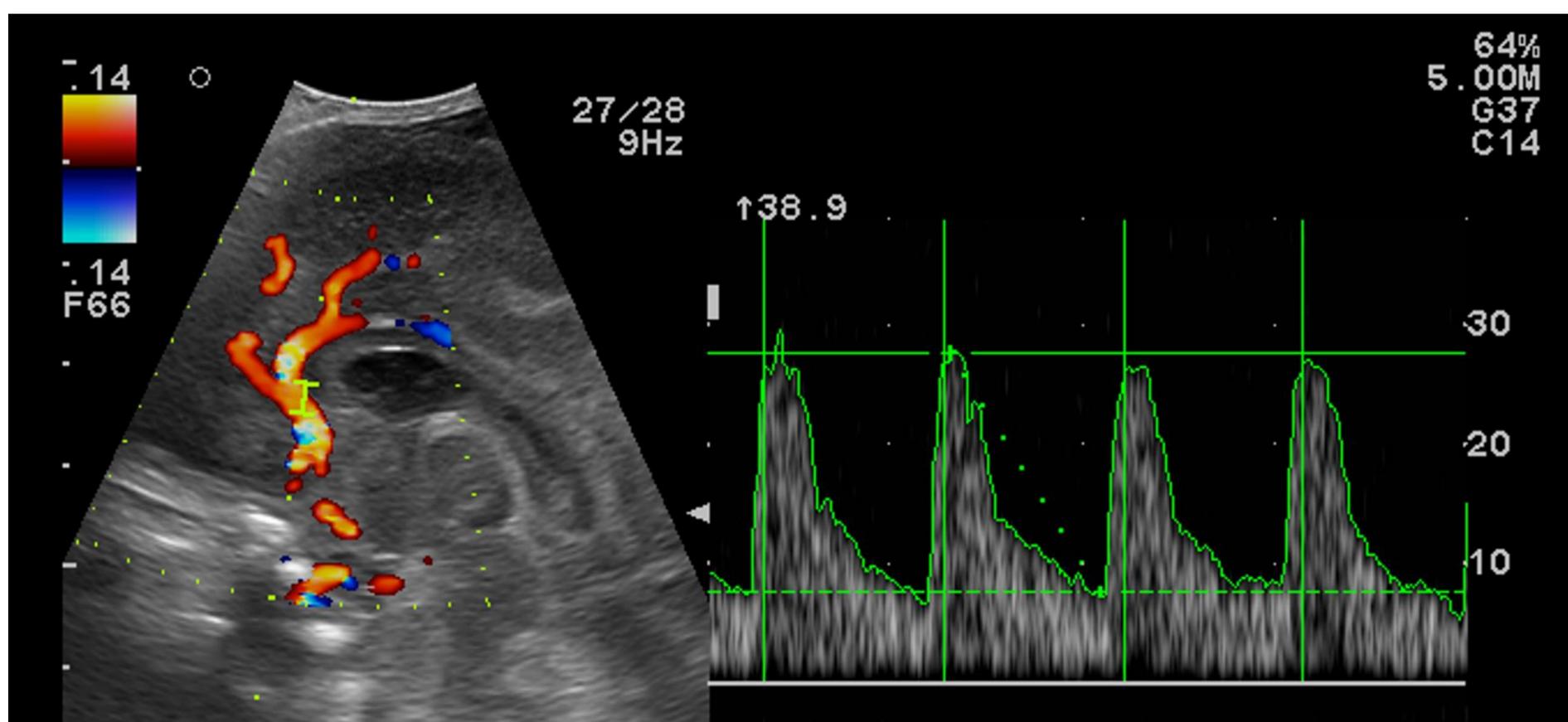


Figura 8. Registro Doppler color y espectral de la arteria cerebral anterior dentro de la normalidad en un RNPT.

Hemorragia de matriz germinal

La **matriz germinal** es una agrupación de células neurogliales primitivas que, en torno a las semanas 28^a a 34^a de gestación, se sitúa en los surcos caudotalámicos, lateral a ambos ventrículos laterales. Estas células son altamente susceptibles a sufrir daño por eventos hipóxicos.

La **hemorragia de matriz germinal (HMG)** es una entidad característica de RNPT. Ocurre con mayor frecuencia durante los **primeros tres días de vida del RNPT con < 32 SG y/o en RNPT con peso al nacimiento < 1500g.**

En la actualidad, la HMG puede clasificarse en cuatro categorías en función de la extensión de la hemorragia.

<u>Grados de HMG</u>	<u>Descripción de hallazgos ecográficos</u>
I	Hemorragia limitada a la matriz germinal subependimaria
II	Sangrado intraventricular en < 50% del ventrículo lateral sin dilatación ventricular
III	Sangrado intraventricular en \geq 50% del ventrículo lateral y/o con dilatación del ventrículo ipsilateral
IV	Lesión hemorrágica parenquimatosa por infarto venoso asociada a la hemorragia de matriz germinal y/o intraventricular

Figura 9. Descripción ecográfica de los diferentes tipos de hemorragia de matriz germinal según la clasificación de *Volpe et al.* (2008).

Hemorragia de matriz germinal

La **HMG grado 1** es un sangrado, uni o bilateral, confinado a la matriz germinal subependimaria. Las hemorragias de pequeño tamaño pueden ser difícil de distinguir de los plexos coroideos. Estos últimos suelen ser simétricos, no están presentes en la zona anterior del surco caudotalámico y pueden presentar señal Doppler.

