

CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



NOCIONES DE RESONANCIA NUCLEAR MAGNETICA FETAL

Dr. Osvaldo Flores Belkerbach

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

Marzo 2023

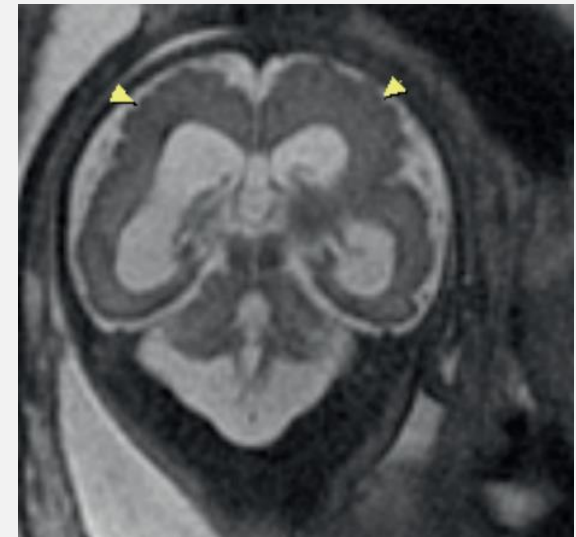
Generalidades



La ecografía es el principal método de estudio de la anatomía fetal y en particular del SNC.

Sus ventajas son el bajo costo, la alta resolución y la obtención de imágenes en tiempo real.

Sus limitaciones se deben principalmente a los artefactos de reverberación del cráneo óseo, la atenuación del haz por el tejido adiposo, el OHA, en encaje fetal en la pelvis y una baja sensibilidad para detectar malformaciones del desarrollo cortical cerebral. Estas desventajas, son superadas por la RNM.



Generalidades



La RNM fetal se introdujo a principios de los años 90' con pobres resultados, principalmente a las limitaciones de los equipos en esos tiempos, con tiempos de adquisición prolongados, que no permitían una toma adecuada de imágenes dado los movimientos fetales.

Con el tiempo, los resonadores evolucionaron, y actualmente se cuenta técnicas ultrarrápidas, lo que ha llevado a múltiples estudios a comparar el rendimiento del US vs la RNM.

Habitualmente la RNM se indica cuando existe un hallazgo positivo en el examen US, y dado que no se realiza RNM en fetos aparentemente sanos, no se pueden evaluar los casos de VN y FN, limitando la sensibilidad, especificidad y los valores predictivos.

iuRM (Resonancia magnética intrauterina)

Se considera segura cuando se cumplen los procedimientos estándar de seguridad en el entorno de la RNM.

No se ha demostrado daño auditivo fetal debido al fuerte ruido inherente y el calentamiento potencial debido a la exposición a la radiofrecuencia.

Organismos reguladores establecen que la iuRM se puede realizar cuando se considera que el beneficio supera el riesgo y la información obtenida no se puede obtener por otros métodos no ionizantes.

Entre los desafíos de la iuRM, se encuentra la adquisición de secuencias que puedan disminuir los efectos de los movimientos fetales y de la respiración materna.

iuRM (Resonancia magnética intrauterina)

