

# RM fetal cerebral: indicaciones, secuencias e informe estandarizado.

## *Nuestra experiencia.*

**Antonio Navarro Baño**, Juan Francisco Martínez Martínez, Cristina Serrano García, Carmen María Fernández Hernández, Ernesto Domenech Abellán, Amparo Gilabert Úbeda.

Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España.

### **Objetivos Docentes:**

Conocer las indicaciones de la RM fetal cerebral.

Describir las secuencias que utilizamos en nuestro centro para el estudio cerebral del feto.

Realizar un informe radiológico estandarizado.

**Revisión del tema:** La RM fetal es una prueba complementaria a la ecografía obstétrica ante las dudas diagnósticas de ginecología. Permite la visualización de la anatomía cerebral, así como el despistaje de anomalías morfológicas y de señal. Es necesario realizar un informe radiológico estandarizado que además de las características anatómicas y de señal de las estructuras supra e infratentoriales, se incluya un estudio biométrico craneal. Al final se incluyen imágenes de la biometría y algunos casos clínicos representativos.

# INDICACIONES

Técnica de imagen de elección en patología fetal:

## Ecografía obstétrica.

A pesar de ello, a veces hay alteraciones que ecográficamente pueden pasar desapercibidas o evaluarse de forma subóptima, ya sea por artefactos o limitaciones propias de los ultrasonidos (artefactos de sombra posterior, afectados de reverberación, entre otros), condiciones maternas o fetales variadas (obesidad materna, feto malposicionado, oligoamnios, etc...) o simplemente por hallazgos muy sutiles, difícilmente caracterizables de manera eficaz solamente mediante ecografía.

Las indicaciones más sólidas son las siguientes:

- Feto: Anomalías de la fosa posterior, fosa craneal media o línea media, espacio ventricular (ventriculomegalia, quistes ventriculares, infecciones congénitas, alteraciones del desarrollo cortical, mielomeningocele, etc).
- Obesidad materna, embarazo múltiple, oligoamnios, historia familiar de trastornos genéticos, coagulopatías, estudio de extensión para anomalías que suelen ir asociadas, etc.

Debemos conocer las ventajas y limitaciones:

## **Ventajas:**

- Con antenas receptoras tipo multicanal vamos a obtener una gran resolución espacial.
- Caracterización tisular aceptable.
- Mayor campo de visión que la ecografía, pudiendo además de ver la anatomía fetal estudiar también la anatomía placentaria y las estructuras tisulares circundantes de la madre.

## **Inconvenientes a tener en cuenta:**

- Movimiento fetal inevitable (en algunos casos se suministra previa entrada de la madre en el equipo de Resonancia una pequeña dosis de lorazepam sublingual). Algunos autores recomiendan sedación. En casos de corta edad gestacional (principalmente en los estudios realizados por debajo de las 20-23 semanas de gestación), vamos a tener una resolución espacial subóptima.
- En mujeres con la gestación ya en estado avanzado, puede haber incomodidades físicas reales.
  - Claustrofobia materna.
  - Que la madre presente algún elemento implantado que no sea compatible con la resonancia magnética.

# TÉCNICA

RM de alto campo (1.5 T). No está aceptado la exposición materno-fetal a campos magnéticos superiores.

Se usan antenas body de tipo multicanal.

La entrada puede ser caudo-craneal o cráneo-caudal.

Se puede colocar la paciente en decúbito supino o lateral (se prefiere en gestaciones avanzadas el decúbito lateral izquierdo, para evitar una compresión de la vena cava inferior).

En gestaciones fuera del primer trimestre, siendo preferible realizar el estudio a partir de las 20 semanas.

Normalmente no es necesario el ayuno. A veces se recomienda un ayuno de unas 4 horas para disminuir el peristaltismo intestinal, aunque es cierto que en algunos casos el ayuno materno puede provocar una mayor irritabilidad fetal. Para contrarrestar el movimiento fetal se usan secuencias ultrarrápidas.

No se hacen estos estudios con contraste, ante la falta de evidencia de seguridad de los contrastes de gadolinio, el paso de quelatos de gadolinio, con un recorrido placenta → vejiga fetal → líquido amniótico → Feto. Riesgo de fibrosis sistémica nefrogénica.

## PROTOCOLO

Secuencias ultrarrápidas.

Es necesario realizar 3 planos ortogonales a la madre, y sobre estos planos entonces se planifican los cortes axiales, coronales y sagitales del feto, usando siempre como referencia la última secuencia usada para planificar la siguiente, debido a los movimientos fetales predecibles.

Localizadores bFFE axial, coronal y sagital. T1 2D (WAST), T2 FFE axial y sagital. A veces secuencias FLAIR.

Otro posible protocolo: Secuencias ultrarrápidas con potenciación T2 (SSFSE T2), T1 (EG-3D), EG y DWI. Parámetros normalmente usados: Matriz 300, FOV de unos 40cm, y una relación Espesor/Distancia de 3 a 4. Los valores de b cuando se emplean secuencias de difusión incluyen b=0 y b=1000 (las secuencias de difusión permiten detectar lesiones de naturaleza isquémica aguda, así como diferenciar entre quiste aracnoideo y quiste epidermoide).

Las secuencias b-FFE producen una secuencia de pulsos de ecos de gradiente sin pulsos de reenfoque de 180°, y el valor b-FFE nos proporcionará una señal muy intensa para tejidos con una alta relación T2/T1 (independientemente de los valores absolutos de T1 y T2 e independientemente del tiempo de repetición /TE).

Si empleamos por ejemplo un 3D T1-FFE obtendremos gran cantidad de cortes muy delgados, con alta intensidad de señal en tiempos cortos, y podremos también realizar reconstrucciones multiplanares.

No obstante, las secuencias FFE presentan artefactos, aunque esto no tiene por qué ser malo:

Como estas secuencias son sensibles a artefactos de susceptibilidad, podremos examinar la presencia de material hemático (depósitos de hemosiderina) si el material hemático es antiguo.

Para evitar artefactos de desfase agua-grasa es recomendable usar un valor de TE igual o al menos próximo a un valor en fase.

Las secuencias potenciadas en T1 son las que tienen un tiempo de adquisición más largo, por lo que son las más expuestas a que no salgan bien. Son útiles para detectar sangrados, depósitos cálcicos y material graso.

## INFORME RADIOLÓGICO

- **Información clínica.** Se debe incluir la justificación de realización de RM fetal, si no es así, se debe hablar con el clínico solicitante.
- **Protocolo de adquisición de imágenes:** Nombrar las secuencias empleadas. Si no se ha podido completar el estudio, especificar por qué. Si alguna secuencia presenta imágenes con artefactos de movimiento u otro tipo, también se debe describir antes de transcribir los hallazgos en imagen.
- **Evaluar la presencia de calcificaciones o sangrados/microsangrados** (serán útiles para ello las secuencias eco/gradiente).
- **Evaluar el tamaño ventricular** (se suelen medir los atrios en plano coronal o axial, aunque en casos en los que el tamaño ventricular es patológico resulta preferible tomar varias medidas).
- **Presencia** de septum pellucidum/cavum vergae, o **quistes**.
- **Valoración del área periventricular** (heterotopias subependimarias, hemorragias de matriz germinal, nódulos subependimarios, etc).
- **Línea interhemisférica** (quistes aracnoideos, quistes pineales, etc).
- **Valorar presencia/ausencia de cuerpo calloso y desarrollo de las estructuras de la fosa posterior.** En caso de anomalías de fosa posterior, se debe evaluar con mucho detalle la columna vertebral, buscando anomalías asociadas.
- **Valoración de la mielinización** (si es acorde o no a la edad gestacional).
- **Valoración de la giración/sulcación** (si es acorde o no a la edad gestacional).
- **Análisis de la migración neuronal.**
- **Intensidad de señal del parénquima cerebral, cerebeloso y tronco encefálico.**
- **Estudio biométrico:**
  - **Diámetro biparietal óseo (DBPO).** Distancia entre ambas tablas internas, medido en coronal.
  - **Diámetro biparietal cerebral (DBPC).** El mayor diámetro transversal cerebral, en plano coronal, al mismo nivel que el diámetro óseo.
  - **Espacio pericerebral:** Es DBPO-DBPC. Va disminuyendo conforme avanza la edad gestacional.
  - **Índice cráneo-cerebral.** Es DBPO-DBPC / DBPO.
  - **Índice cefálico.** Es la relación entre el eje corto y el eje largo cerebral obtenidos en el plano en el que se mide el diámetro biparietal.
  - **Diámetro fronto-occipital.** Medido en sagital.
  - **Diámetros atriales** (normalmente es el atrio ventricular la porción más grande del sistema ventricular).
  - **Longitud del cuerpo calloso desde rodilla a esplenio.**
  - **Tamaño de la fosa posterior, con las siguientes medidas:**
    - ✓ Diámetro AP máximo en vermis.
    - ✓ Diámetro CC máximo en vermis.
    - ✓ Diámetro transversal cerebeloso máximo.
    - ✓ Área del vermis (en plano sagital).
  - **Diámetro orbitario externo.**
  - **Diámetro orbitario interno.**
- **Valorar el cordón** (a veces presenta múltiples bucles en el cuello fetal).
- En gestaciones muy avanzadas es conveniente valorar también la **placenta**.
- Además de centrarnos en el encéfalo fetal, debemos estudiar el resto del **cuerpo fetal visible en el estudio de RM.**
- Valorar los **hallazgos maternos** (es común la presencia de hidronefrosis).

## Estudio biométrico:

### Indice cefálico:

Dolicocefalia (IC<74)

Braquicefalia (IC>84)

**Tamaño ventricular:** Valorar la asimetría/simetría ventricular. El tamaño del sistema ventricular varía a lo largo del embarazo, y la porción que menos variación de tamaño presenta es el atrio, que mide de forma normal entre 6-9mm desde la semana 15 hasta el final del embarazo, y por ese motivo la biometría del sistema ventricular debe incluir los atrios.

### Grados:

Ventriculomegalia leve: 10-12mm.

Ventriculomegalia moderada: 13-15mm.

Ventriculomegalia severa: Más de 15mm.

Hay que destacar que hidrocefalia y ventriculomegalia no son sinónimos: Se habla de hidrocefalia cuando la dilatación es secundaria a una obstrucción (y con un aumento de la presión ventricular) ; si no es así, se debería hablar de ventriculomegalia. Sin embargo, ante la imposibilidad de medir la presión ventricular prenatal, hay autores que usan ambos términos de forma indistinta. Cuando hay dilataciones >15mm y hay adelgazamientos corticales, macrocrania y otras anomalías. En resumidas cuentas, el diagnóstico de hidrocefalia debería ser (si no hay causa obstructiva prenatal clara) postnatal.

**Patrón de migración neuronal:** Comienza entre las semanas 12 y 16, y finaliza después de 24 semanas. Es importante principalmente en las RM realizadas en estadios temprano de la gestación. Consta de 6 capas, y comienza en la región germinal periventricular y se dirige hacia la superficie pial.