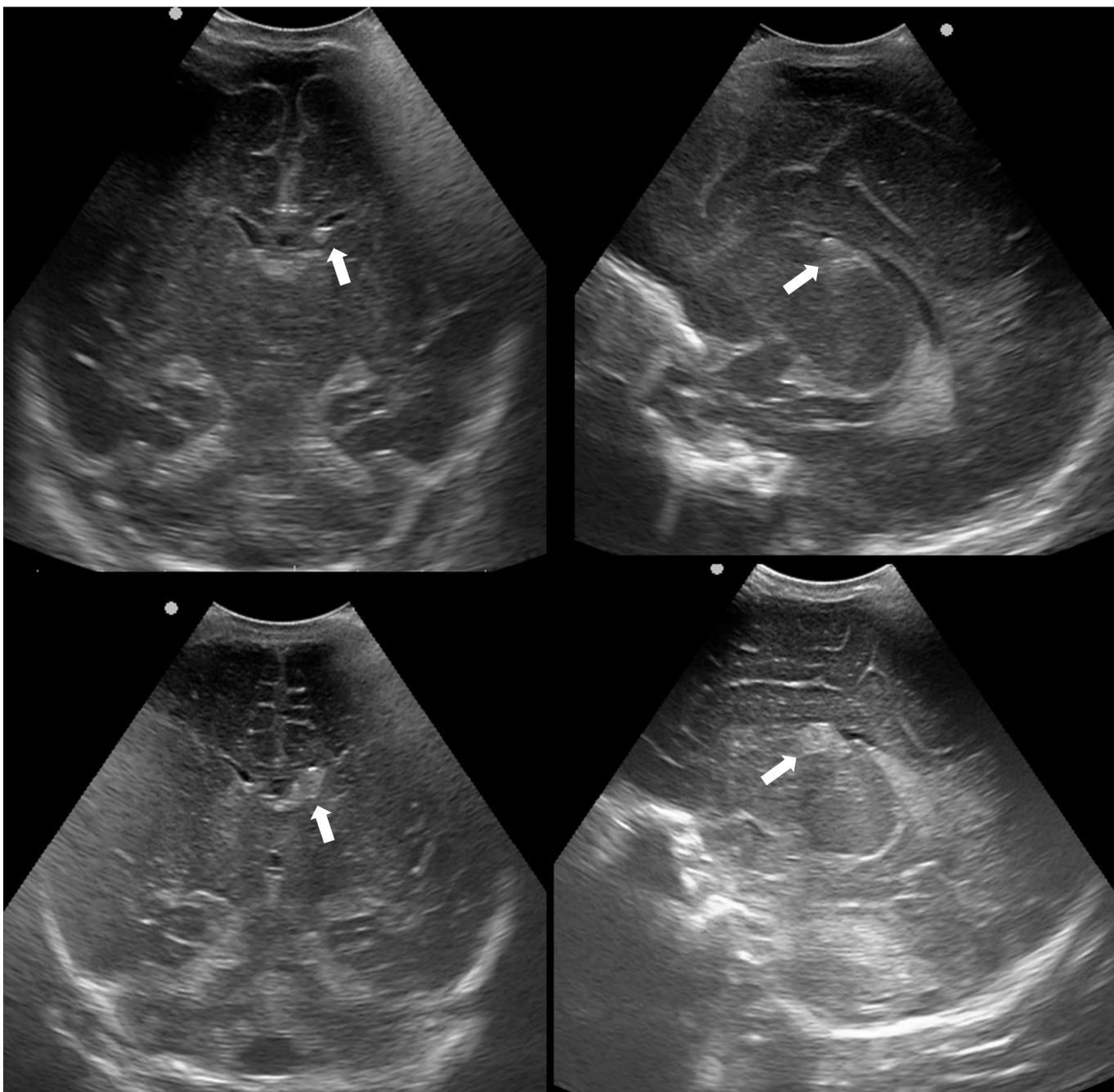


Figura 10. Imágenes en planos coronal y sagital de dos pacientes con HMG izquierda grado I (flecha blanca). Se presenta como un foco de contornos bien definidos con aumento de la ecogenicidad y sutiles efectos expansivos sobre el ventrículo lateral adyacente.

Hemorragia de matriz germinal

La **HMG grado 2** es un sangrado intraventricular en $< 50\%$ del ventrículo lateral sin dilatación ventricular.

Algunos signos que orientan a que exista sangrado intraventricular son la presencia de focos ecogénicos anteriores a los forámenes de Monro, atrios y astas occipitales; irregularidad de los márgenes de los plexos coroideos y la recogida de señal Doppler en el acueducto de Silvio.

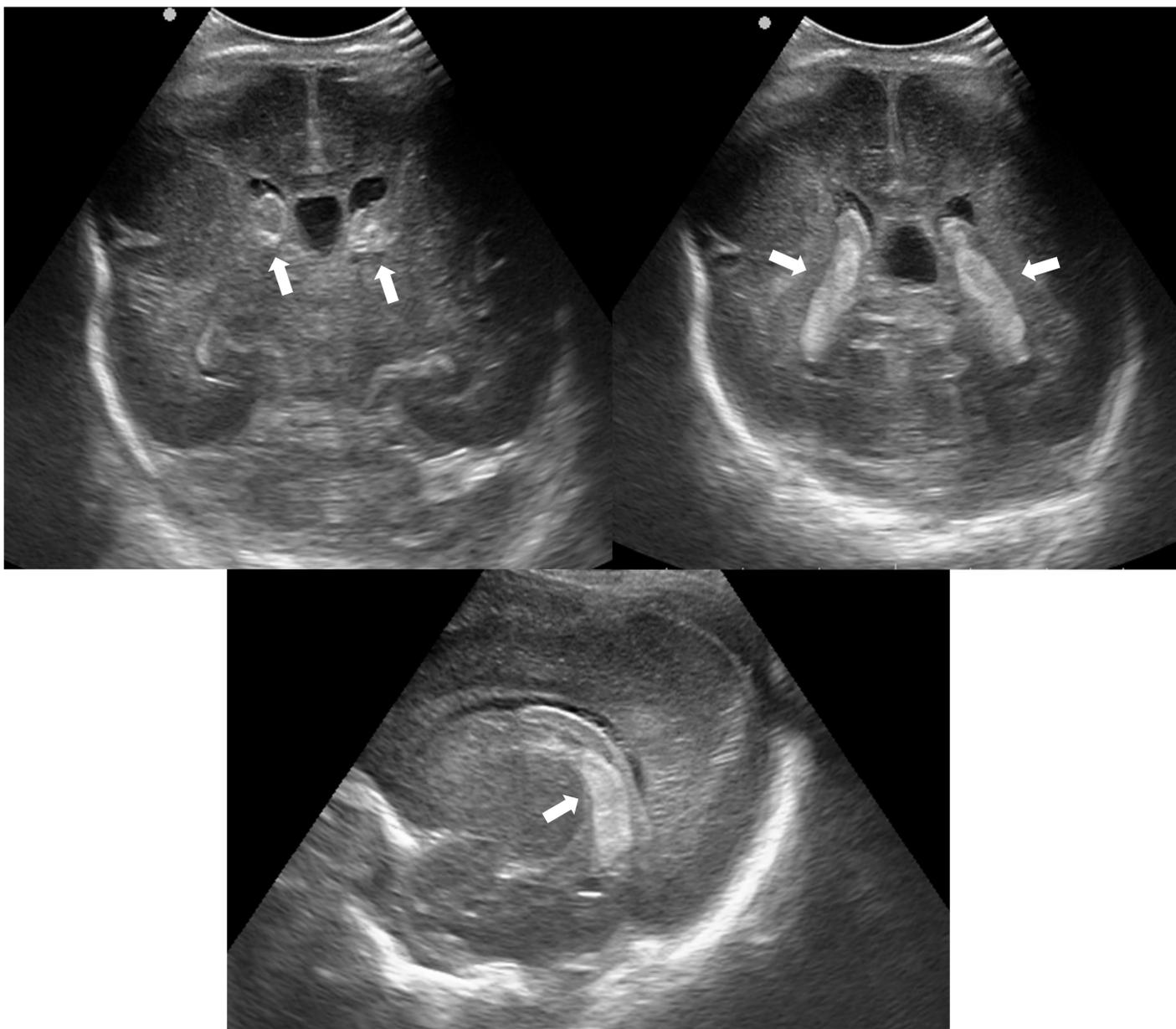


Figura 11. Imágenes en planos coronal y sagital de un paciente con HMG grado II bilateral (flecha blanca).

Hemorragia de matriz germinal

La **HMG grado 3** supone una extensión del sangrado intraventricular a $\geq 50\%$ del ventrículo lateral o la aparición de dilatación del ventrículo ipsilateral.