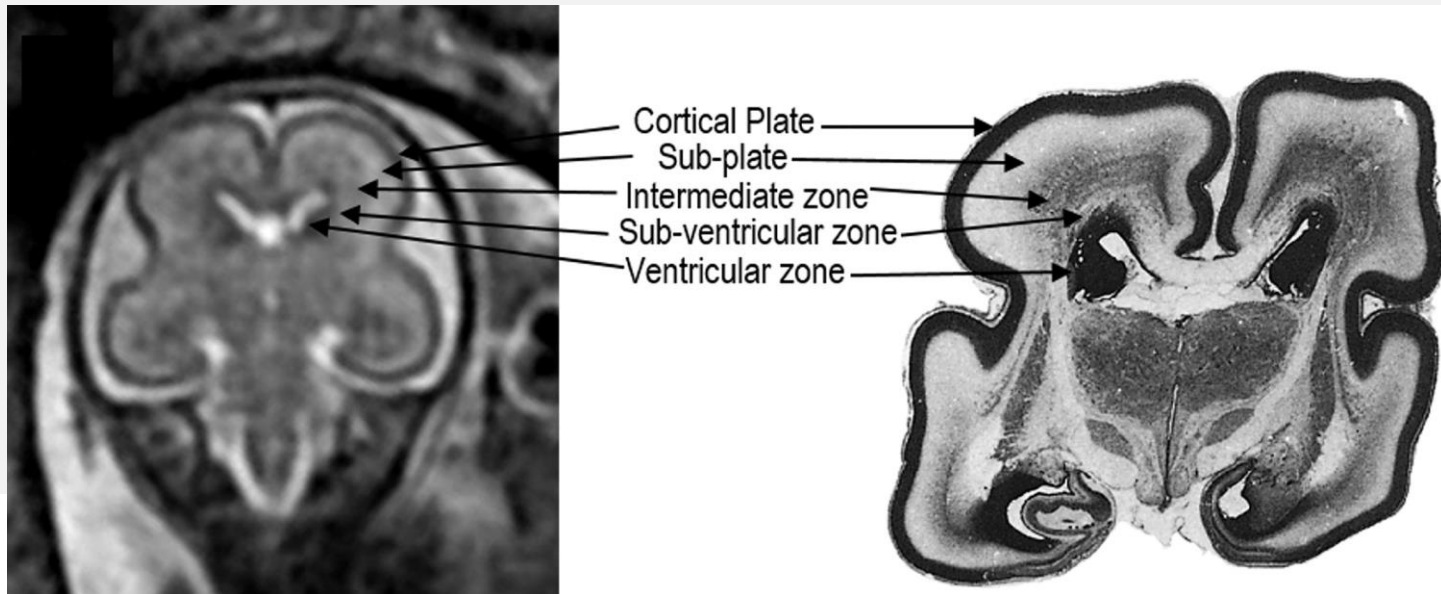
Las distintas composiciones bioquímicas de la sustancia gris y blanca, permiten una excelente definición en la RM. Materia gris: áreas densas de células. Las principales diferencias químicas que inciden en la definición de la imagen radican en el contenido de agua y lípidos, en particular, en aquellos que se encuentran densamente en la mielina de la sustancia blanca del **cerebro maduro**.

	Cerebro maduro: materia gris	Cerebro maduro: materia blanca	Cerebro premielinizado: materia gris	Cerebro premielinizado: sustancia blanca
Contenido de agua	84%	71%	90%	91%
Contenido de esfingomielina	0,53%	2,00%	0,12%	0,13%

Las diferencias en el cerebro fetal, probablemente surja del contenido proteico de las células.

iuRM (Resonancia magnética intrauterina)

Otro desafío en el 2do trimestre, es que la formación de la corteza cerebral es una migración centrifuga de neuronas y células gliales formadas en la matriz germinal, que producen capas transitorias en los hemisferios cerebrales. Estas capas tienen regiones alternas densas en células (matriz germinal, zona intermedia y placa cortical) y escasas en células (zona subventricular y subplaca).



iuRM (Resonancia magnética intrauterina)

La obtención de imágenes de un feto es un proceso dinámico y requiere de un enfoque especial de parte del radiólogo que realiza la exploración y las secuencias empleadas.

Se inicia con un localizador inicial seguido de las demás secuencias, cada una de las cuales actúa como localizador de la siguiente, con el objetivo de adquirir imágenes en los 3 planos anatómicos.

Cuando los movimientos fetales son repetitivos, es necesario priorizar y enfocarse en los planos de imagen que mejor demuestren la anatomía para responder a la pregunta clínica.

TABLE 2. Typical MR Parameters Used for Fetal Imaging (1.5 T GE Healthcare, Milwaukee, WI)

	T2 ssFSE	T2 FSE	3D FIESTA	DWI	FLAIR	T1	MOVIE
Repetition time	Minimum (2000)	Minimum (4.2)	Minimum (4.4)	4000	Minimum (2700)	Minimum (6.2)	4.6
Time to Echo	120	Minimum (2.2)	Minimum (2.4)	Minimum	122	Minimum (3.3)	3
Flip angle	—	70	60	—	—	45	45
Bandwidth (kHz)	37	100	125	250	41	31	166
Inversion time	—	—	—	—	2000	—	—
PREP TIME	—	—	—	—	—	2000	—
NEX	1	1	0.75	4	0.5	1	1
Slice thickness / slice gap (mm)	4/0	3/0.3	2.0–2.6/0	4/0.5	4/0.4	4/0	18
Field of view (adjusted to patient)	32x32	38x34	32x26	40x36	35x35	38x32	42x42
Freq/phase matrix	256/256	384/256	320/256	128/128	256/192	192/128	192/256
B value				600–800			—
Approx. scan time (sec)	32	92	21	64	54	51	50



Imágenes ponderadas en T_2 del cerebro fetal

(T_2 -weighted o T_2W)

Las imágenes en T_2W son el contraste mas informativo cuando se obtienen imágenes del feto, ya que permiten la visualización de las características cambiantes del cerebro fetal en cualquier etapa del desarrollo.

