

Resonancia magnética fetal cerebral

MANUEL RECIO Y VICENTE MARTÍNEZ

Servicio de Diagnóstico por Imagen. Hospital Quirón. Madrid. España.
mrecio.mad@quieron.es; vmartinez.mad@quieron.es

INTRODUCCIÓN

Desde la primera descripción hecha por Smith et al en 1983 del uso de la resonancia magnética (RM) en el embarazo, aparecida en la revista *Lancet*¹, se han publicado más de 3.000 artículos sobre RM fetal. La RM es un método complementario a la ecografía, útil para la valoración fetal, que ayuda a establecer el pronóstico y el manejo perinatal, ya que puede detectar anomalías ocultas hasta en el 50% de los casos para determinadas indicaciones².

Las malformaciones del sistema nervioso central (SNC) corresponden a un tercio de las anomalías fetales y se encuentran en el 75% de los fetos muertos. Su incidencia se estima en 1 de cada 100 nacidos vivos. Aproximadamente el 10% de las anomalías cerebrales son secundarias a alteraciones cromosómicas, el 20% a factores hereditarios, el 10% a efectos adversos intrauterinos (como las infecciones) y el 60% no tienen causa identificable.

Nuestro objetivo es mostrar las ventajas, limitaciones, indicaciones y aplicaciones clínicas de la RM fetal cerebral.

Puntos clave

- La resonancia magnética (RM) fetal cerebral es un método de diagnóstico complementario a la ecografía que ayuda a establecer el pronóstico y el tratamiento perinatal y detecta anomalías ocultas hasta en el 50%.
- Las principales limitaciones de la RM cerebral fetal son la presencia de artefactos por movimiento fetal, baja resolución espacial en el primer trimestre y claustrofobia o incomodidad de la paciente durante el estudio.
- La RM fetal cerebral se realiza generalmente a partir del segundo trimestre, sobre todo a partir de la semana 20, cuando ya se ha formado el cuerpo calloso. No está aprobado el uso de contraste intravenoso (gadolinio).
- Esta técnica de imagen permite realizar el estudio morfológico y biométrico cerebral, así como del desarrollo cortical cerebral, la mielinización y la migración neuronal, no claramente visibles por ecografía.
- Tiene numerosas aplicaciones clínicas, siendo las indicaciones más frecuentes la ventriculomegalia asimétrica y la agenesia de cuerpo calloso.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

La RM fetal presenta varias ventajas sobre ecografía perinatal como mejorar la resolución espacial, no presentar limitaciones en el caso de oligoamnios, posición fetal inadecuada o presencia de sombras acústicas por la osificación de la calota y valorar con más detalle el desarrollo cortical cerebral. Las principales limitaciones de la RM fetal son la presencia de artefactos por movimiento fetal (que se reducen con el uso de nuevas secuencias ultrarrápidas y con el ayuno materno de al menos 4 h), baja resolución espacial en el primer trimestre y claustrofobia o incomodidad de la paciente durante el estudio (sobre todo en edades gestacionales avanzadas).

SEGURIDAD

El American College of Radiology aprobó en 2002 el uso de la RM en cualquier edad gestacional, valorando el riesgo-beneficio, pero es conveniente esperar al segundo trimestre dado que los estudios sobre fetos que demuestran la ausencia de efectos adversos en el primer trimestre están limitados por el pequeño tamaño de la muestra². El uso de contraste intravenoso no está aceptado porque los quelatos de gadolinio atraviesan la placenta³ y por el riesgo potencial de nefrotoxicidad del gadolinio (fibrosis sistémica nefrogénica)⁴.