Según la edad de gestación, hallaremos un patrón trilaminar (inmaduro) o bilaminar (maduro): A las 16-19 semanas el patrón trilaminar traduce la matriz germinal interna que rodea los ventrículos laterales (hipointensa en secuencias potenciadas en T2), la zona neuronal intermedia (isointensa) y la capa cortical externa inmadura (hipointensa).

A las 32-33 semanas el patrón ya es claramente bilaminar, con sustancia blanca (interna) y cortical (externa) en los fetos normales.

### **Sulcación/giración:**

La giración precede a la sulcación, y se considera marcador de desarrollo giral el giro temporal superior, por lo que debemos prestar atención a su presencia o ausencia.

A las 20 semanas: Deben visualizarse los surcos laterales silvianos y la cisura interhemisférica.

A las 25 semanas: Cisuras parieto-occipital, hipocampal, calcarina y surco cingular.

A las 29 semanas: Surco central de Rolando y surcos precentral y postcentral, surco frontal inferior y surco temporal inferior.

A las 35 semanas: Surco frontal superior y temporal superior.

**A las 35 semanas ya estará el patrón definitivo, y deben estar presentes todos los surcos temporales.**

## Mielinización:

De dorsal a ventral.

De central a periferia.

De caudal a craneal.

Alrededor de la semana 20 comienza la mielinización en la región dorsal del tronco del encéfalo. En la semana 27 ya veremos mielinización del vermis superior, los pedúnculos cerebelosos medios, así como de los ganglios de la base. En la semana 33-34 veremos con signos de mielinización el brazo posterior de la cápsula interna y en globo pálido; en la semana 36 veremos mielinizada la región anterior pontina, y finalmente ya para la semana 38-39 tendremos las coronas radiadas en proceso de mielinización.

Hay que recordar que la mielinización supratentorial no suele comenzar hasta la semana 34-35.

Por los depósitos de fosfolípidos y otras sustancias durante la mielinización, las zonas que presenten maduración con formación de mielina aparecen con señal hiperintensa en las secuencias con potenciación T2.

## Fosa posterior:

El área del vermis normal depende de la edad gestacional:

28-29 semanas: 2,1 cm<sup>2</sup>.

30-31 semanas: 2,4 cm<sup>2</sup>.

32-33 semanas: 3,4 cm<sup>2</sup>.

## Casos

Para terminar veremos imágenes que ilustran la biometría fetal y algunos casos de tumores y otros hallazgos en RM fetal.

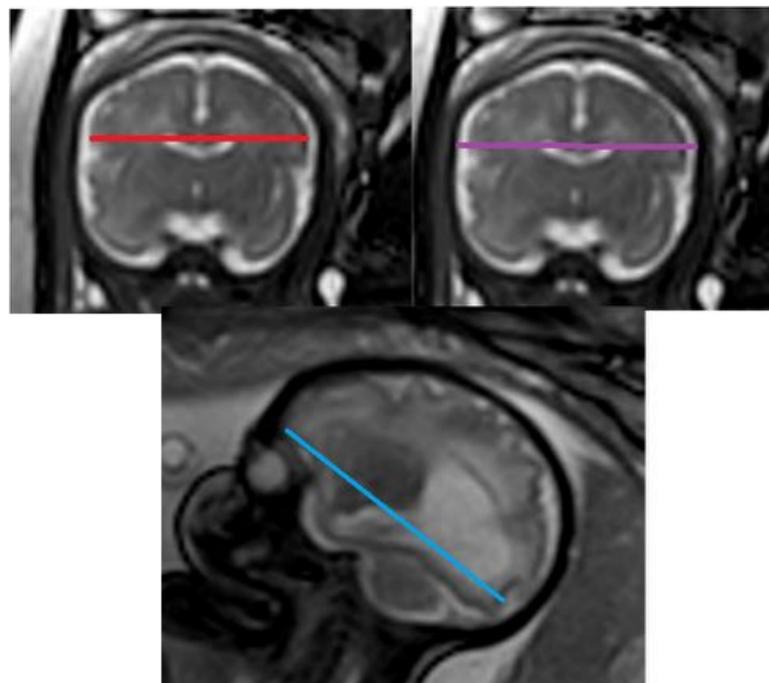


Fig.1. DBPC (rojo), DBPO (violeta), diámetro fronto-occipital (azul).

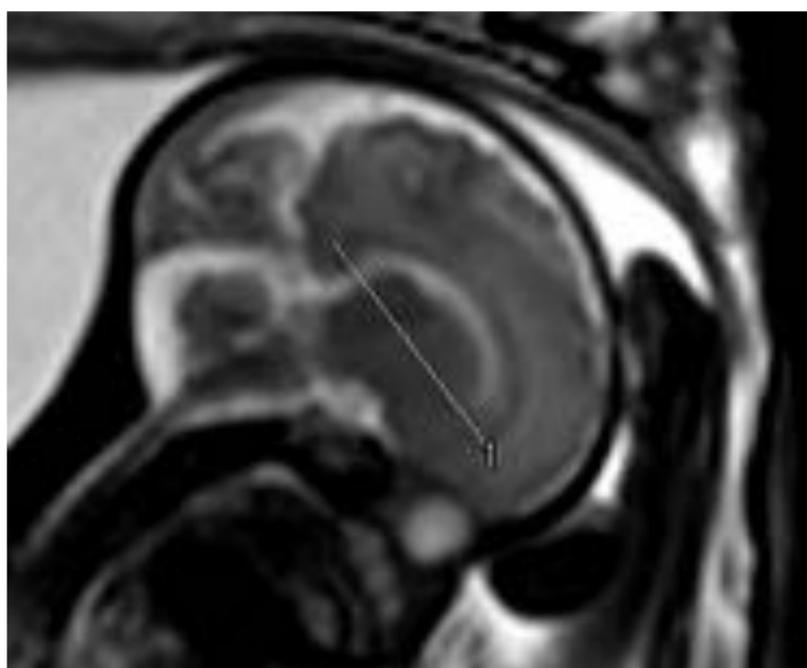


Fig. 2. Longitud del cuerpo caloso desde rodilla a esplenio.

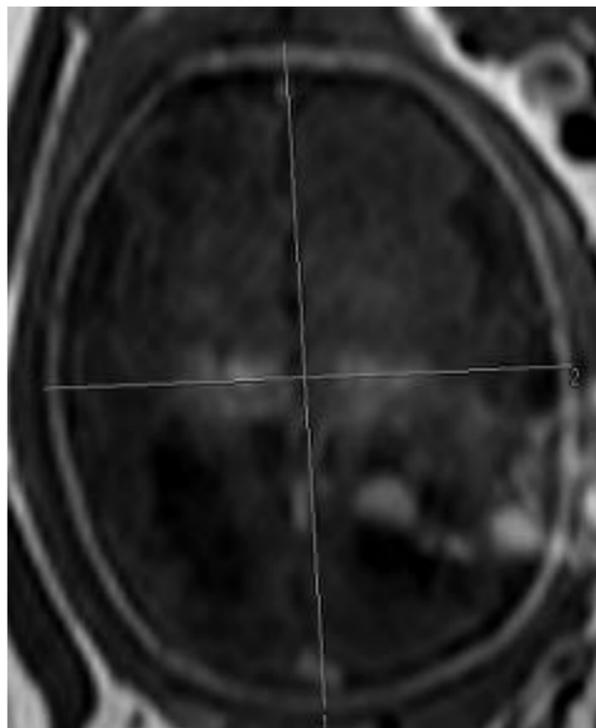


Fig. 3. Perímetro cefálico.

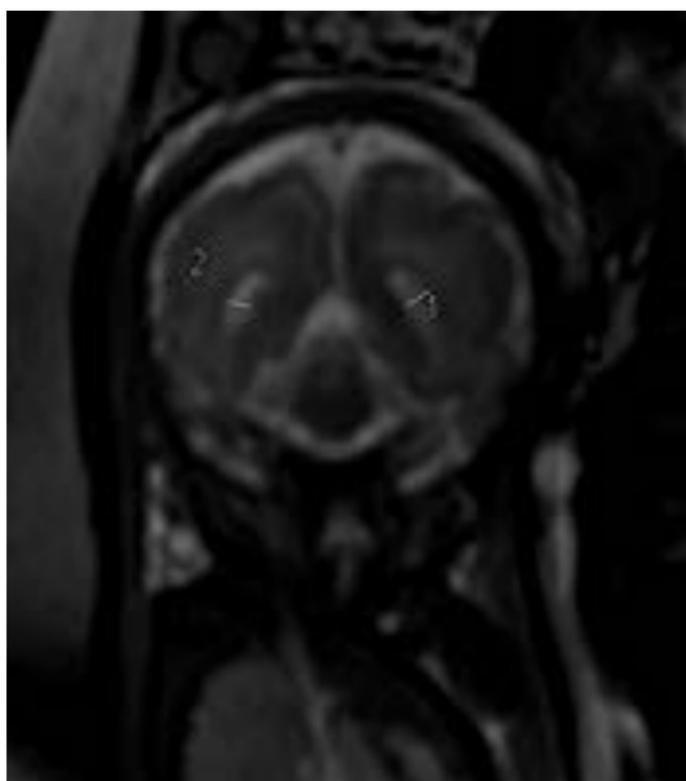


Figura 4. Atrios en plano coronal.

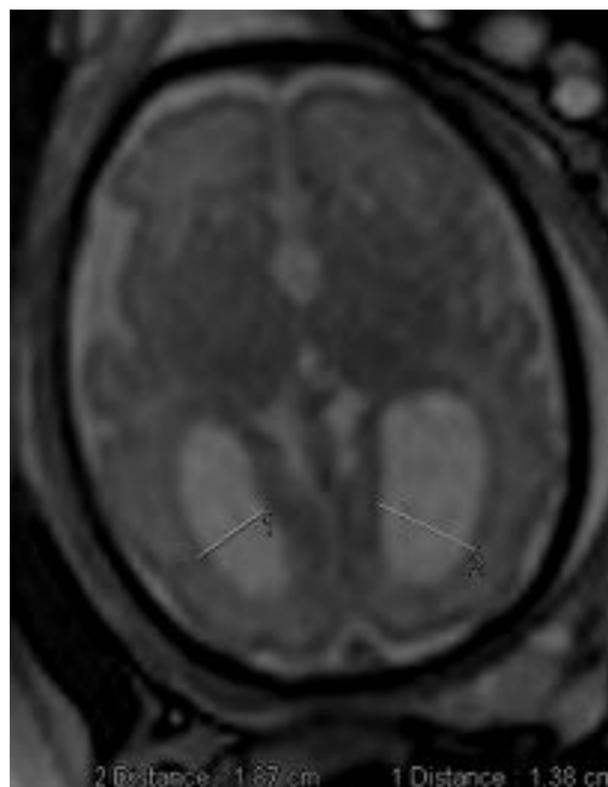


Figura 5. Ventriculomegalia.