Las secuencias T_2W de eco espín rápido (T_2W FSE, fast spin echo) se pueden realizar en fetos que no se mueven mucho y proporcionan la definición mas clara de las capas transitorias y de la mielinización temprana.

Los tiempos de adquisición suelen ser superiores a 1 minuto, siendo muy sensible al movimiento fetal.

El eco espín rápido de disparo único (ssFSE, single shot fast spin echo) es una secuencia ultrarapida de 30-40 segundos que puede proporcionar imágenes en cualquier plano elegido, lo que la convierte en el **método principal utilizado para la iuMR.**

La ventaja de este método, es que si el feto se mueve durante la adquisición, solo se ven afectados los cortes de imágenes donde se produjo este movimiento.

Imágenes ponderadas en T_1 del cerebro fetal

(T_1 -weighted o T_1W)

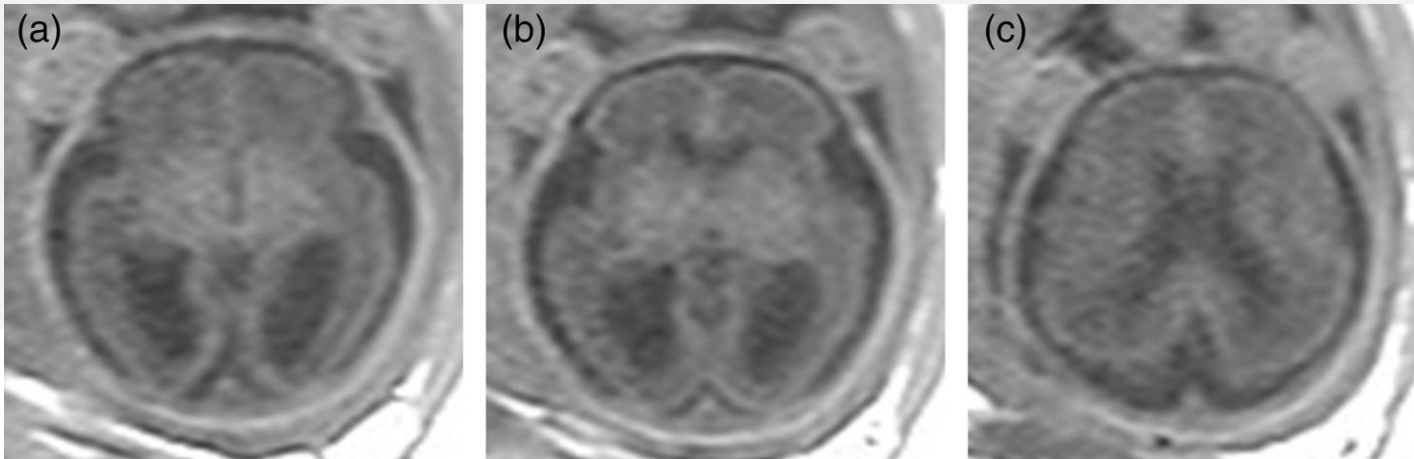


El alto contenido de agua en todas las partes del cerebro en desarrollo proporciona poco contraste T_1 entre el parénquima cerebral y el LCR y las capas transitorias dentro de la corteza.

Las imágenes T_1W son posibles utilizando secuencias de eco gradientes ultrarrápidas, pero debido a los tiempos de adquisición prolongados, son más propensas a artefactos de movimientos que ssFSE.

Debido a esto, las imágenes en T_1W se utilizan para realizar una evaluación general en lugar de delinear estructuras anatómicas más pequeñas → hemorragia, grasa y microcalcificación.

En el 3er trimestre se utilizan para demostrar los cambios de señal del proceso de mielinización, particularmente cuando es anormal, ya que se manifiesta antes que en las imágenes T_2W .