INDICACIONES

La ecografía es el método de elección para el cribado de rutina de feto. La RM se realizaría como estudio complementario en las siguientes indicaciones⁵:

- Una historia de enfermedad cerebral grave en un embarazo anterior con un estudio con ecografía normal; la RM se realiza para buscar muestras sutiles de recurrencia.
- Una alteración identificada en el estudio de ecografía que parece aislada (típicamente ventriculomegalia o agenesia de cuerpo calloso); la RM se realiza para buscar anomalías asociadas que pueden haber pasado por alto con ecografía.
- Una alteración diagnosticada en el estudio con ecografía, cuando la exploración no se puede completar debido a problemas técnicos (por ejemplo, obesidad materna y posición fetal); la RM se realiza para completar el estudio ecográfico.
- Riesgo elevado de anomalías del desarrollo cerebral, especialmente en casos de infección fetal (citomegalovirus, varicela y toxo

plasmosis) o daño isquémico (muerte intrauterina de un gemelo monocorial o síndrome de transfusión gemelo-gemelo).

PROTOCOLO DE ESTUDIO

Es conveniente realizar los estudios en resonancias de alto campo (1,5 T) con antenas de gran resolución espacial (*phased array* de 8 canales). No está aceptada la utilización de campos magnéticos superiores. En la mayoría de los centros se realiza la prueba sin sedación y se recomienda ayuno de al menos 4 h para disminuir los artefactos por peristaltismo intestinal. Las principales secuencias utilizadas son⁶:

- Secuencias potenciadas en T2 como *Single Shot Fast Spin Echo T2* (SSFSE T2) y secuencias balanceadas (FIESTA). Son útiles en el estudio de la anatomía fetal. Las secuencias balanceadas o *Steady State Free Precession* son menos sensibles a los movimientos fetales y a los artefactos de líquido amniótico.
- Secuencias potenciadas en T1 (gradiente doble eco). Permiten determinar la presencia de hemorragias, calcificaciones o lipomas y proporcionan información sobre la mielinización.
- Secuencias de difusión. Son especialmente útiles en la detección de lesiones isquémicas agudas, así como en el diagnóstico diferencial entre quiste aracnoideo y epidermoide.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Biometría fetal

Para estimar el volumen cerebral se utilizan los diámetros frontooccipital, biparietal cerebral y biparietal óseo, y los índices craneocerebral y cefálico.

En el estudio del cerebelo se emplean los diámetros transverso cerebeloso y anteroposterior y la altura y superficie del vermis⁷. En la valoración del tamaño ventricular, el diámetro antero-posterior del cuarto ventrículo, la anchura del tercer ventrículo y el diámetro transversal de los ventrículos laterales en los atrios en plano coronal⁸.

En el estudio del cuerpo calloso se utilizan la longitud del cuerpo calloso en un plano sagital desde la rodilla hasta el esplenio.

Análisis de los surcos corticales

El estudio de los surcos corticales es el segundo paso, y constituye un importante marcador de la maduración fetal.

- A las 20 semanas sólo son visibles los surcos laterales (cisuras de Silvio) y la fisura interhemisférica.
- A las 25 semanas, los surcos laterales, las fisuras interhemisférica, hipocámpicas y calcarinas y los surcos cingulares y parietooccipitales internos.
- A las 27 semanas, los surcos laterales, las fisuras interhemisférica, hipocámpicas y calcarinas, los surcos cingulares y parietooccipitales internos y surcos centrales (surcos de Rolando)^{7,9}.
- A las 29 semanas, deben ser visibles los surcos temporales superiores, marginales, pre y poscentrales, intraparietales, colaterales y frontales superiores. Los surcos centrales alcanzan la mitad del hemisferio cerebral^{7,9}.
- A las 31 semanas el surco frontal inferior debe ser visible.
- A las 35 semanas el lóbulo temporal debe tener todos sus

surcos, incluidos los surcos temporales inferiores y surcos occipitotemporales. En esta edad gestacional el patrón es el definitivo (fig. 1)^{7,9,10}.

Análisis de la mielinización

La mielinización es un buen indicador de la maduración cerebral fetal y se pueden ver en la sustancia blanca a las 20 semanas, en el tronco cerebral posterior.