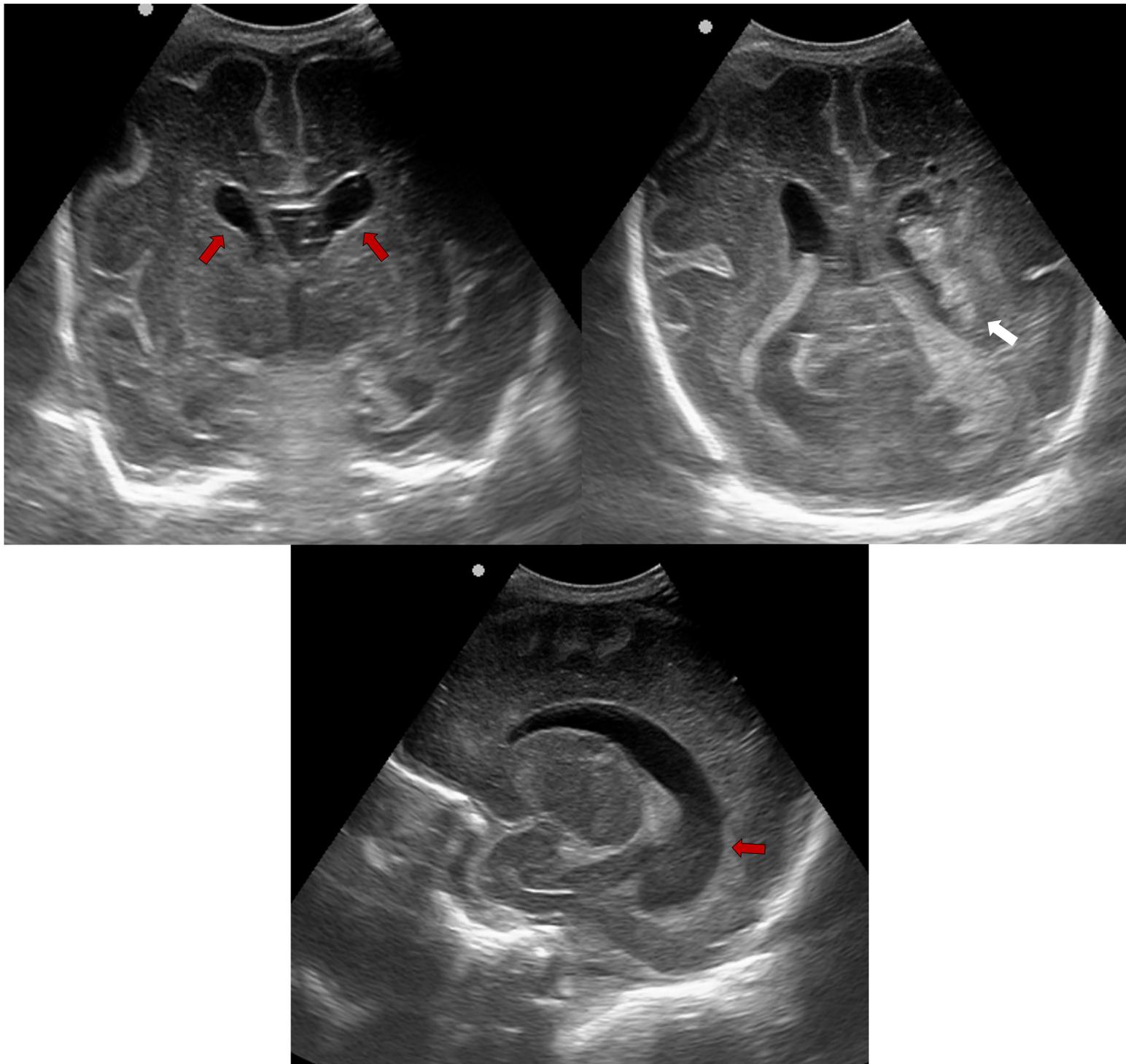


Figura 12. Imágenes en planos coronal y sagital de un paciente con HMG grado III izquierda con escaso contenido hemático intraventricular (flecha blanca) con dilatación significativa del sistema ventricular bilateral (flechas rojas).

Hemorragia de matriz germinal

La **HMG grado 4** consiste en la aparición de cualquier lesión parenquimatosa por infarto venoso con HMG en cualquiera de los estadios anteriormente descritos.

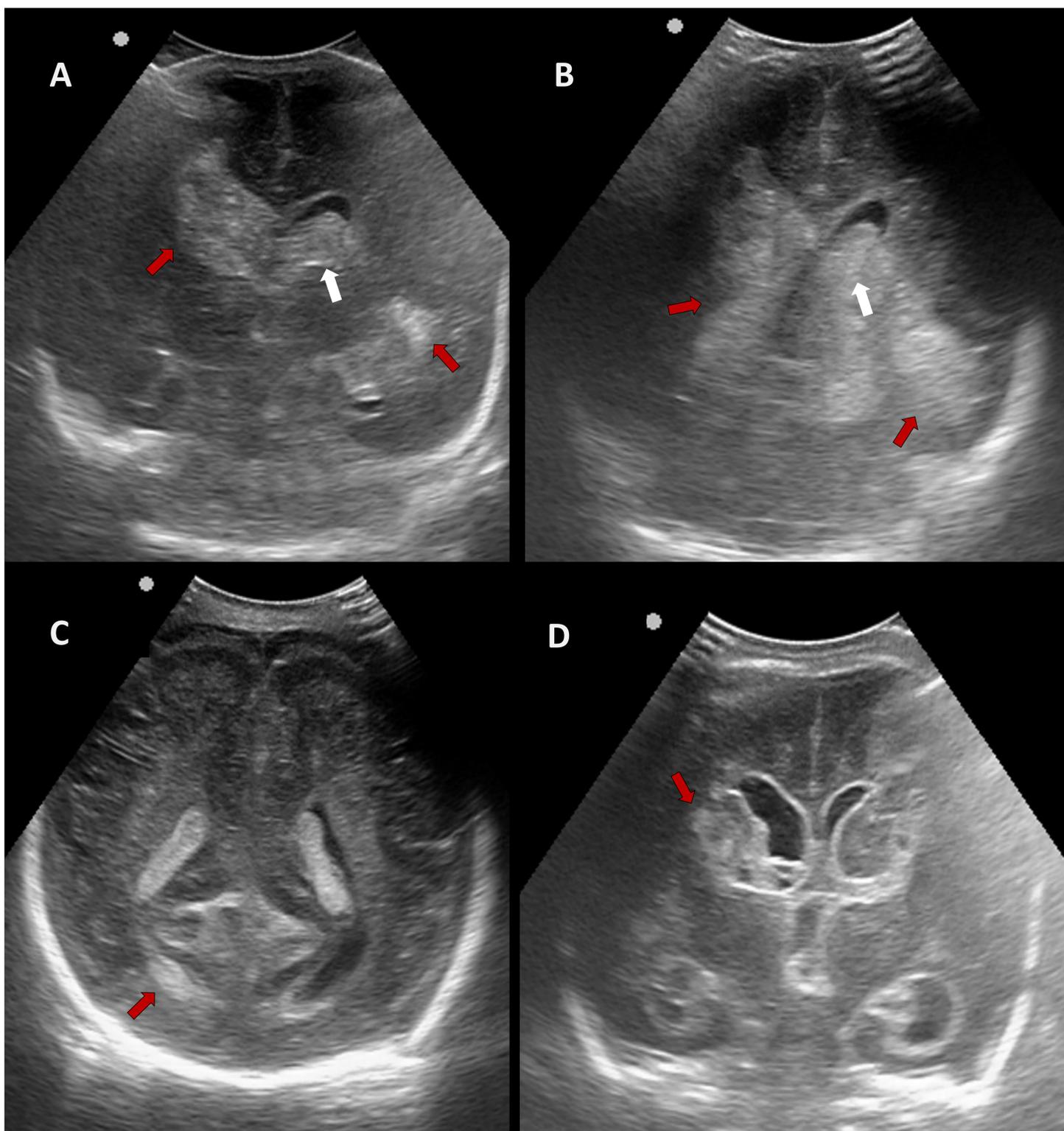


Figura 13. *Imágenes A y B:* hemorragias intraparenquimatosas (flechas rojas) en el contexto de HIV bilateral (flechas blancas). *Imagen C:* hemorragia intraparenquimatosa occipital derecha en el contexto de HMG grado 1. *Imagen D:* engrosamiento ecogénico de las cubiertas endimarias del sistema ventricular en relación con ventriculitis irritativa.

Hemorragia de matriz germinal

La demostración de trombosis de las venas terminales constituye un signo predictor de infarto hemorrágico ipsilateral en caso de hemorragia de matriz germinal grado 2-3.