Imágenes axiales T_1W
en un feto de 27
semanas de gestación

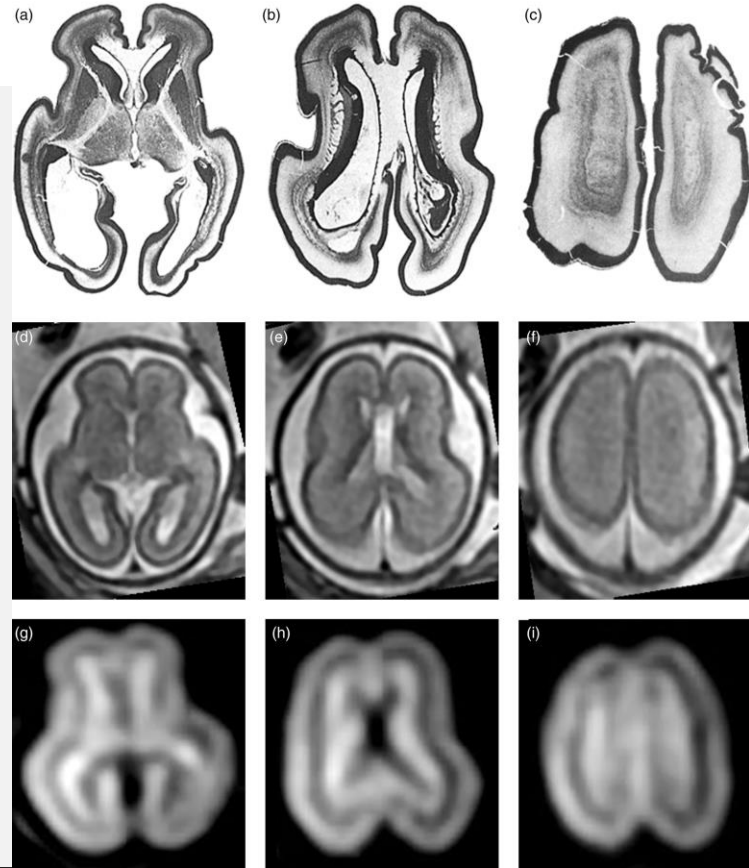
Imágenes ponderadas por difusión - DWI

(DWI, Difusion-Weighted Imaging)

DWI mide el movimiento browniano térmico aleatorio de las moléculas de agua dentro de los tejidos mediante la aplicación de fuertes gradientes a ambos lados del pulso en 180° en los 3 ejes ortogonales durante una secuencia de eco espín de imágenes planas (EPI).

El *coeficiente de difusión aparente* (ADC) proporciona una medida de la magnitud de este proceso de difusión y difiere para diferentes tejidos y fluidos corporales.

DWI puede proporcionar información útil sobre el cerebro, ya que puede demostrar capas en desarrollo dentro de la corteza y los cambios en la difusión demostrados por el cambio de señal en las imágenes de DWI pueden resaltar patologías del desarrollo.



Cortes axiales del cerebro (a-c) de un feto sin anomalía cerebral estructural a las 22 semanas de gestación que muestran las capas transitorias prominentes normales. Esas características pueden ser difíciles de mostrar en imágenes ssFSE (d-f), pero se muestran bien en imágenes ponderadas por difusión (g-i). Las regiones densas en células muestran una difusión restringida en comparación con las zonas escasas en células.

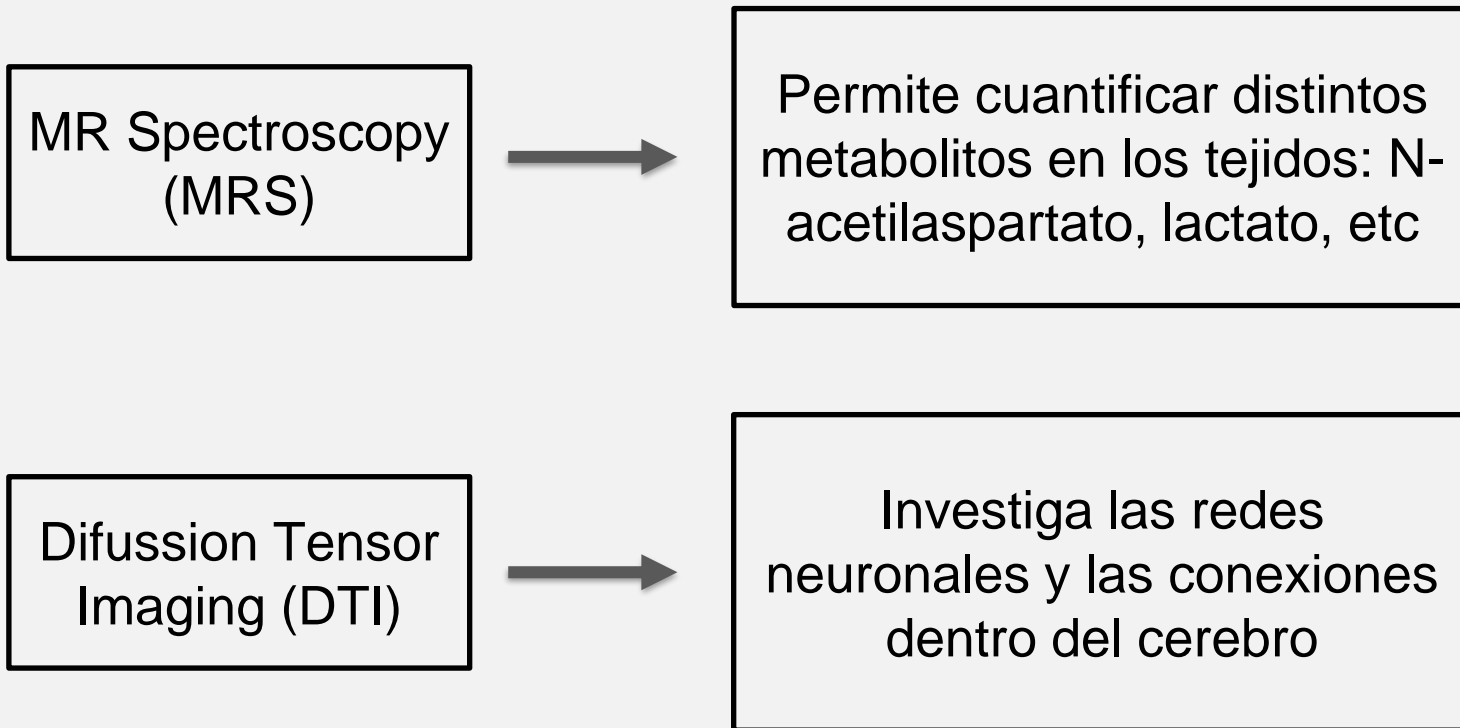
Recuperación rápida de inversión atenuada por fluidos