A las 27 semanas se observa una leve mielinización en el vermis y de los pedúnculos cerebelosos medios. También es visible una señal moderada en los ganglios basales centrales^{7,9}. A las 33 semanas se produce la mielinización de los cuernos posteriores de las cápsulas internas y progresiva a los globos pálidos en las semanas 35-36¹⁰.

Análisis de la migración neuronal

La migración neuronal ocurre entre el tercer y cuarto mes de gestación y termina aproximadamente en la semana 24. La migración neuronal empieza en la zona germinal periventricular y termina en la superficie pial con 6 capas sucesivas¹¹. La imagen en la RM viene determinada por las diferentes capas en imágenes potenciadas en T2¹²:

- A las 16-18 semanas se observan 3 capas (matriz germinal interna, zona neuronal intermedia y capa cortical externa inmadura).
- A las 34 semanas se identifican 2 capas (sustancia blanca interna y cortical externa).

PRINCIPALES APLICACIONES CLÍNICAS

Se dividen a continuación los procesos patológicos según las áreas de afectación cerebral.

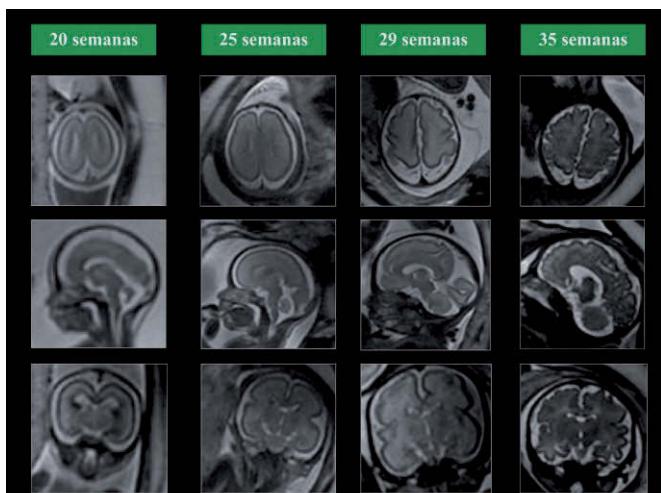


Figura 1. Estudio de la superficie cortical. Secuencias Single Shot Fast Spin Echo T2 (SSFSE T2) en incidencias axial, sagital y coronal en las semanas 20, 25, 29 y 35. En la semana 20 sólo se identifican las cisuras de Silvio y fisura interhemisférica, gradualmente se desarrollan todos los surcos corticales hasta completar el proceso en la semana 35.

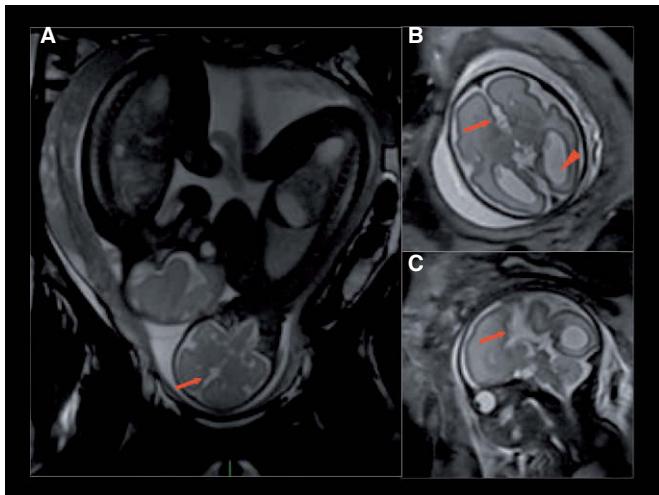


Figura 2. Agenesia de cuerpo calloso. Gestación gemelar bicorial y biamniótica en paciente de 29 semanas de amenorrea. A) Coronal FIESTA; B) Axial Single Shot Fast Spin Echo T2 (SSFSE T2); C) Sagital SSFSE T2.