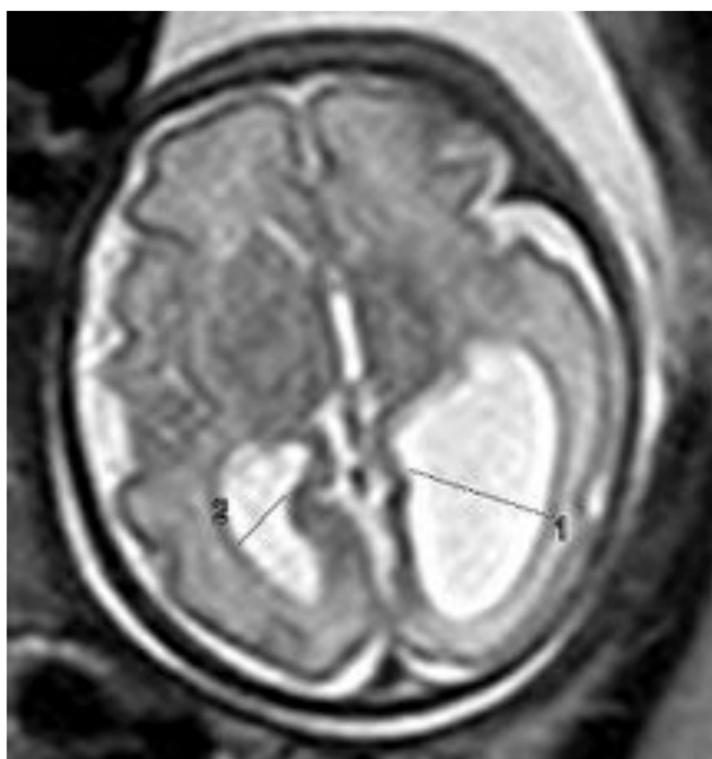


Fig. 6. Dilatación asimétrica izquierda con adelgazamiento E hiperintensidad córtico-subcortical asociada, compatible con marcada hidrocefalia unilateral.

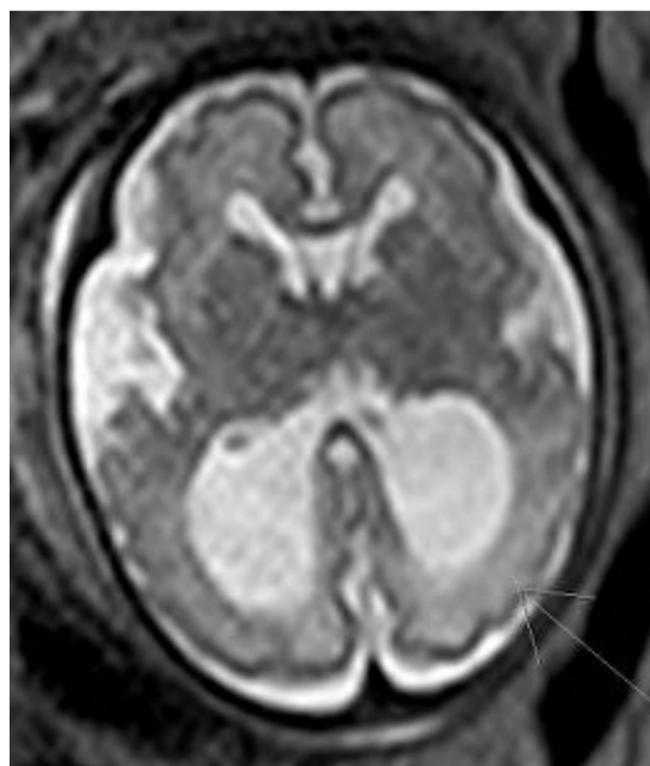


Fig. 7. Hidrocefalia bilateral con SB afectada.

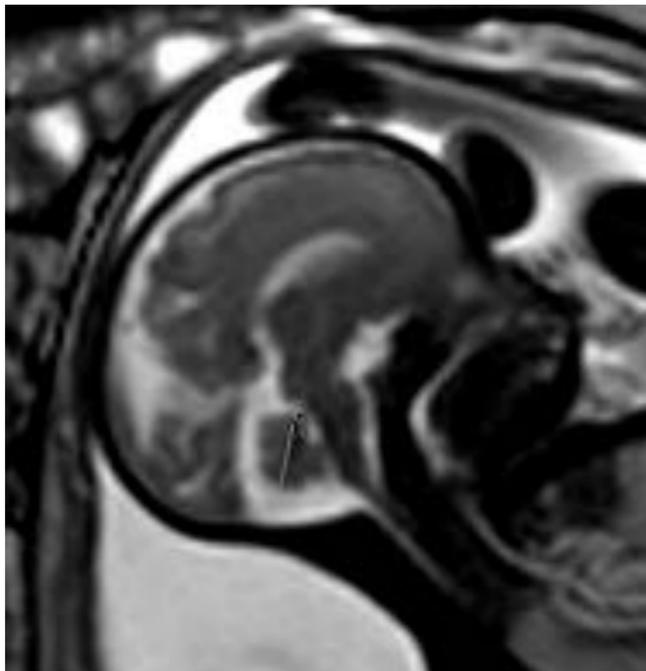


Fig. 8. Diámetro AP vermis.

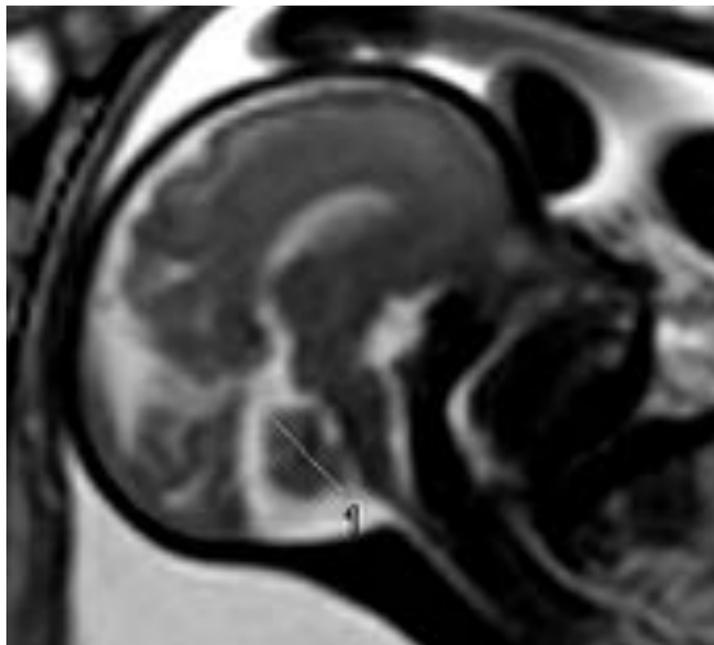


Fig. 9. Diámetro CC vermis.

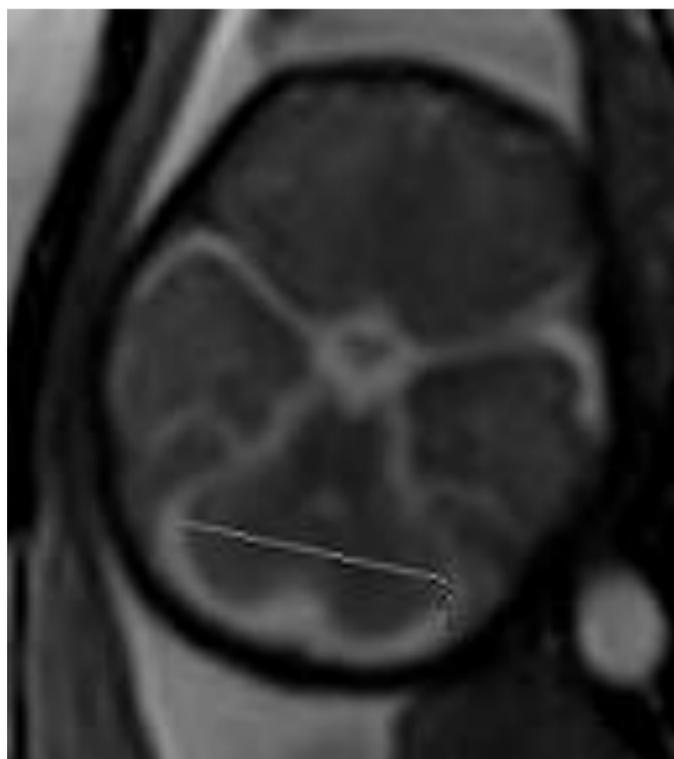


Fig. 10. Diámetro transverso cerebeloso máximo.

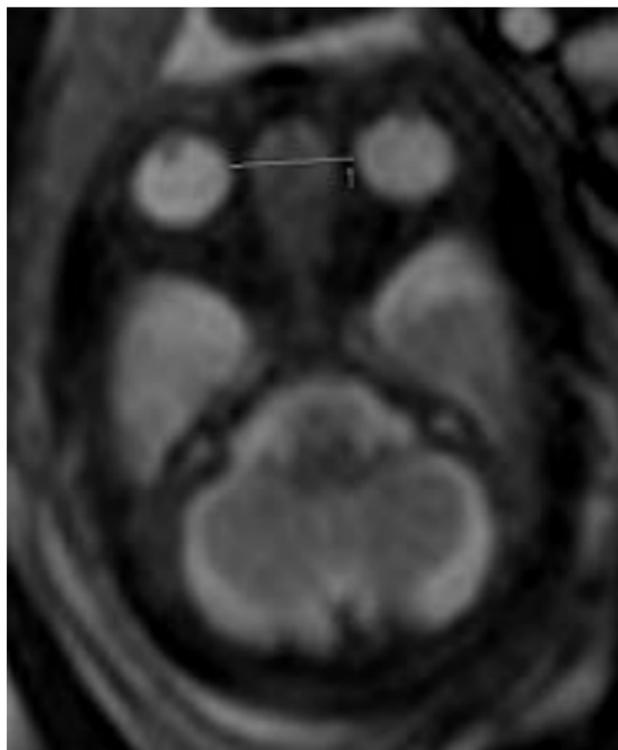


Fig. 11. Diámetro interórbita interno.