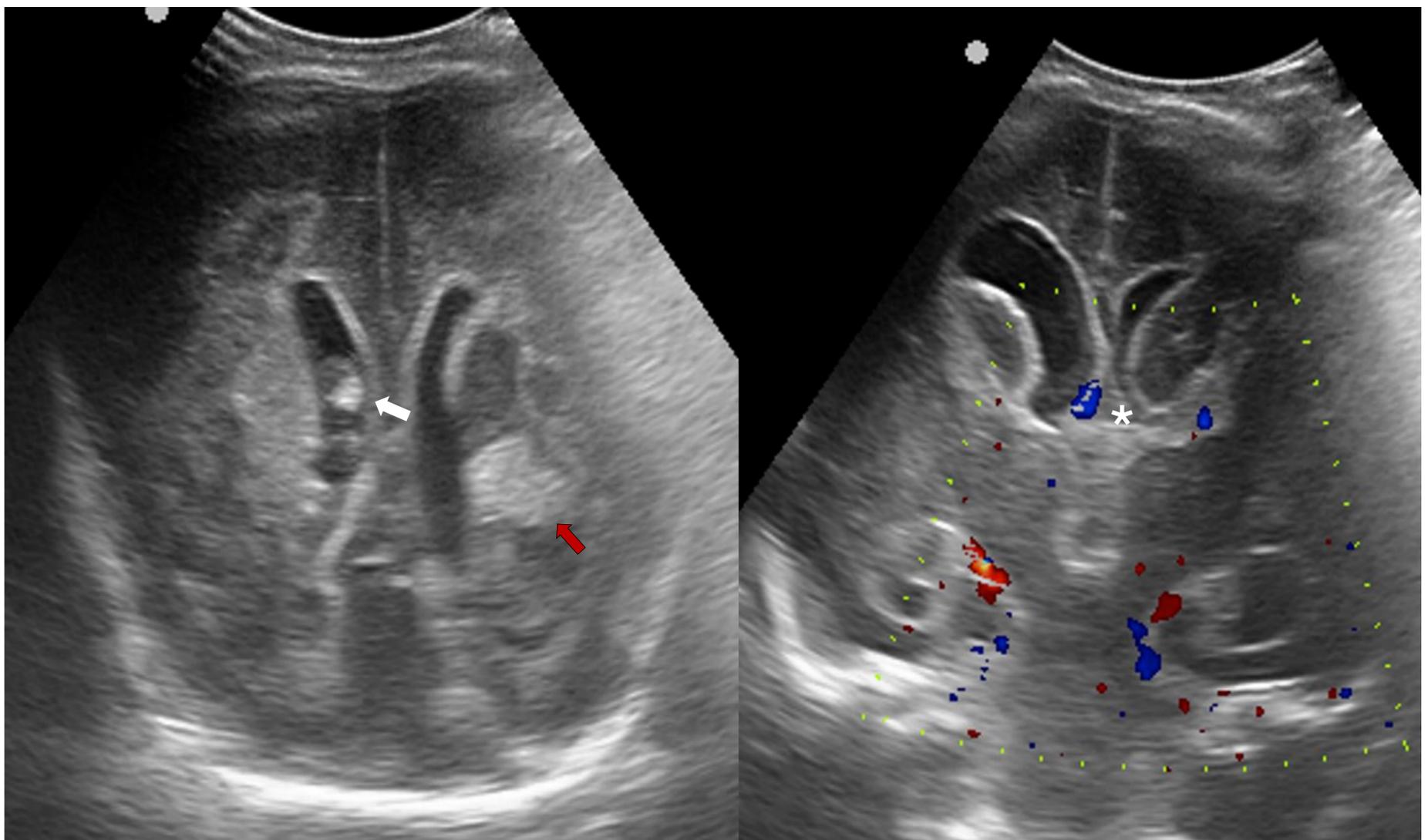


Figura 14. Imágenes en el plano coronal y Doppler color del sistema venoso profundo en el mismo paciente que en *figura 13D*. Hemorragia intraventricular (flecha blanca) e intraparenquimatosa periventricular izquierda (flecha roja) con importante dilatación del sistema ventricular asociada. En exploración Doppler color se evidencia ausencia de señal en la vena terminal izquierda en relación con trombosis (asterisco).

Leucomalacia periventricular

La **leucomalacia periventricular (LPV)** aúna un conjunto de manifestaciones de la sustancia blanca periventricular que afecta a un RNPT tras una noxa isquémica cerebral.

La duración del estado de hipoperfusión determinará el grado de daño posterior de la sustancia blanca.

<u>Grados de LPV</u>	<u>Descripción de hallazgos ecográficos</u>
I	Sutil aumento de la ecogenicidad peritrigonal mayor que la de los plexos coroideos sin áreas de degeneración quística
II	Quistes agrupados de pequeño tamaño limitados al área con incremento de la ecogenicidad
III	Afectación quística extensa tras la coalescencia de quistes de menor tamaño

Figura 15. Descripción de los hallazgos ecográficos de los diferentes grados de leucomalacia periventricular.

Leucomalacia periventricular

La **LPV grado 1** se define como el aumento de la ecogenicidad de la región peritrigonal respecto a la ecogenicidad de los plexos coroideos.

Es indistinguible de **halo hiperecogénico periventricular** característico del RNPT, que consiste en un aumento no patológico de la ecogenicidad de la sustancia blanca periventricular durante los primeros 7 días de vida. En estos casos, se recomienda control estrecho ecográfico y valorar evolución de los hallazgos.

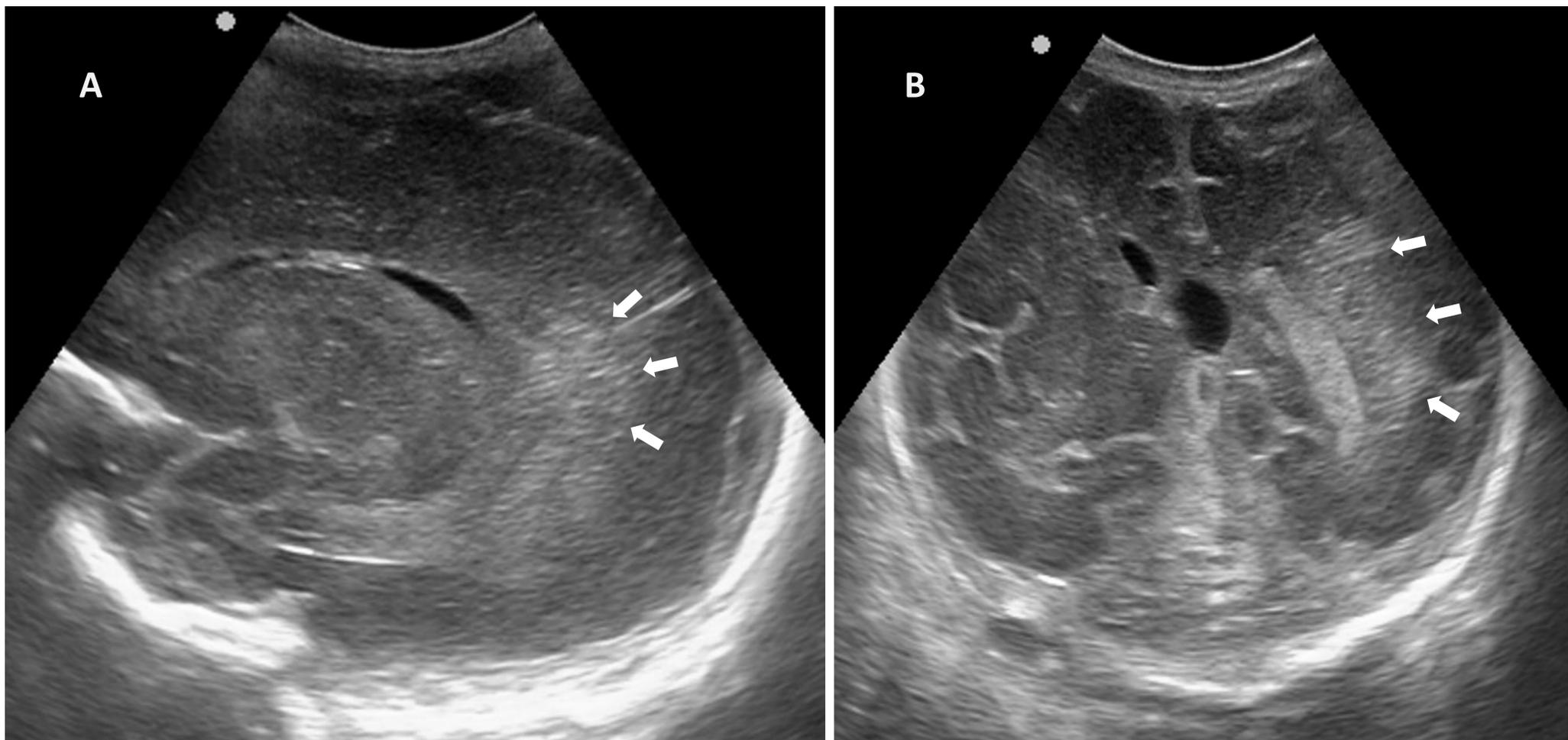


Figura 16. Aumento de la ecogenicidad de la sustancia blanca peritrial unilateral (flecha blanca). Los hallazgos presentes en *imagen A* desaparecieron en sucesivos controles ecográficos, por lo que se deduce que se trataba de un halo hiperecogénico periventricular autolimitado. Por el contrario, los presentes en la *imagen B* permanecieron, confirmando la sospecha de LPV grado 1.

Leucomalacia periventricular

En la **LPV grado 2** aparecen quistes de pequeño tamaño limitados a un área con incremento de la ecogenicidad. Estos quistes pueden evolucionar hacia la coalescencia, lo que supondría una LPV categoría 3.