Agenesia completa de cuerpo calloso del gemelo en cefálica dorso-izquierda (flecha) con colpocefalia (cabeza de flecha). El otro gemelo no presenta alteraciones.

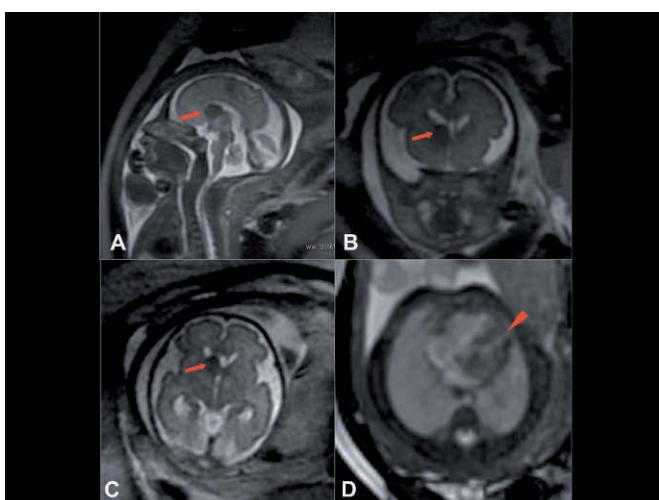


Figura 3. Esclerosis tuberosa. Edad gestacional 30 semanas. A) Sagital Single Shot Fast Spin Echo T2 (SSFSE T2); B) coronal SSFSE T2; C) axial SSFSE T2; D) axial FIESTA. Esclerosis tuberosa con nódulo subependimario adyacente al foramen de Monro derecho (flecha) y rhabdomioma cardíaco del ventrículo izquierdo (cabeza de flecha).

1. Anomalías de línea media: agenesia completa o parcial de cuerpo calloso, holoprosencefalia lobular, displasia septoóptica, lipoma del cuerpo calloso, quistes del cavum o ausencia de cavum.

La evaluación del cuerpo calloso debe realizarse cuando termina su formación, después de la semana 20 (fig. 2). En más del 63% existen anomalías asociadas^{13,14}.

2. Ventricular: la ventriculomegalia es el hallazgo más frecuente en ecografía y supone la indicación más frecuente de RM fetal. Se clasifica en leve (10-12 mm), moderada (12-15 mm) y grave (> 15 mm). La RM fetal puede detectar anomalías ocultas en la ecografía hasta en el 40-50%.

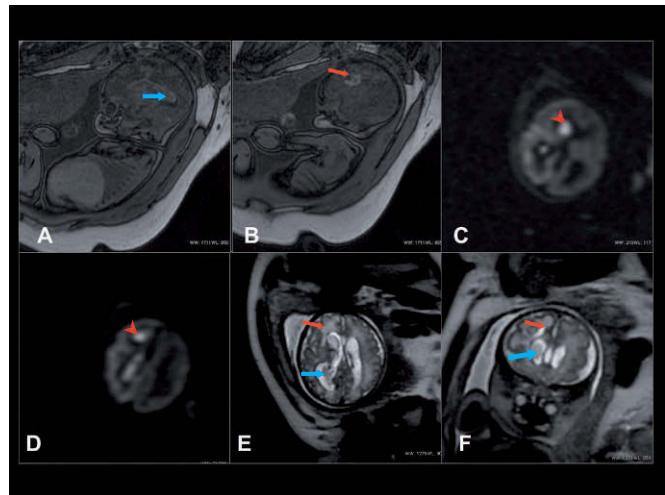


Figura 4. Infarto venoso subagudo hemorrágico con sangrado intraventricular. Edad gestacional 35 semanas.

A) y B) Sagital eco de gradiente T1; C) y D) axial, imágenes de difusión; E) axial Single Shot Fast Spin Echo T2 (SSFSE T2); F) coronal SSFSE T2. Infarto hemorrágico subagudo frontal (flecha roja) con hemorragia intraventricular (flecha azul). La hipersenal de las imágenes de difusión se deben al sangrado (cabeza de flecha), ya que la lesión es subaguda.