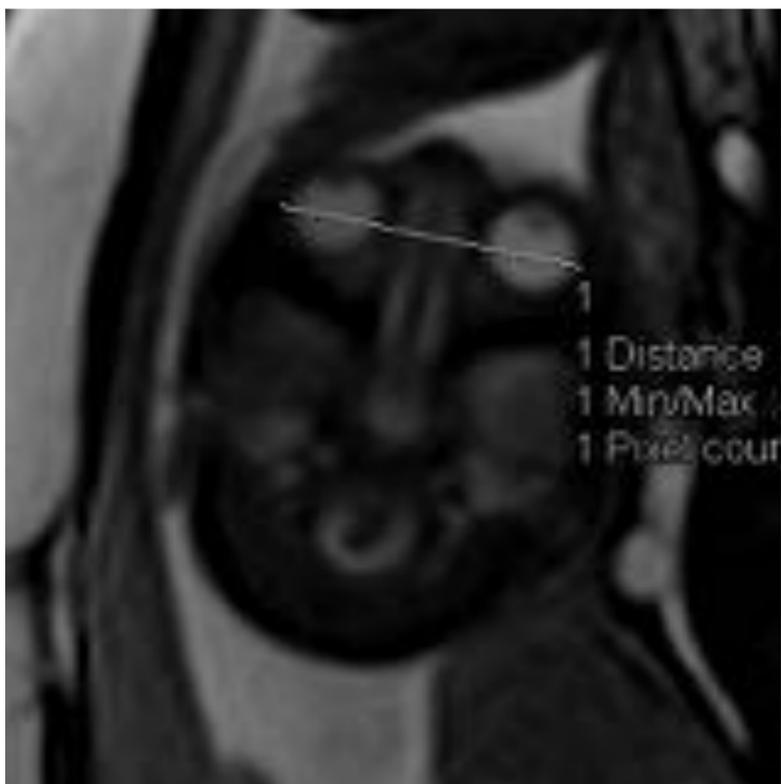


Fig. 12. Diámetro interorbitario externo.

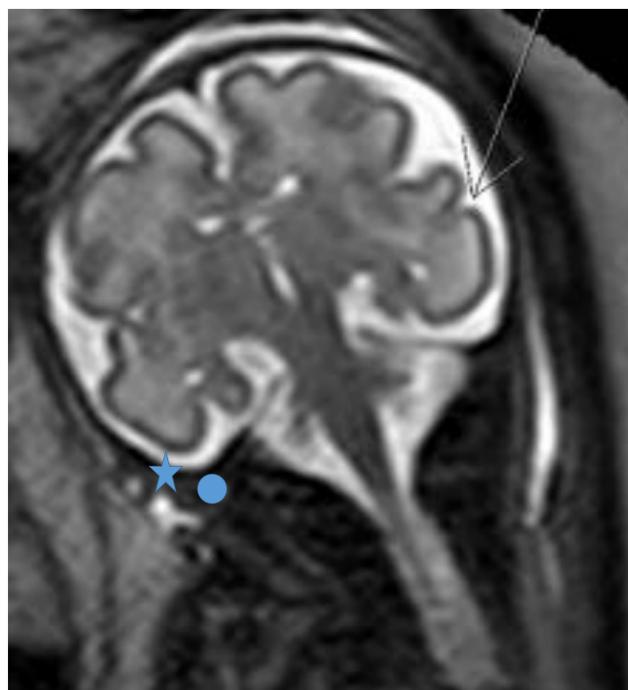


Figura 13. Feto de 30 semanas. Importante valorar la sulcación, en este caso con la mayoría de surcos temporales presentes, indicativo de maduración correcta para la edad. Además tenemos un patrón bilaminar (sustancia blanca interna hiperintensa, cortical externa hipointensa en secuencias T2), a pesar de que este patrón suele ser más evidente a las 33-34 semanas (sustancia blanca: estrella; cortical: círculo).

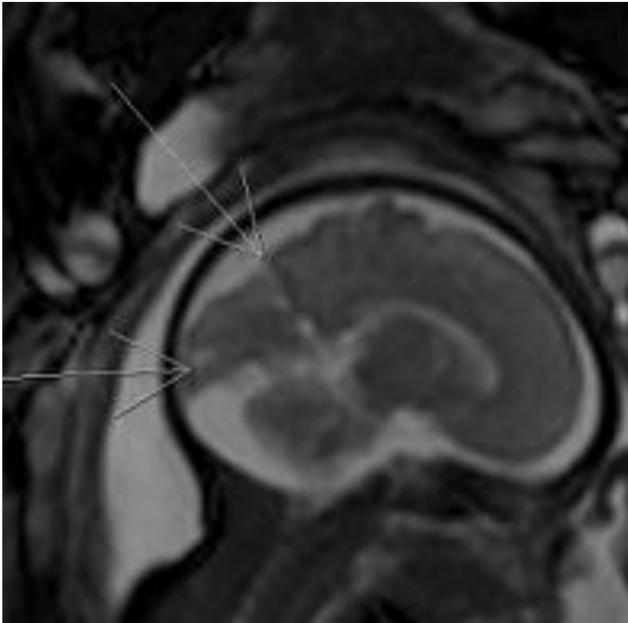


Fig. 14. Visualización de surco parieto-occipital y surco calcarino en feto de 29 semanas. Antes de la semana 20 el cerebro es típicamente liso, y no se debe confundir con patológico.

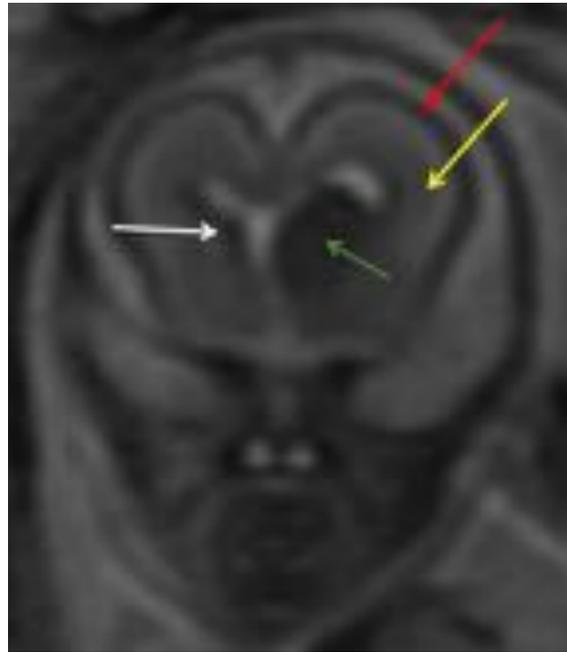


Fig. 15. Feto de 20 semanas. Patrón de migración neuronal tipo trilaminar, con cortical primitiva hipointensa en T2 (flecha roja), zona neuronal intermedia isointensa (flecha amarilla), matriz germinal interna (flecha blanca). Se visualiza además tumoración intraventricular izquierda adyacente al agujero de Monro, que resultó ser un teratoma.

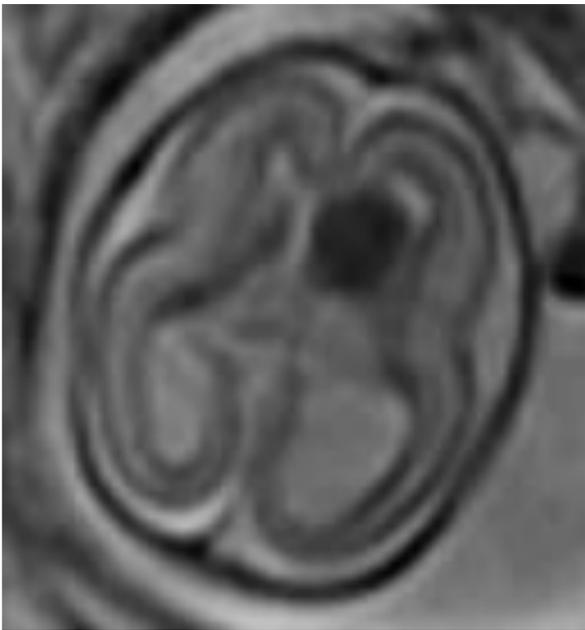


Fig. 16. Corte axial de caso de la figura 15. Dx: Teratoma intraventricular (en estos casos debemos incluir las posibilidades de PNET, astrocitoma subependimario).

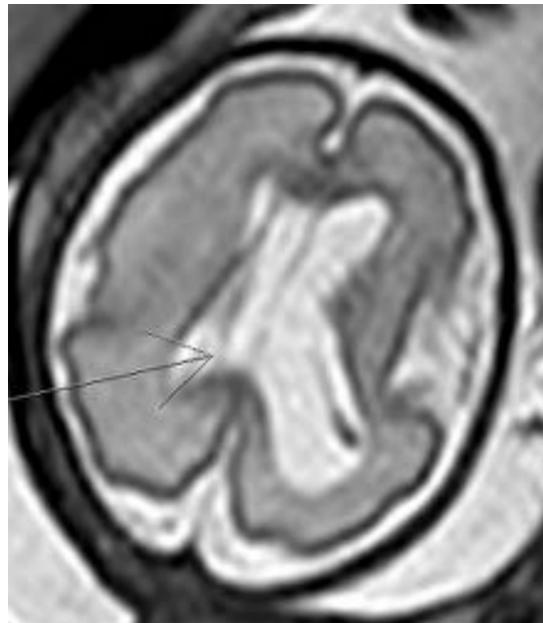


Fig. 17. Cavum vergae.

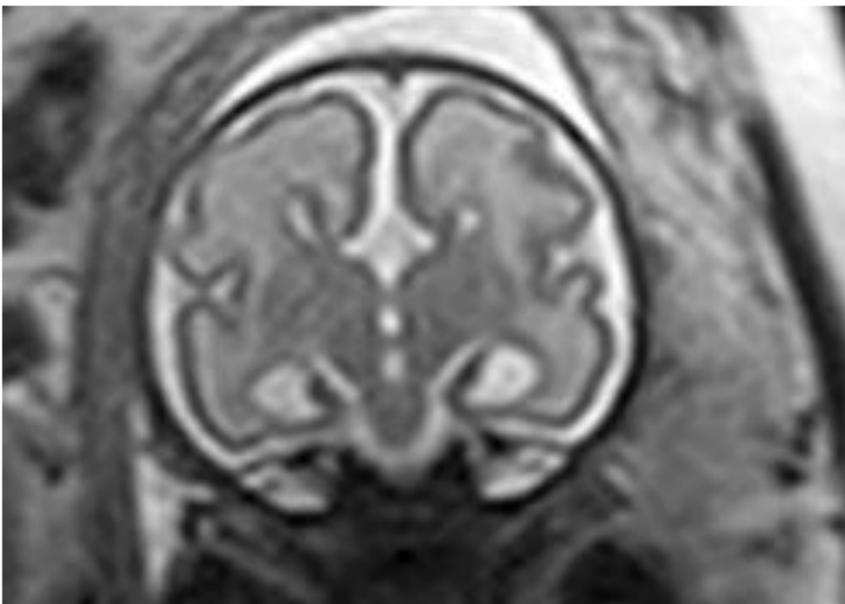


Figura 18. Agenesia completa del cuerpo calloso: ensanchamiento de cisura interhemisférica, astas laterales con orientación paralela, elevación del techo del III ventrículo, entre otros hallazgos. La región que suele estar ausente en agenesias parciales es el esplenio.