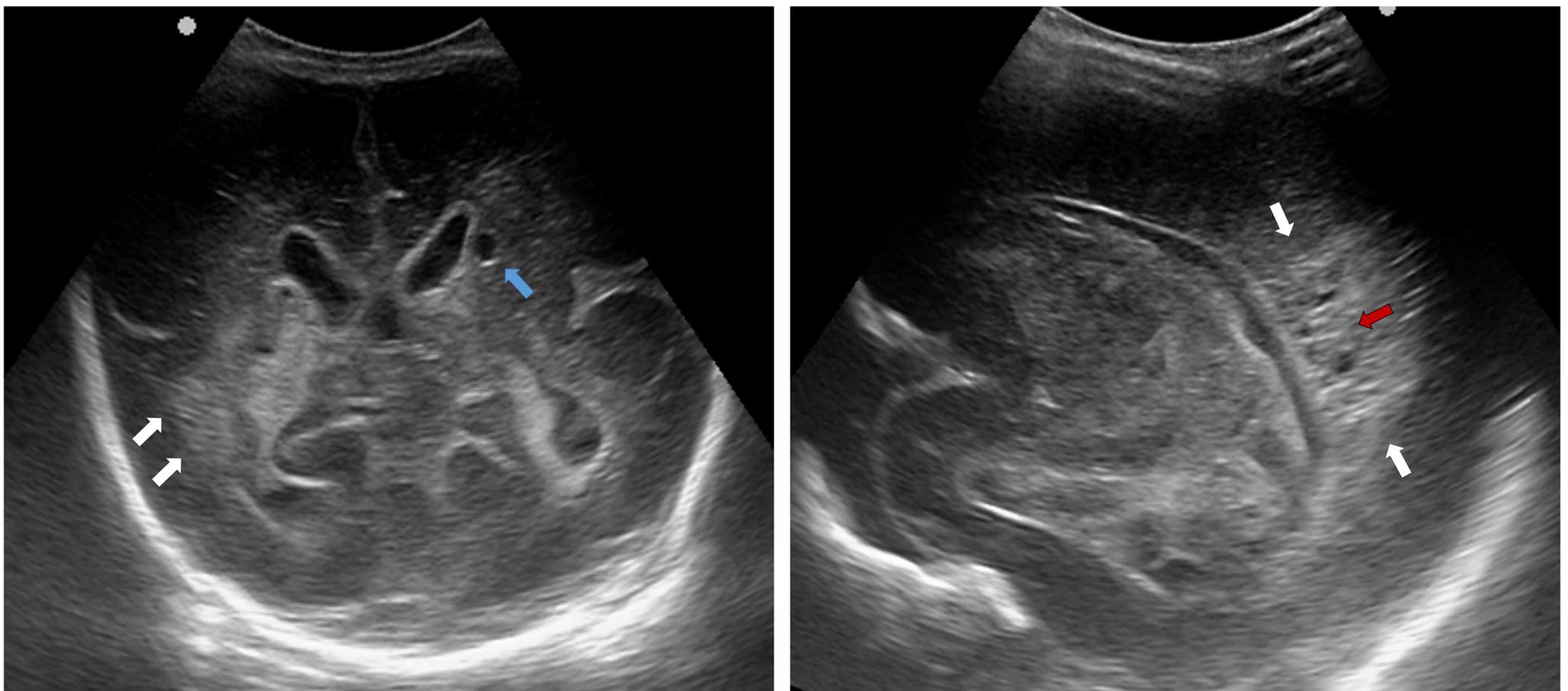


Figura 17. Aumento de la densidad de la sustancia blanca periventricular derecha (flechas blancas) con áreas de degeneración quística incipiente en relación con LPV grado 2 (flechas rojas). Además de este hallazgo, destaca la presencia de un quiste subependimario en surco caudotalámico izquierdo de probable carácter secuelar tras HMG (flecha azul).

Leucomalacia periventricular

Existen otras muchas entidades que pueden manifestarse mediante la aparición de quistes periventriculares, al igual que ocurre con la LPV grado 2. Para su distinción es importante prestar atención a su posición respecto del ventrículo lateral.

Los **quistes connatales** son lesiones quísticas adyacentes a las astas frontales de los ventrículos laterales. Representan una variante de la normalidad y son hallazgos incidentales.

Los **quistes subependimarios** son lesiones que se localizan por debajo del aspecto posteroexterno del foramen de Monro. Se clasifican en **congénitos o germinolíticos** (asociados típicamente a infecciones víricas intraútero) y en **adquiridos** (normalmente de naturaleza poshemorrágica).

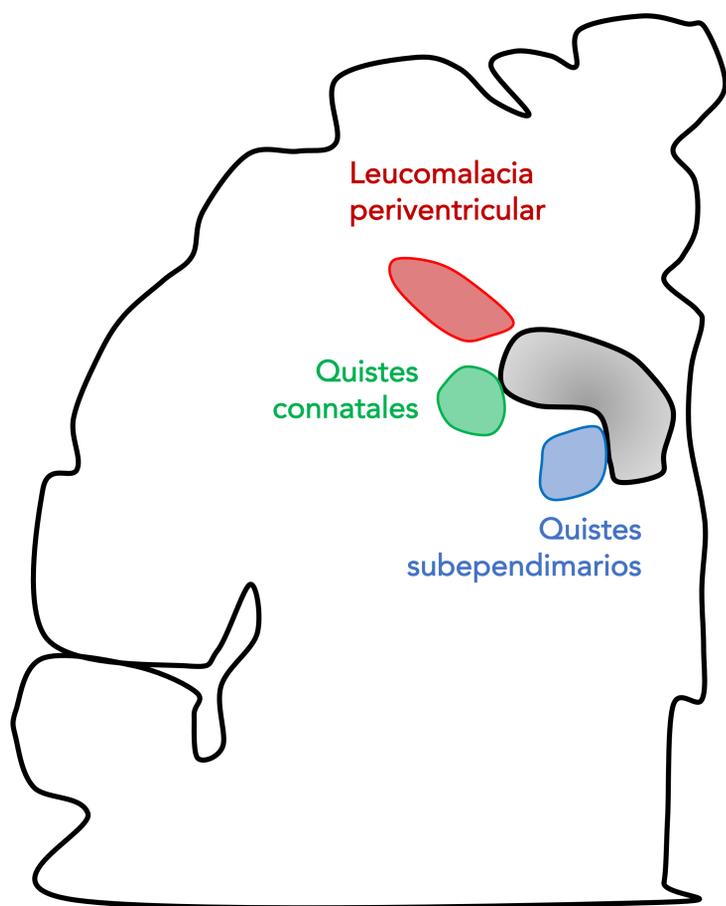


Figura 18. Esquema del diagnóstico diferencial de las lesiones quísticas periventriculares neonatales en función de su relación con el ventrículo lateral.