3. Área periventricular: la RM permite visualizar heterotopias subependimarias, nódulos subependimarios de esclerosis tuberosa (fig. 3), así como pequeñas hemorragias de la matriz germinal.

4. Parénquima cerebral: la RM es capaz de detectar pequeñas hemorragias cerebrales o lesiones isquémicas estableciendo el carácter agudo o no de las mismas con la secuencia de difusión (fig. 4).

5. Superficie cortical: el desarrollo cortical cerebral se divide en 3 procesos: proliferación celular (2.^º-4.^º mes), migración neuronal (3.^º o 4.^º mes-semana 24) y organización cortical (semana 22- 2 años de vida)¹¹. Las malformaciones se clasifican en:

- Trastornos proliferativos: proliferación disminuida (microencefalía), aumentada (hemimegalencefalía) y proliferación anormal (displasia cortical).
- Trastornos de migración: disminuida (lisencefalia clásica) aumentada (distrofia muscular congénita), migración ectópica (heterotopias).
- Trastornos de organización cortical: polimicrogiria y esquisecefalia (tipo I de labio cerrado y tipo II de labio abierto).

Se debe realizar el estudio en gestación avanzada dado que hasta la semana 35 no se han formado todos los surcos corticales.

6. Espacios pericerebrales: cuando el espacio extraaxial está aumentado es normalmente visible con ecografía, sin embargo, algunas lesiones como los hematomas subdurales requieren completar el estudio con RM.

7. Fosa posterior: se estudian por RM malformación de Dandy-Walker (fig. 5), variante Dandy-Walker, quiste de la bolsa de Blake, megacisterna magna, quiste aracnoideo, displasia cerebelosa, hipoplasia cerebelosa, hemorragia cerebelosa, síndrome de Walker-Warburg y malformación de Chiari.

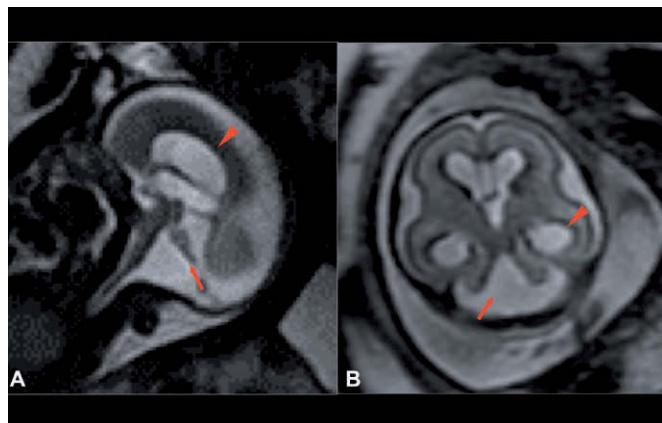


Figura 5. Malformación Dandy-Walker. Edad gestacional 22 semanas. A) Sagital Single Shot Fast Spin Echo T2 (SSFSE T2); B) axial SSFSE T2. Malformación Dandy-Walker con remanente del vermis rotado superiormente con hipoplasia cerebelosa (flecha) e hidrocefalia (cabeza de flecha).

Hay que hacer mención especial a 2 indicaciones de RM fetal¹⁵:

1. Complicaciones de embarazo gemelar monocorial: la muerte intrauterina de un gemelo monocorial incrementa el riesgo de supervivencia del otro gemelo por hipoperfusión aguda cerebral secundaria a fenómenos tromboembólicos. El síndrome de transfusión feto-feto (STFF) se caracteriza por flujo anómalo desde el donante, que desarrolla oligoamnios, al receptor que presenta polihidramnios. La morbilidad es muy alta y ambos gemelos tienen riesgo de isquemia cerebral. Aproximadamente el 50% de los gemelos supervivientes presentan alteraciones¹⁶.
2. Infecciones congénitas: la afectación cerebral más común es por citomegalovirus (CMV) seguido de toxoplasma¹⁷. Producen alteración difusa o focal de la sustancia blanca y con el tiempo atrofia cortical y dilatación ventricular. Las hemorragias están asociadas a CMV y parvovirus B19. Pueden ir acompañadas de malformaciones corticales como lisencefalía, polimicrogiria y retraso en la maduración cortical.