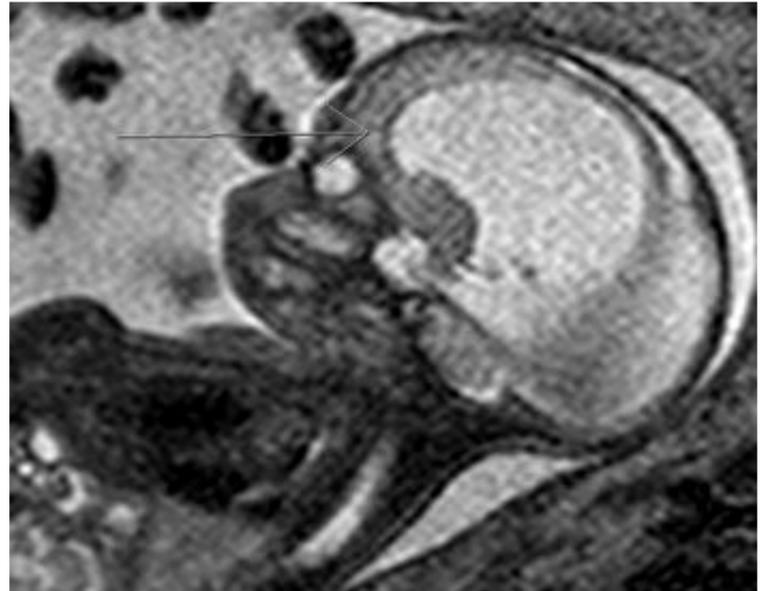


Fig. 19. Agenesia/hipoplasia parcial de cuerpo calloso (sólo es visible la rodilla; en estos casos, suelen estar ausentes el cuerpo y el esplenio).

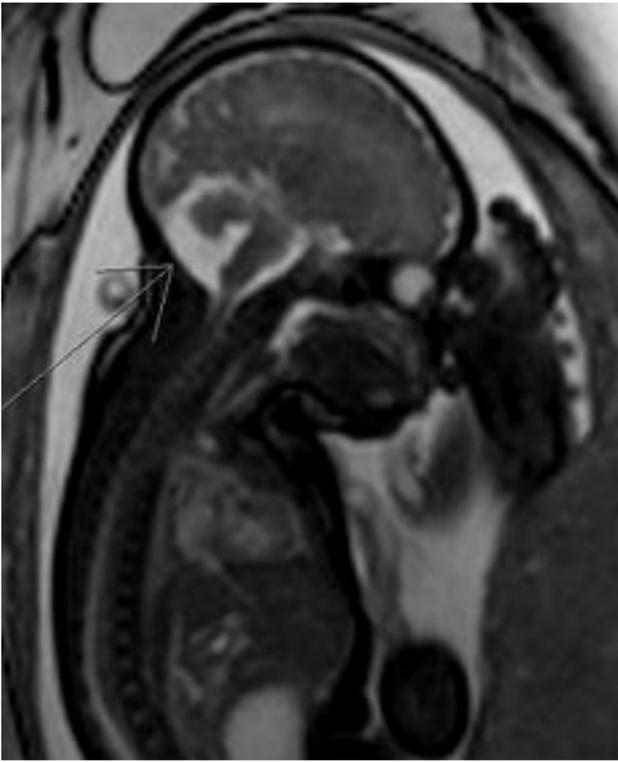


Fig. 20. Megacisterna magna. Es importante evaluar si existe asociación con hipoplasia o anomalías del vermis y los hemisferios cerebelosos. Ante estas lesiones siempre debemos pensar también en la posibilidad de quiste subaracnoideo y quiste de Blake.

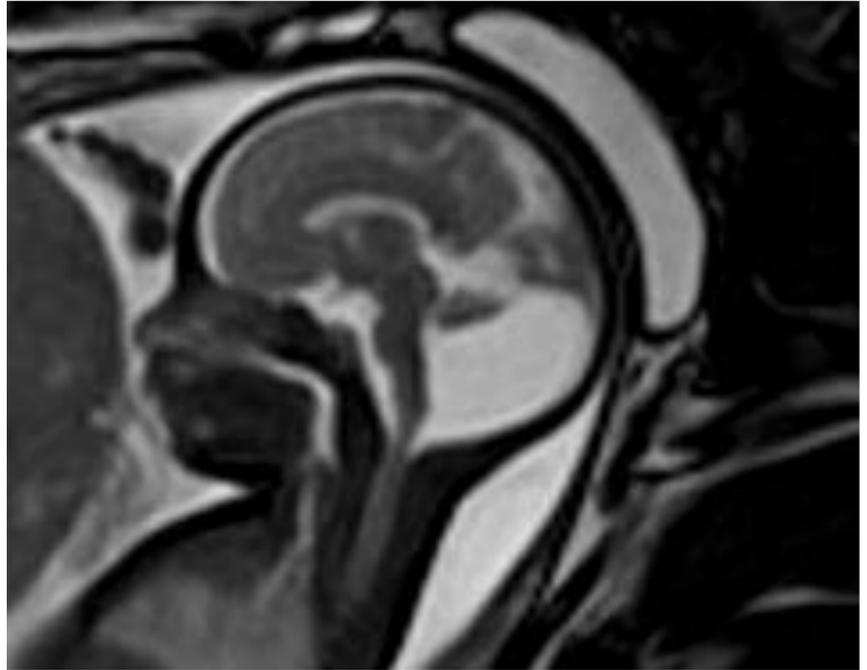


Fig. 21. Se aprecia implantación alta del tentorio con aumento de tamaño de la fosa posterior, dilatación quística del IV ventrículo e hipoplasia severa del vermis, compatible con malformación de Dandy-Walker clásica.

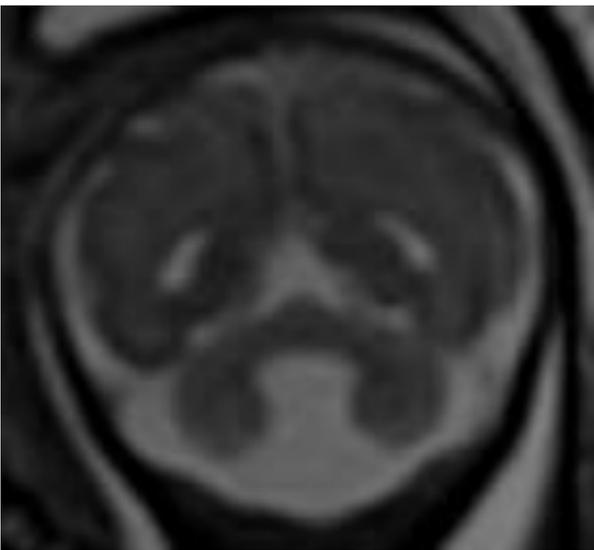


Fig. 21. Corte coronal caso anterior. Se aprecia implantación alta del tentorio con aumento de tamaño de la fosa posterior, dilatación quística del IV ventrículo e hipoplasia severa del vermis, compatible con malformación de Dandy-Walker clásica.

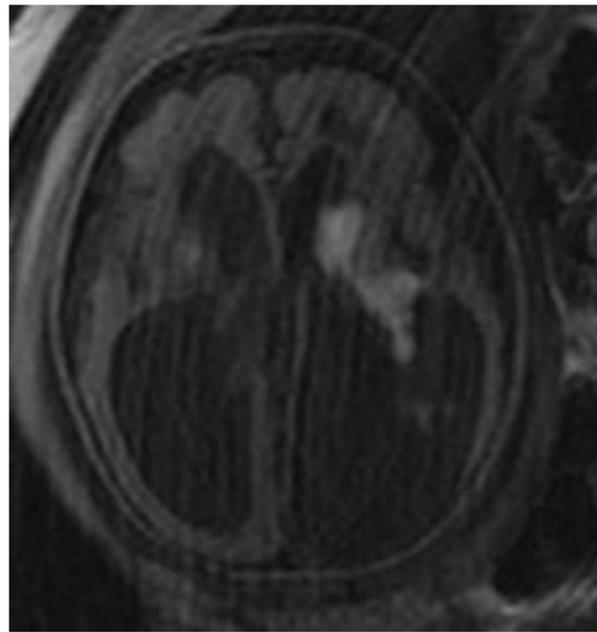


Fig. 22. Feto de 32 semanas. Secuencia axial FLAIR. Hemorragia grado III bilateral en estadio subagudo (hemorragia intraventricular con severa hidrocefalia) que asocia severo adelgazamiento del parénquima cerebral, más marcado izquierdo, así como múltiples áreas de porencefalia asociadas.

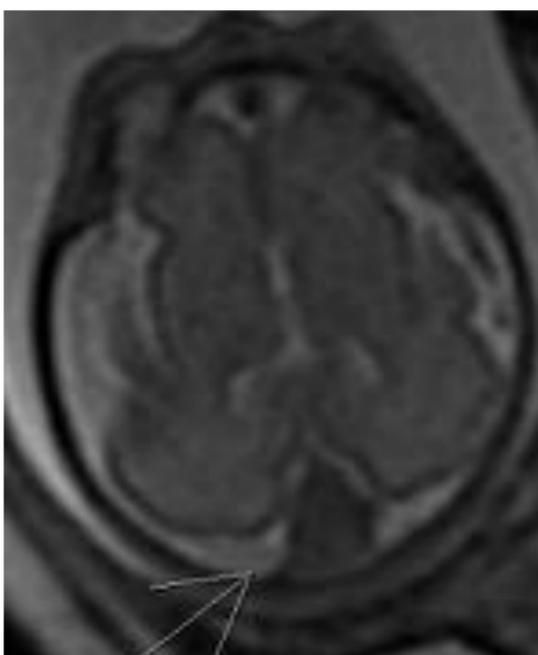


Fig. 23. Axial T2. Dilatación de seno venoso longitudinal superior en todo su trayecto, alcanzando un diámetro máximo de 19mm. No se observa una dilatación del resto del sistema venoso cerebral. La intensidad de señal en el interior del vaso es hipointensa en secuencias T2, isointensa en T1 con algunas zonas hiper-hipointensas, que nos podría indicar un flujo enlentecido o trombosado. No se puede estudiar el patrón de flujo al estar contraindicado el uso de contraste. La Angio-RM no fue valorable por artefactos de movimiento.

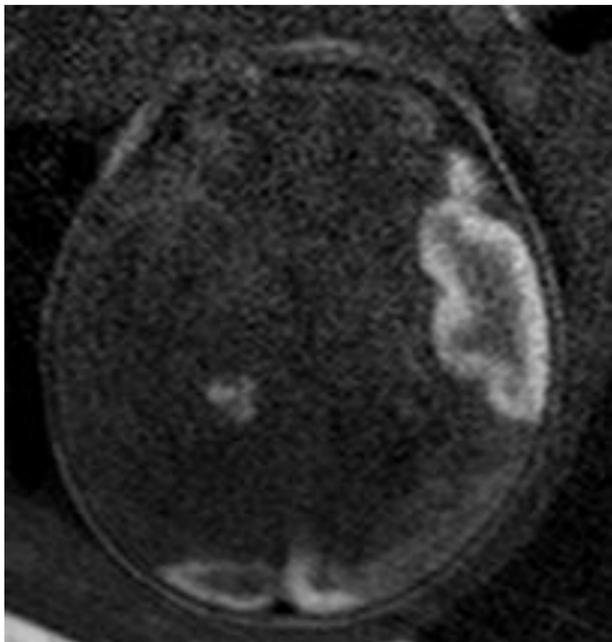


Fig. 24. Axial T1. Hematomas extraaxiales bilaterales agudos-subagudos, hemoventriculo y ventriculomegalia moderada-severa de predominio posterior.