Leucomalacia periventricular

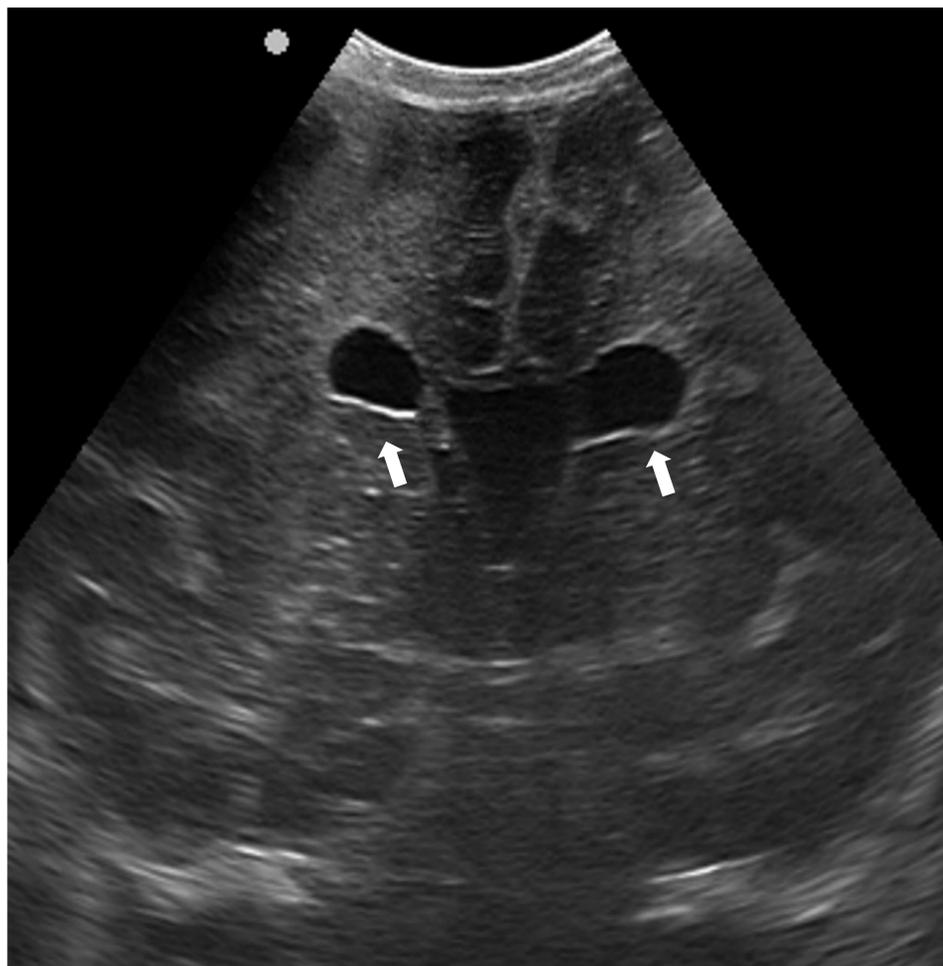


Figura 19. Quistes connatales bilaterales prominentes (flechas blancas) descubiertos de forma incidental en neonato asintomático. En este plano, las astas frontales se encuentran colapsadas y sin signos de dilatación ventricular.

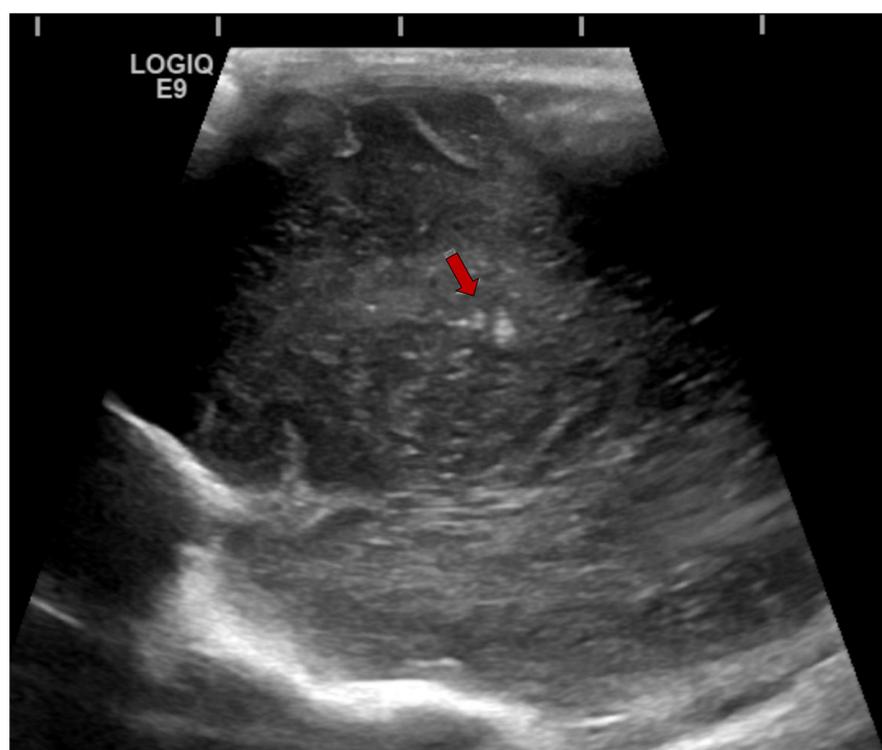
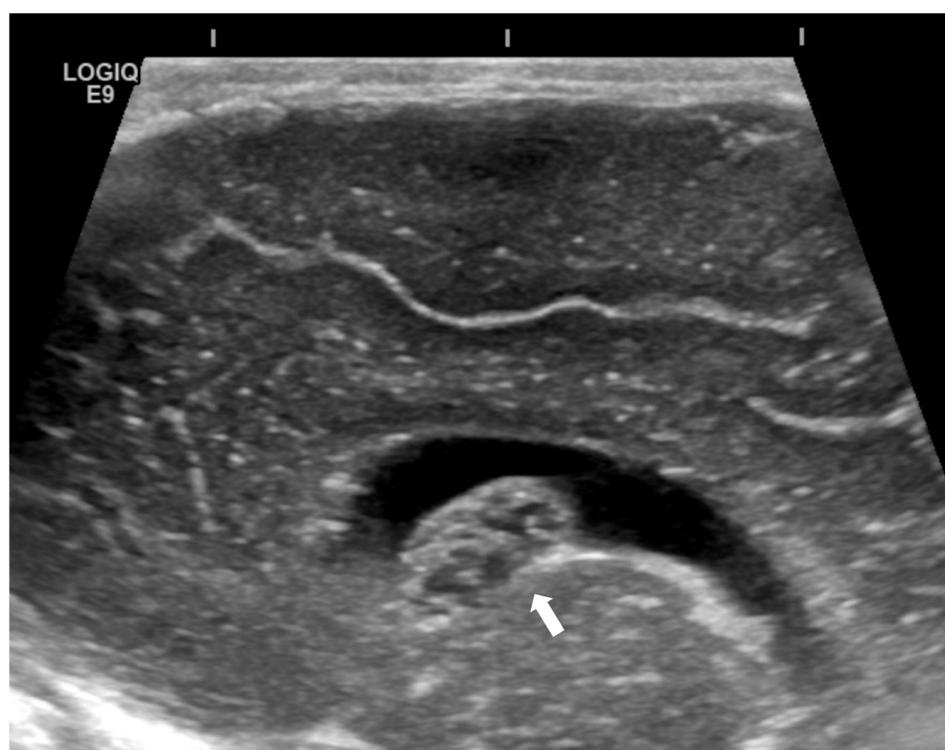


Figura 20. Quistes germinolíticos en paciente con sospecha de infección congénita de CMV (flecha blanca). Además de este hallazgo se identifican focos de calcificación en la sustancia blanca periventricular (flecha roja) como estigmas de infección congénita de CMV.

Encefalopatía hipóxico-isquémica

El signo más precoz consiste en la pérdida de la diferenciación corticosubcortical en forma de borramiento de surcos, hiperecogenicidad corticosubcortical y eventual colapso parcial de ventrículos por edema cerebral.