BIBLIOGRAFÍA



● Importante ●● Muy importante

1. Smith FW, Adam AH, Phillips WD. NMR imaging in pregnancy. *Lancet*. 1983;1:61-2.
2. Glenn OA, Goldstein RB, Li KC, Young SJ, Norton ME, Busse RF, et al. Fetal magnetic resonance imaging in the evaluation of fetuses referred for sonographically suspected abnormalities of the corpus callosum. *J Ultrasound Med*. 2005;24:791-804.
3. Salomon LJ, Siauve N, Baly D, Cuenod CA, Vayssettes C, Luciani A, et al. Placental perfusion MR imaging with contrast agents in a mouse model. *Radiology*. 2005;235:73-80.
4. Grobner T, Prischl FC. Gadolinium and nephrogenic systemic fibrosis. *Kidney Int*. 2007;72:260-4.
5. ●● Salomon LJ, Garel C. Magnetic resonance imaging examination of the fetal brain. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2007;30:1019-32.
6. ● Glenn OA, Barkovich AJ. Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: an increasingly important tool in prenatal diagnosis. Part 1. *Am J Neuroradiol*. 2006;27:1604-11.
7. Garel C. The role of MRI in the evaluation of the fetal brain with an emphasis on biometry, gyration and parenchyma. *Pediatr Radiol*. 2004;34:694-9.
8. Alberto C. Coronal measurement of the fetal lateral ventricles: comparison between ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2006;27:23-7.
9. Garel C, Chantrel E, Elmaleh M, Brisse H, Sebag G. Fetal MRI: normal gestational landmarks for cerebral biometry, gyration and myelination. *Childs Nerv Syst*. 2003;19:422-5.
10. Fogliarini C, Chaumoitre K, Chapon F, Fernandez C, Levrier O, Figarella-Branger, et al. Assessment of cortical maturation with prenatal MRI. Part I: Normal cortical maturation. *Eur Radiol*. 2005;15:1671-85.
11. Abdel Razek AAK, Kandel I, Elsorogy LG, Elmongy A, Basett AA. Disorders of cortical formation: MR imaging features. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2006;27:1604-11.
12. Chung HW, Chen CY, Zimmerman RA, Lee KW, Lee CC, Shy-Chi Chin SC. T2-Weighted fast MR imaging with True FISP versus HASTE: comparative efficacy in the evaluation of normal fetal brain maturation. *AJR*. 2000;175:1375-80.
13. Glenn O, Goldstein R, Li KC, Young SJ, Norton ME, Busse RF, et al. Fetal MRI in the evaluation of fetuses referred for sonographically suspected abnormalities of the corpus callosum. *J Ultrasound Med*. 2005;24:791-804.
14. d'Ercole C, Girard N, Cravello L, Boubli L, Potier A, Raybaud C, et al. Prenatal diagnosis of fetal corpus callosum agenesis by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Prenat Diagn*. 1998;18:247-53.
15. ● Glenn OA, Barkovich AJ. Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: an increasingly important tool in prenatal diagnosis. Part 2. *Am J Neuroradiol*. 2006;27:1604-11.
16. Haverkamp F, Lex C, Hanisch C, Fahnstich H, Klaus Zerres. Neurodevelopmental risks in twin-twin transfusion syndrome: preliminary findings. *Eur J Paediatr Neurol*. 2001;5:21-7.
17. Hollier LM, Griscom H. Human herpes viruses in pregnancy: cytomegalovirus, Epstein-Barr virus, and varicella zoster virus. *Clin Perinatol*. 2005;32:671-96.