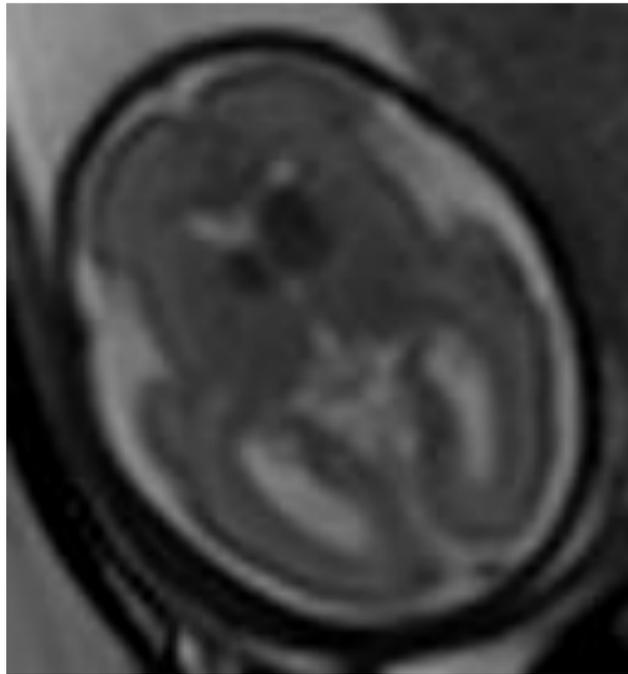


Fig. 25. Nódulos subependimarios bilaterales, en un caso de esclerosis tuberosa confirmada posteriormente, sin evidencia de hidrocefalia asociada.

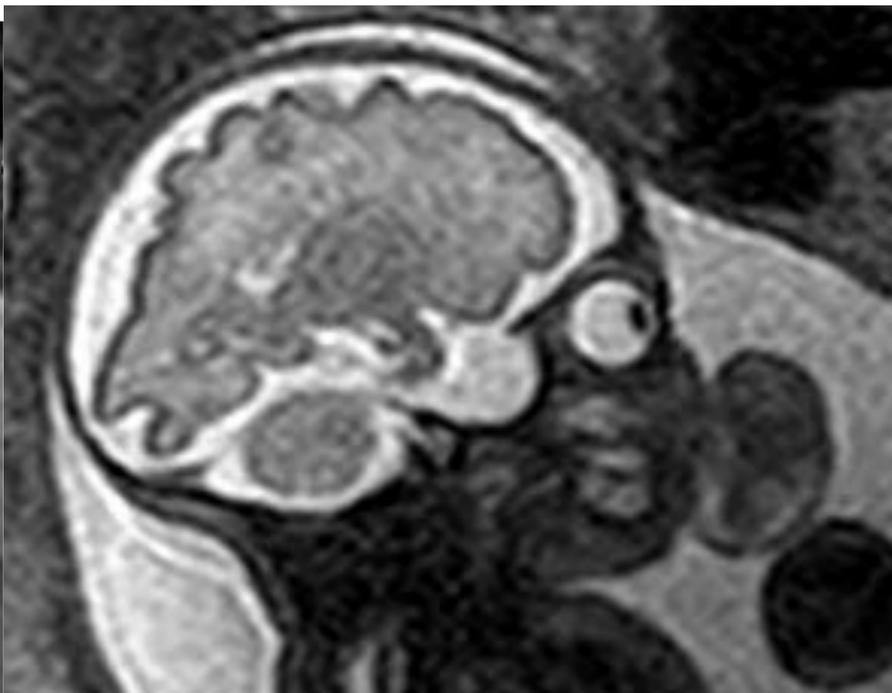
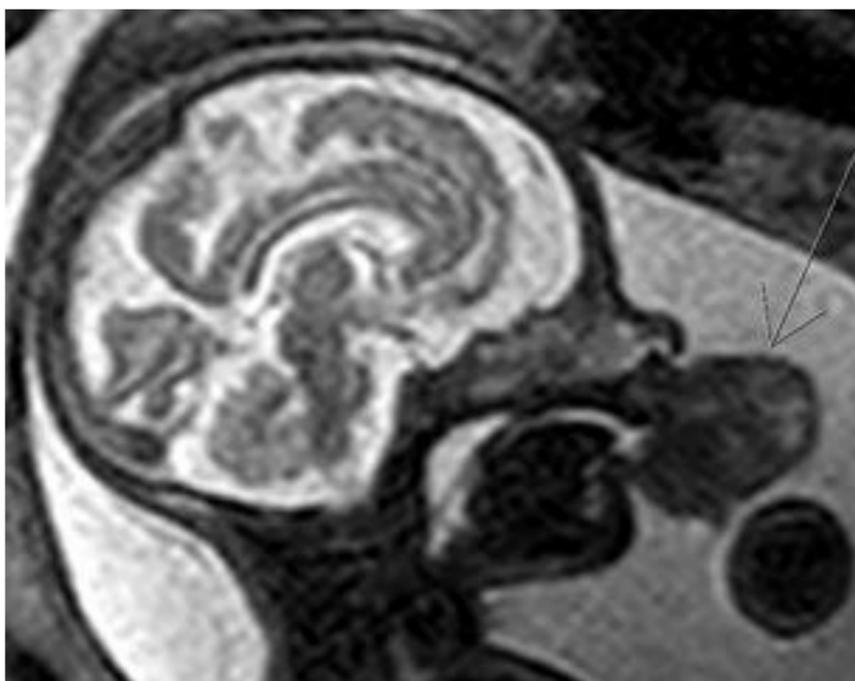


Fig. 26 y 27. Tumoración congénita bucal (epulis congénito confirmado histológicamente). El tumor surgía de una encía del maxilar, y en la cirugía se describió como una masa de consistencia blanda y rosada que se extirpó sin problemas. El principal diagnóstico diferencial debe hacerse con el epignatus, tumor con un pronóstico malo, con mayor heterogeneidad (el epulis suele ser hipointenso predominantemente en secuencias T2 por su componente fibroso) y con mayor afectación de la vía orofaríngea, con gran morbi-mortalidad, a diferencia del epulis (mioblastoma de células granulares congénito).

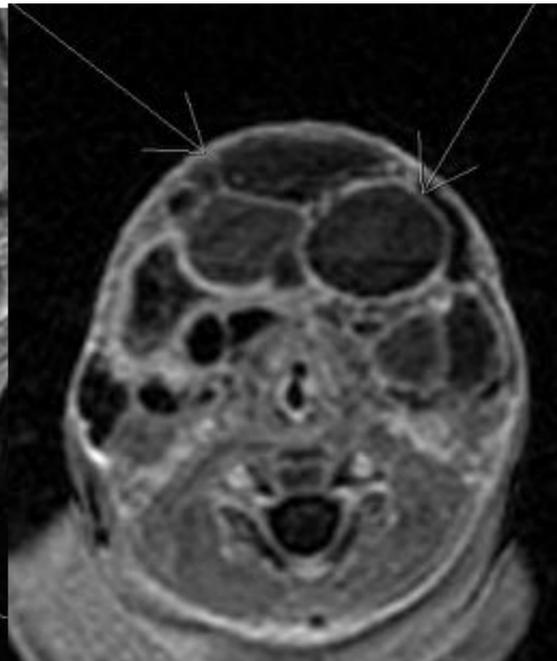


Fig. 28, 29 y 30. Malformación vascular de tipo mixto (vasculo-linfática) de localización mandibular y submandibular izquierda con extensión hacia la derecha. En RM post-natal (centro y derecha) se evidencia la multitabicación, los niveles y la heterogeneidad que traducen coágulos y sangrados intraquísticos. Se realizó esclerosis ecoguiada de las cavidades con doxicilina previo aspirado del contenido.

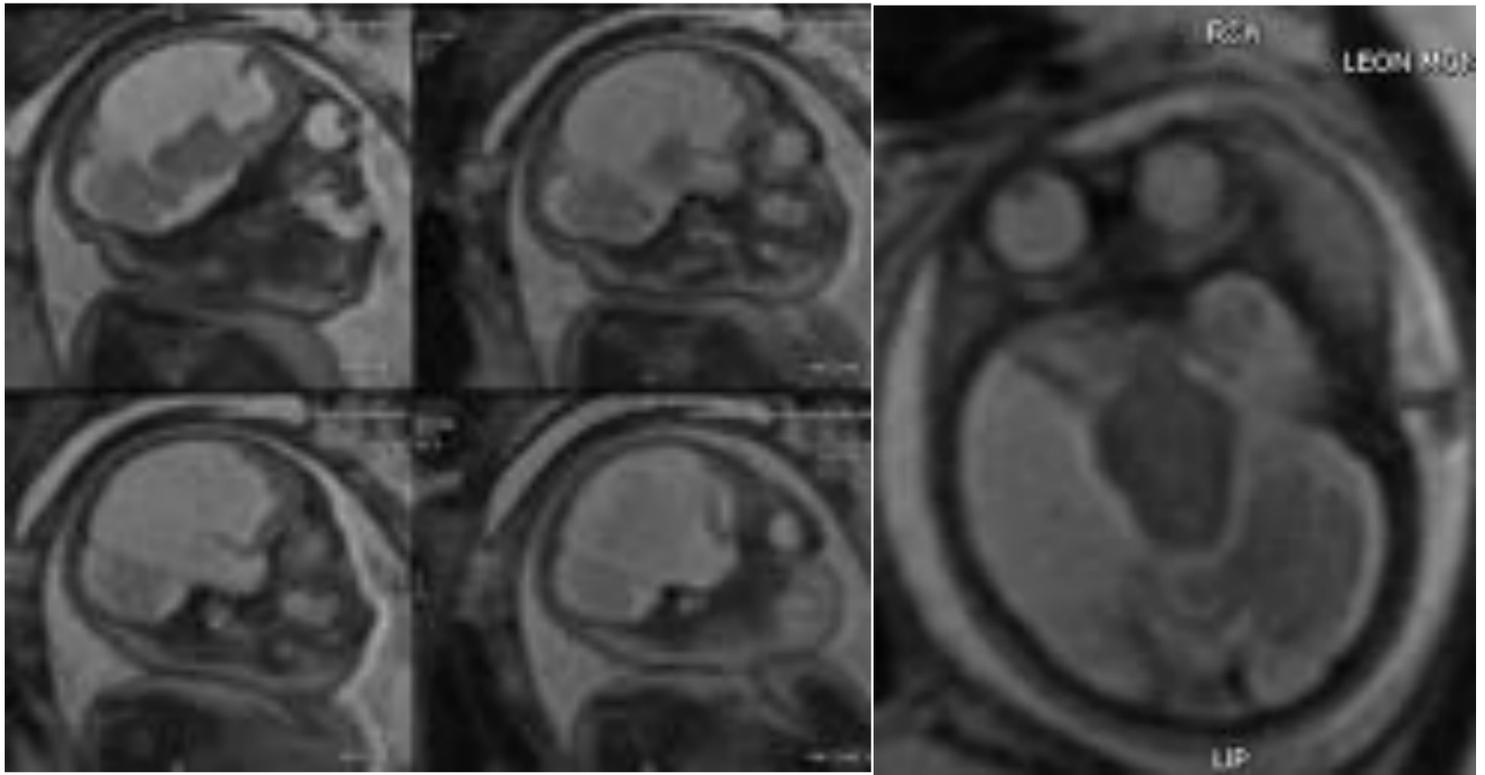


Fig. 31 y 32. Sospecha de síndrome de Patau y hallazgos radiológicos sugestivos de holoprosencefalia alobar (fusión de ambos tálamos ya visible en imagen de la derecha), además de hipotelorismo.