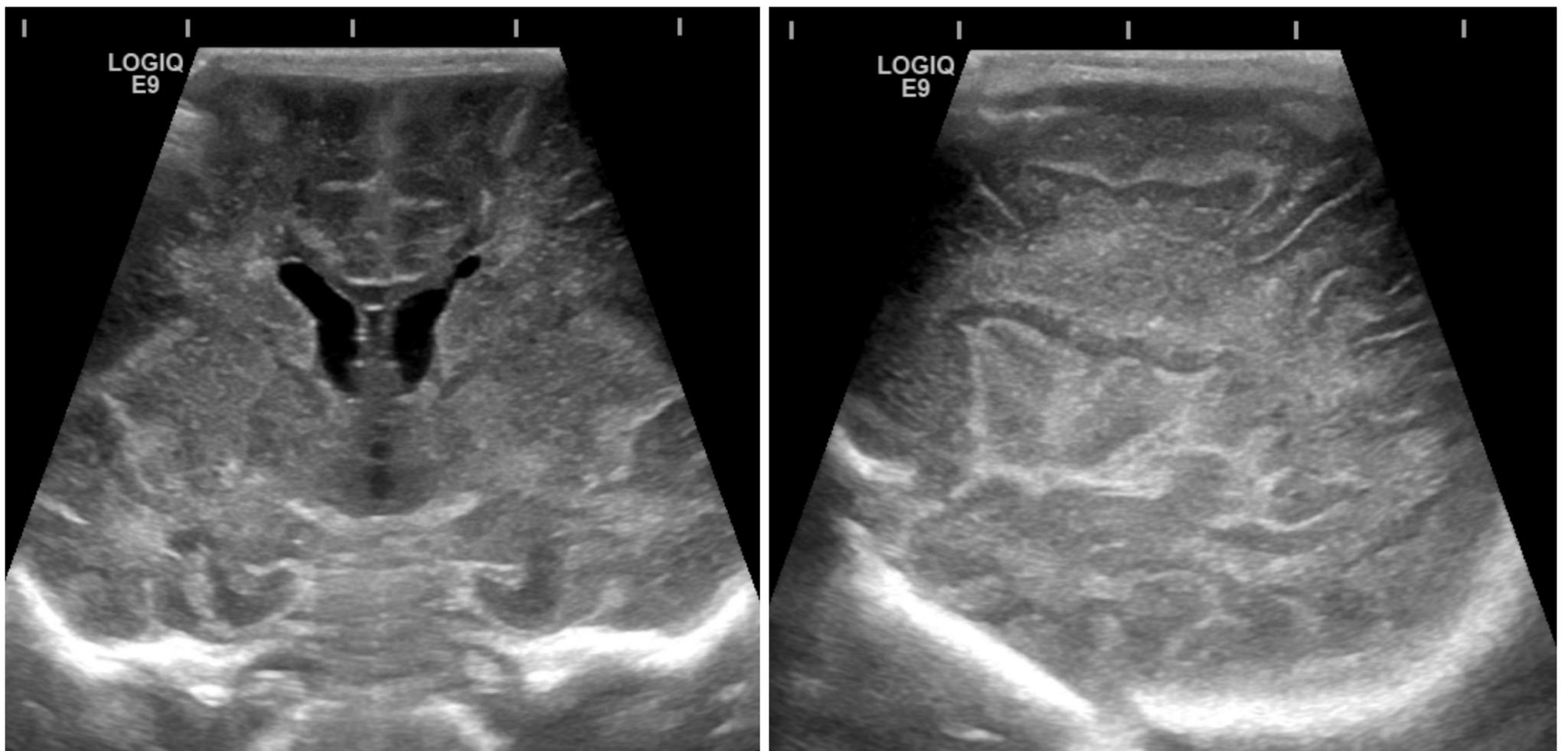


Figura 21. Signos ecográficos de encefalopatía hipóxico-isquémica avanzada. Pérdida de la diferenciación corticosubcortical en ambos ganglios basales y marcada hiperecogenicidad difusa de la sustancia blanca periventricular.

Encefalopatía hipóxico-isquémica

Además de los hallazgos que pueden estar presente en la evaluación morfológica, la aplicación del **estudio Doppler color y espectral** puede ayudar a distinguir entre normalidad y casos severos de EHI.

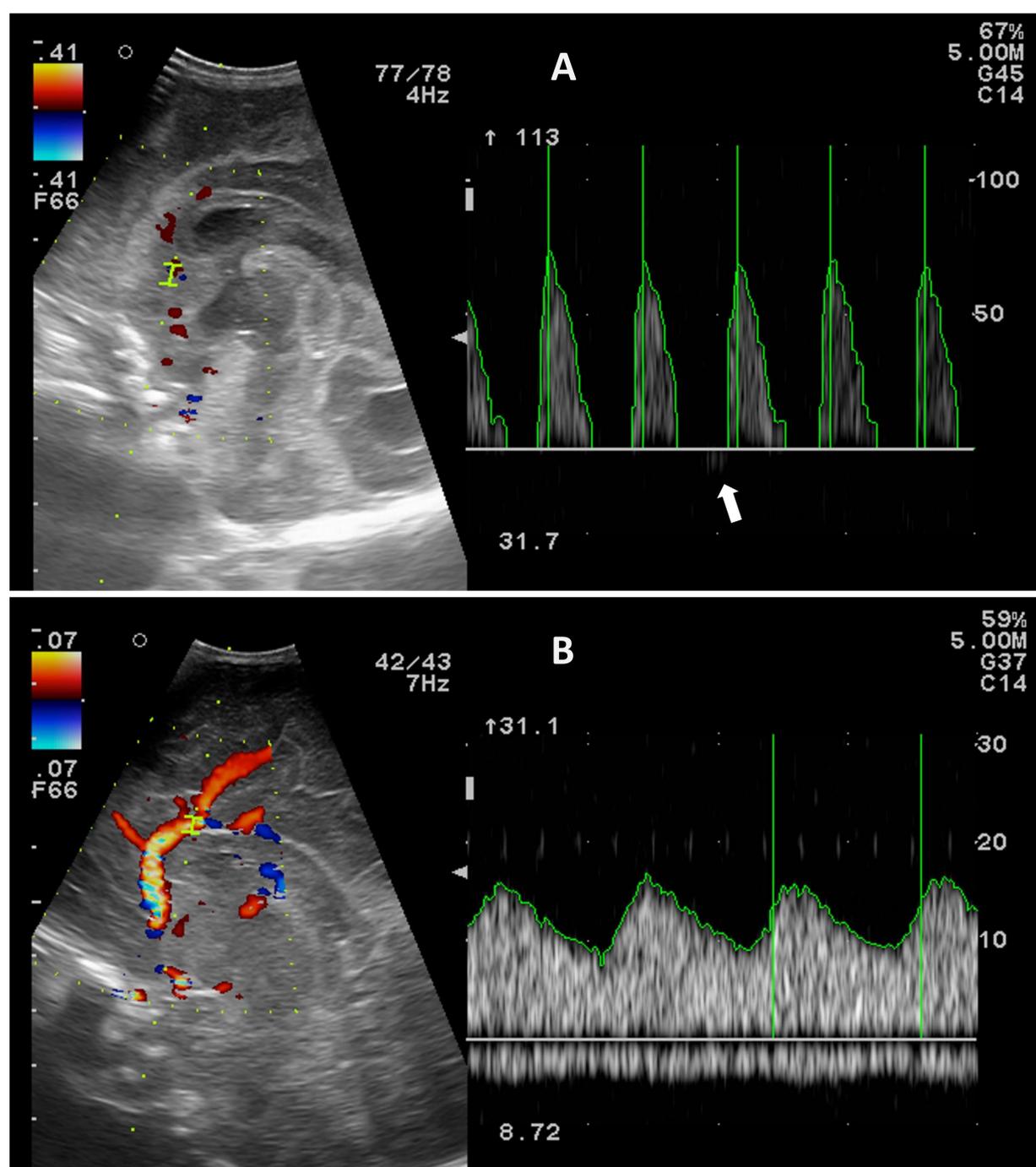


Figura 22. Registros de IR en diferentes pacientes con sospecha de EHI. En *imagen A* se reconoce ausencia de flujo diastólico con inversión ocasional de la onda diastólica (flecha blanca) en paciente con ductus arterioso persistente. En *imagen B* se evidencian bajos índices de resistencia de forma continua, lo que traduce hipoperfusión severa.

Espacio extraaxial

El **agrandamiento benigno del espacio subaracnoideo en la infancia** (BESSI - *Benign Enlargement of Subarachnoid Space in Infancy*) es una entidad autolimitada que consiste en macrocefalia y agrandamiento del espacio subaracnoideo con ventrículos normales o mínimamente dilatados.