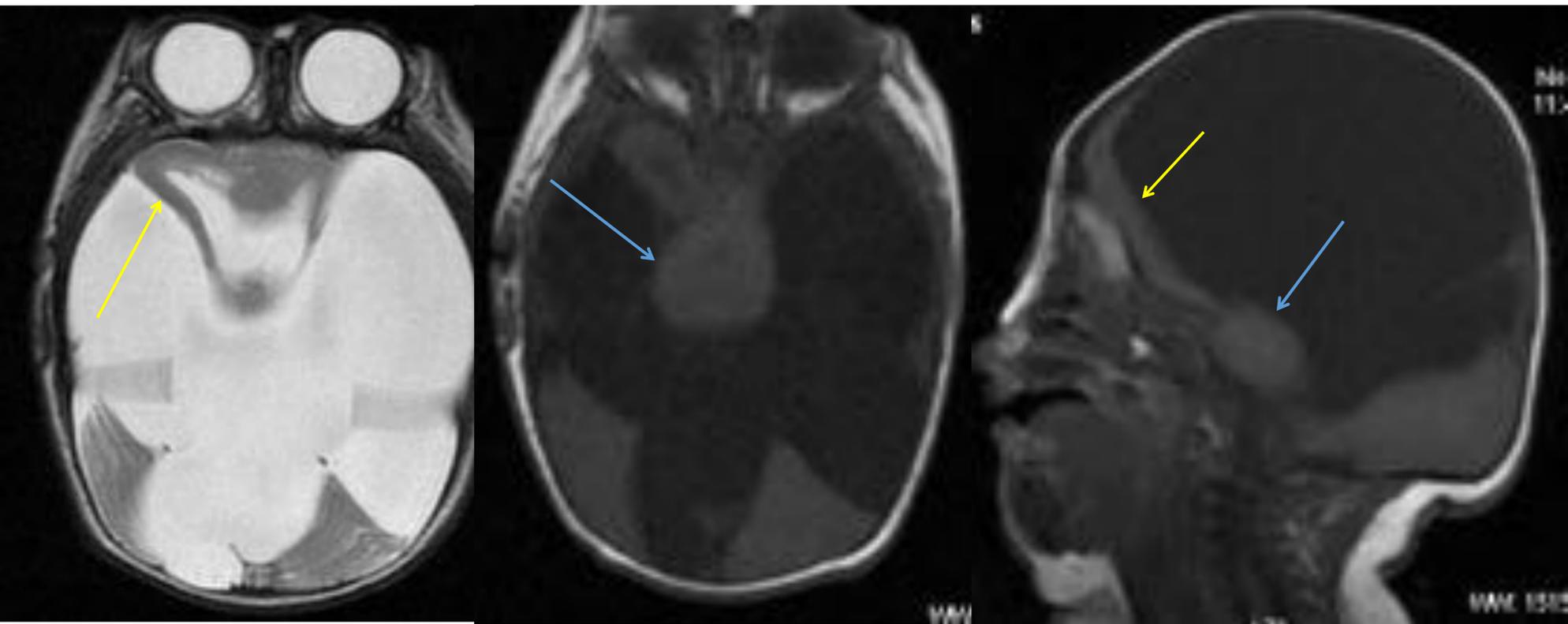
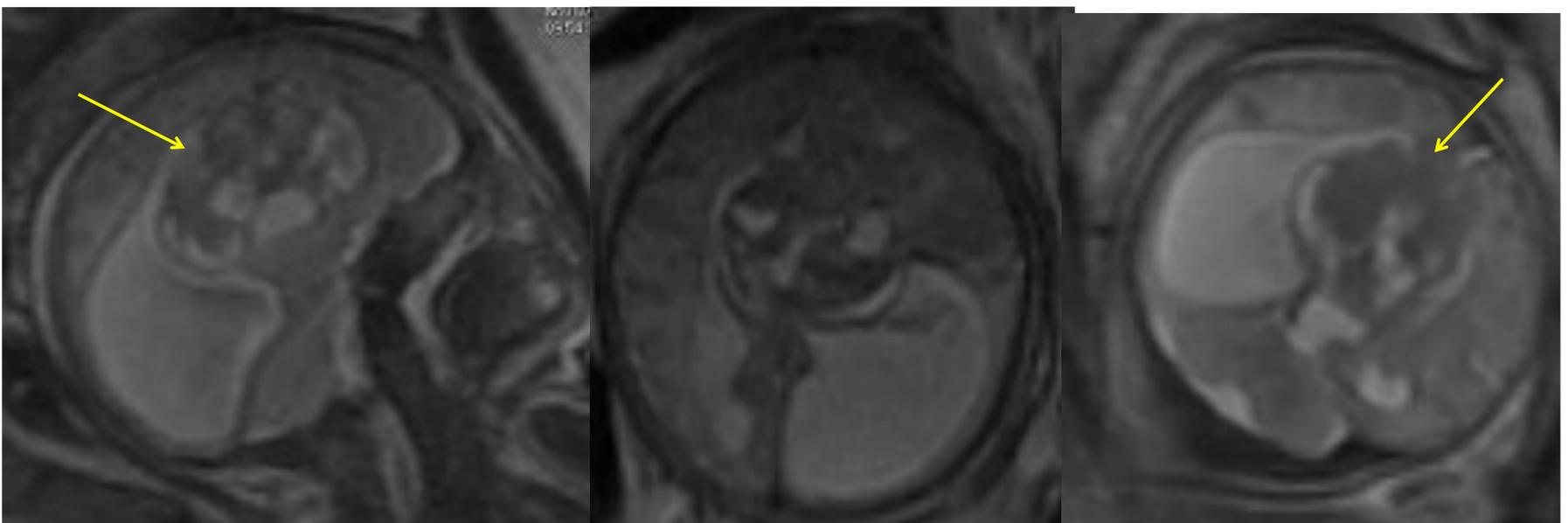


Fig. 33, 34 y 35. Holoprosencefalia alobar. Mismo paciente que el caso anterior, en RM postnatal. Se confirma la fusión de ambos tálamos (flechas azules), la presencia de holoven-trículo y la ausencia de cisura interhemisférica. Únicamente se visualiza pequeña cantidad de parénquima cerebral en los lóbulos frontales y la región frontobasal (flechas amarillas). Hipoplasia cerebelosa. Hipotelorismo con labio leporino asociado.

El hallazgo de la fusión talámica es muy sugestivo de holoprosencefalia alobar, y debemos sugerirlo como primera opción ante estos hallazgos.



Figuras 36, 37 y 38 (página anterior). Gestante de 33 semanas. Cortes sagital, axial y coronal de izquierda a derecha. Tumoración sólido-quística en línea media (flechas amarillas) con hidrocefalia unilateral asociada. Teratoma de línea media.

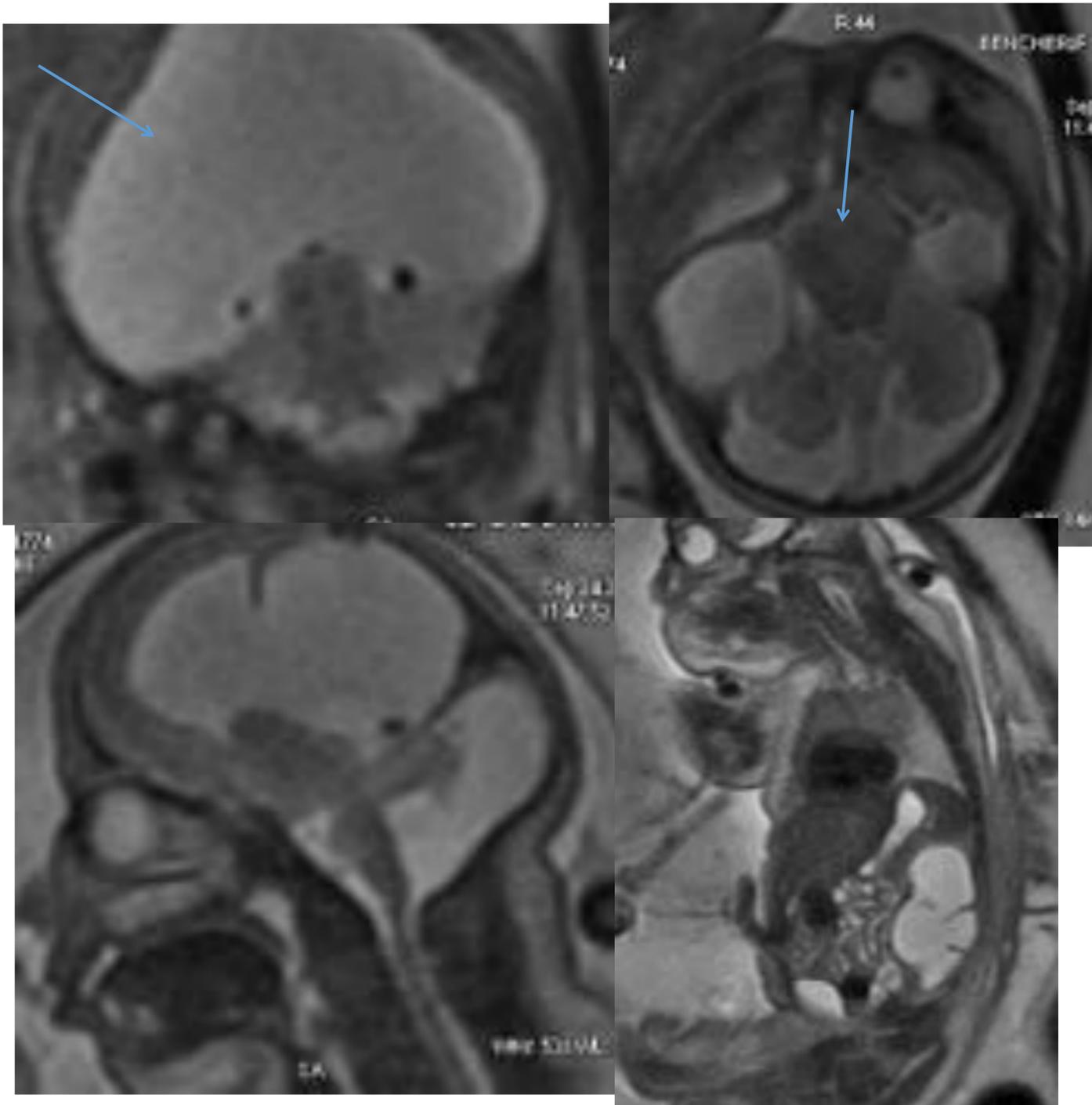


Fig. 39, 40, 41 y 42. Gestante de 40 semanas. Se visualiza en la imagen superior izquierdo una ausencia de lóbulos cerebrales junto con un ventrículo único y ausencia de línea interhemisférica. En imagen superior derecha se visualiza fusión de los tálamos. Estos hallazgos corresponden a holoprosencefalia alobar. En la imagen inferior izquierda se visualiza una fosa posterior aumentada de tamaño, con hipoplasia cerebelosa y vermiana, con quiste posterior que comunica con el IV ventrículo, todo ello compatible con complejo Dandy-Walker. Hipotelorismo. En imagen inferior derecha se objetiva además uretero-hidronefrosis grado IV y no visualización de parénquima renal.

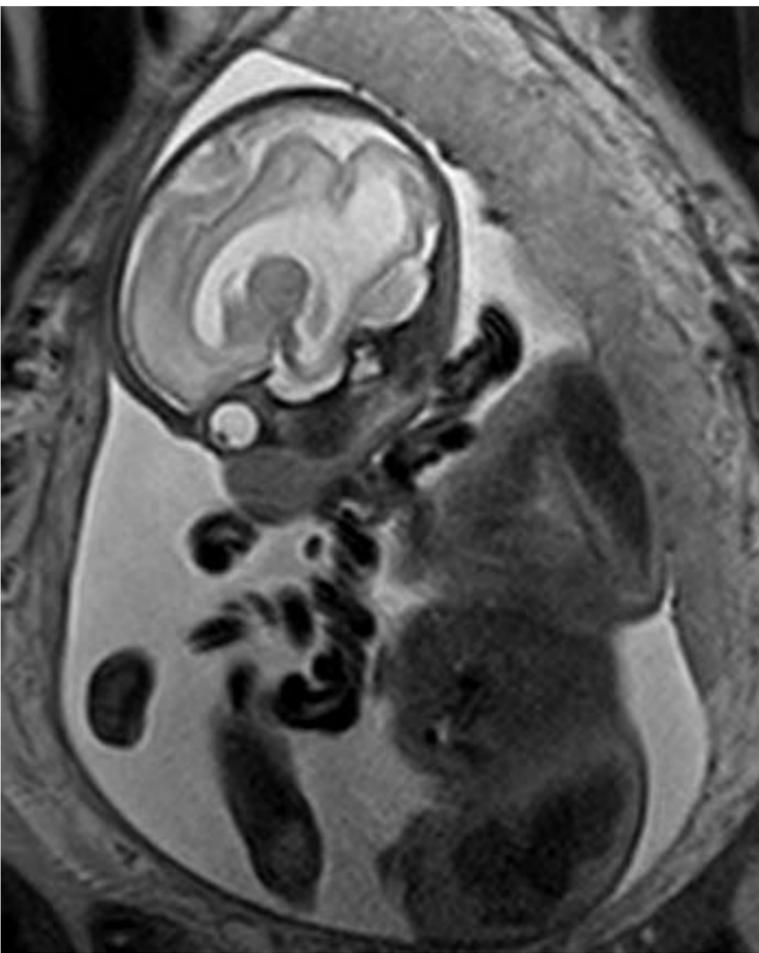


Fig. 43. Gestante 32 semanas. Cordón umbilical enrollado en región cervical del feto.



Fig. 44. Hidronefrosis materna de predominio izquierdo en gestante de 28 semanas.

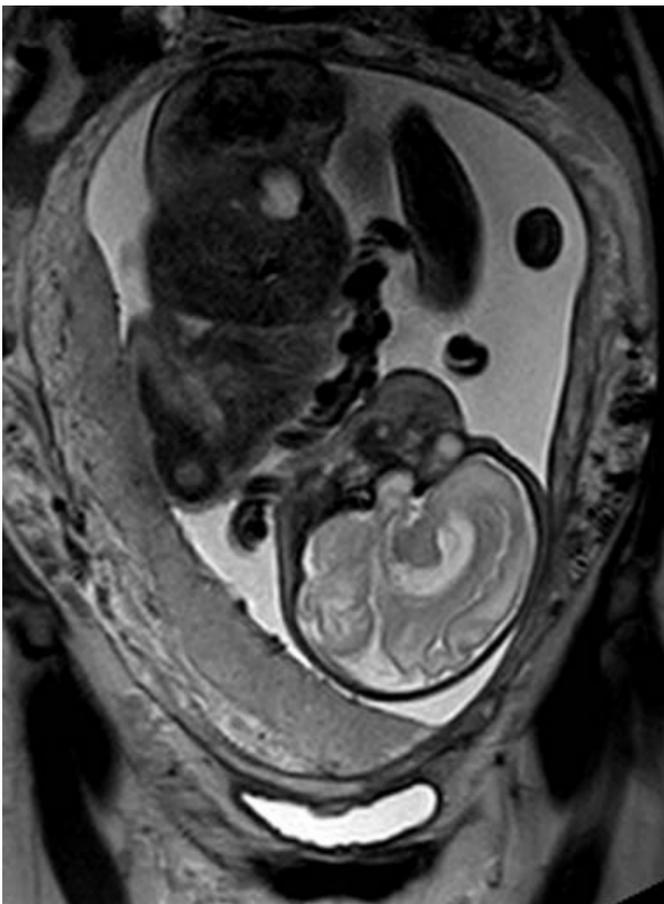


Fig. 45. Placenta previa.

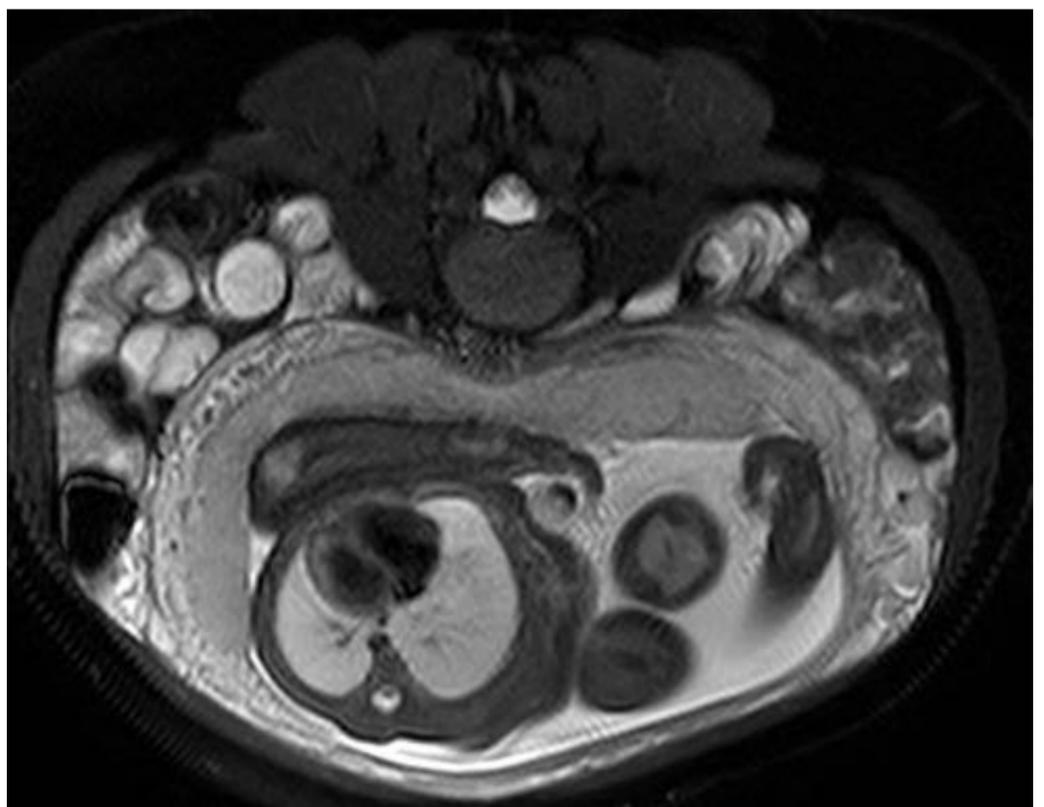


Fig. 46. Es fundamental visualizar todo lo que entre del campo de estudio, aunque en principio la RM sea fetal cerebral, si las imágenes son óptimas, se debe evaluar todo (en la imagen vemos un corte axial que incluye pulmones, corazón, médula espinal fetal). Es muy importante insistir en la importancia de valorar todo, especialmente porque las anomalías cerebrales pueden presentar anomalías en columna o en cualquier parte del tórax o abdomen.

# BIBLIOGRAFÍA

- Normative biometry of the fetal brain using magnetic resonance imaging. *Brain Structure and Function*, 2017, Volume 222, Number 5, Page 2295. Vanessa Kyriakopoulou, Deniz Vatansever, Alice Davidson.
- N Saleem, Sahar. (2013). Fetal Magnetic Resonance Imaging (MRI): A Tool for a Better Understanding of Normal and Abnormal Brain Development. *Journal of Child Neurology*. 28.10.1177/0883073813486296.
- Saleem SN. Fetal MRI: An approach to practice: A review. *Journal of Advanced Research*. 2014;5(5):507-523. doi:10.1016/j.jare.2013.06.001.
- Cerebral biometry in fetal magnetic resonance imaging: new reference dataB. Tilea C. Alberti C. Adamsbaum P. Armoogum J. F. Oury D. Cabrol G. Sebag G. Kalifa C. Garel.
- Raybaud C, Levrier O, Brunel H, et al. MR imaging of fetal brain malformations. *Childs Nerv Syst* 2003;19:455–7.
- Girard N, Raybaud C, Poncet M. In vivo MR study of brain maturation in normal fetuses. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:407–13.
- Glenn O, Goldstein R, Li K, et al. Magnetic resonance imaging of the fetal brain in the evaluation of sonographically suspected abnormalities of the corpus callosum. In: *Proceedings of the American Society of Neuroradiology 41st Annual Meeting*; Apr 26–May 2, 2003; Washington, DC.

# CONCLUSIONES

La RM fetal cerebral es una prueba complementaria que puede confirmar los diagnósticos de sospecha obstétricos, y detectar anomalías que pueden desapercibidas en la ecografía.

El radiólogo debe realizar un informe estandarizado y trabajar conjuntamente con el equipo de obstetricia, ya que los resultados son cruciales para decisiones de manejo y tratamiento de las enfermedades y anomalías que pueden presentar los fetos.