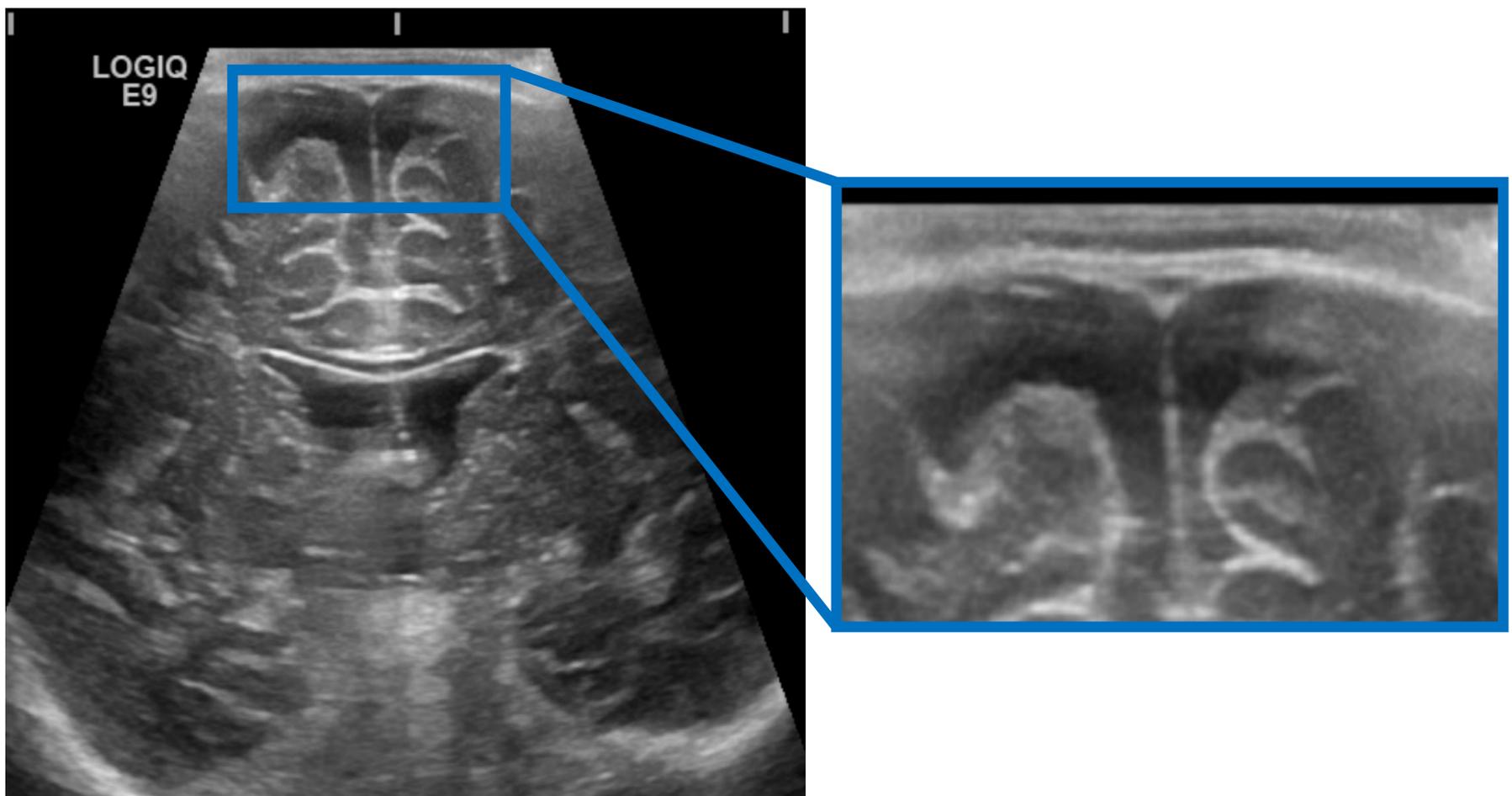


Figura 23. Aumento benigno del espacio subaracnoideo en la infancia en lactante con macrocefalia, sin otra clínica neurológica concomitante. Los espacios subaracnoideos no aparecen ocupados por material de ecogenicidad diferente a la del LCR.

Espacio extraaxial

Ecográficamente, el **hematoma subdural** se caracteriza por un aumento del espacio extraaxial que se encuentra ocupado por material de ecogenicidad heterogénea y no se visualizan los vasos que atraviesan el espacio subdural.

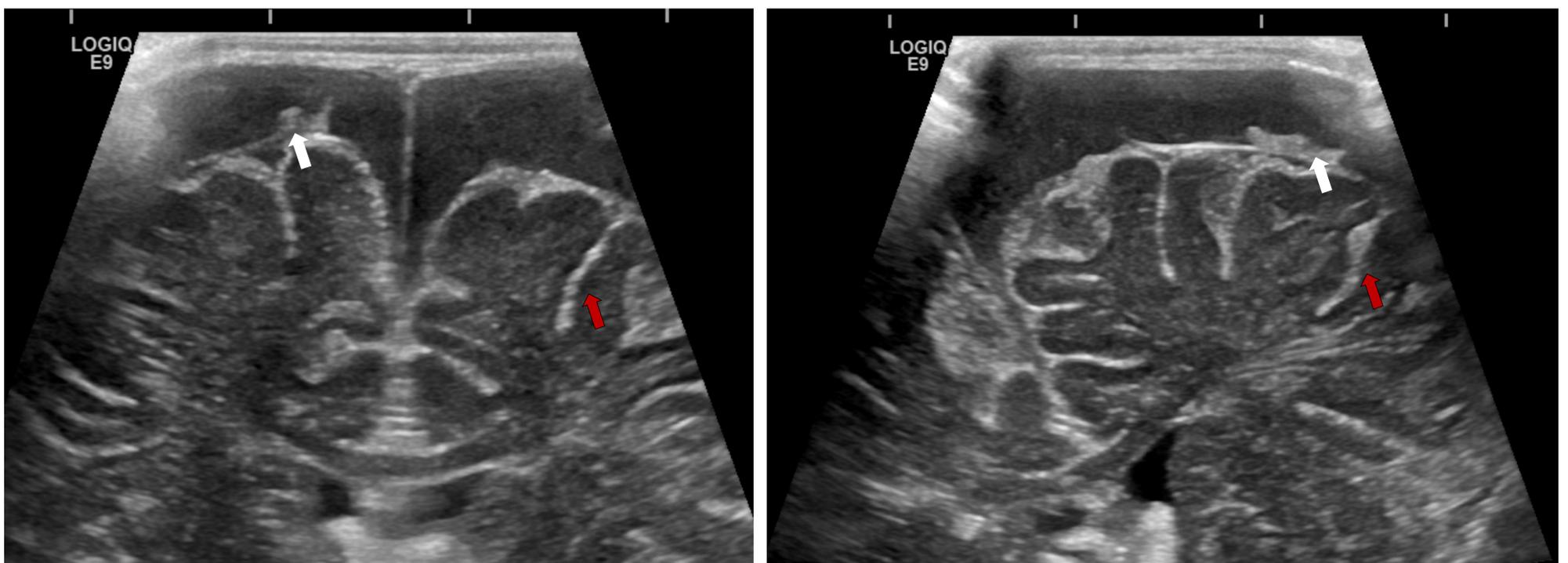


Figura 24. Hematoma subdural crónico. Aumento significativo del espacio extraaxial, identificándose material ecogénico de morfología anfractuosa compatible con coágulo (flecha blanca). Engrosamiento irregular de algunos surcos de la convexidad cerebral en relación con hemorragia subaracnoidea que por su distribución orienta a origen postraumático (flecha roja).

Conclusiones

- La ecografía transfontanelar supone la primera prueba de neuroimagen a aplicar en RNT y RNPT por su accesibilidad y reproducibilidad.
- La exploración ecográfica debe ser meticulosa y combinar sondas de alta y baja frecuencia para la valoración integral de la neuroanatomía intracraneal.
- La hemorragia de matriz germinal y la leucomalacia periventricular son dos entidades característicamente asociadas a RNPT que pueden valorarse mediante ETF. Ambas pueden dar lugar a hidrocefalia, que igualmente puede evaluarse mediante ecografía.
- Debe integrarse la exploración Doppler color y espectral en la exploración ecográfica habitual para la valoración de senos venosos y grandes arterias intracraneales, estas últimas teniendo especial importancia en caso de sospecha de EHI.

Bibliografía

- Hand IL, Shellhaas RA, Milla SS, Cummings JJ, Adams-Chapman IS, Aucott SW, et al. Routine neuroimaging of the preterm brain. Pediatrics [Internet]. 2020;146(5). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33106343/>
- Llorens-Salvador R, Moreno-Flores A. El ABC de la ecografía transfontanelar y más. Radiologia [Internet]. 2016;58:129–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2016.02.007/>
- Richer EJ, Riedesel EL, Linam LE. Review of neonatal and infant cranial US. Radiographics [Internet]. 2021;41(7):E206–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34723697/>
- Dorner RA, Burton VJ, Allen MC, Robinson S, Soares BP. Preterm neuroimaging and neurodevelopmental outcome: a focus on intraventricular hemorrhage, post-hemorrhagic hydrocephalus, and associated brain injury. J Perinatol [Internet]. 2018;38(11):1431–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41372-018-0209-5>
- Khwaja O, Volpe JJ. Pathogenesis of cerebral white matter injury of prematurity. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed [Internet]. 2007;93(2):F153–61. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18296574/>
- Lam WWM, Ai VHG, Wong V, Leong LLY. Ultrasonographic measurement of subarachnoid space in normal infants and children. Pediatr Neurol [Internet]. 2001;25(5):380–4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11744312/>