FLAIR, *Fast Fluid Attenuated Inversion Recovery*

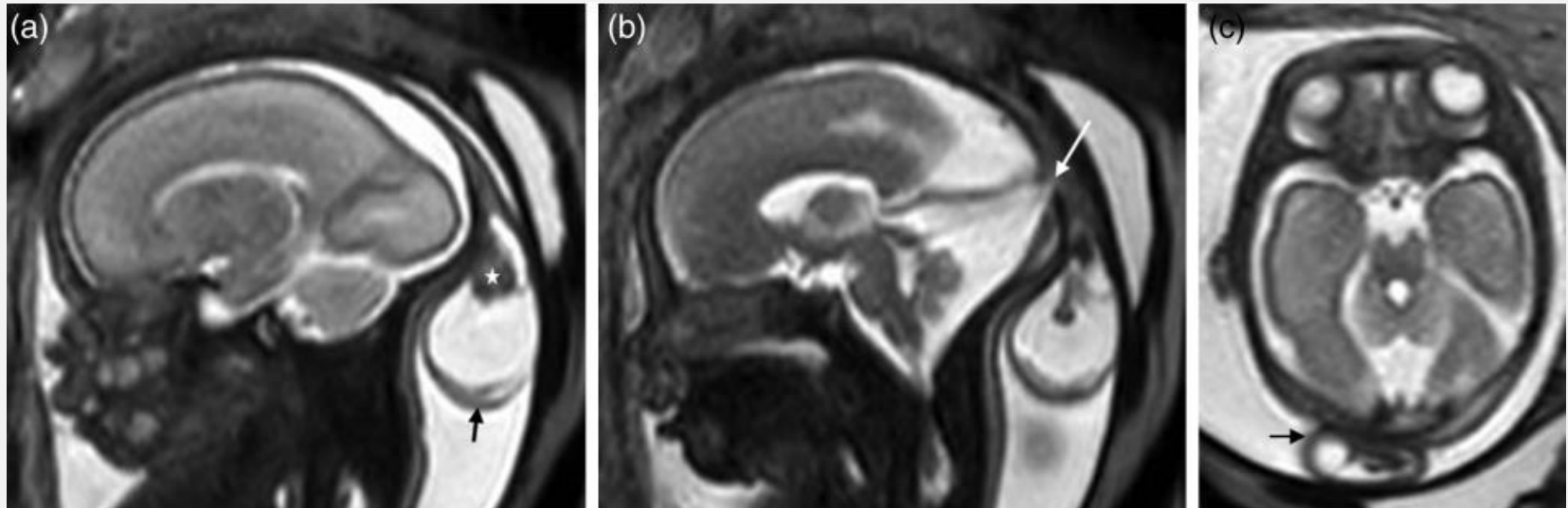


Las secuencias FLAIR pueden ser útiles para aclarar áreas de cambio de señal y, a veces, proporcionan información T1, pero al igual que las imágenes T1, tienen un tiempo de adquisición prolongado y, por lo tanto, tienden a verse más afectadas por el movimiento

Técnicas de RNM avanzada

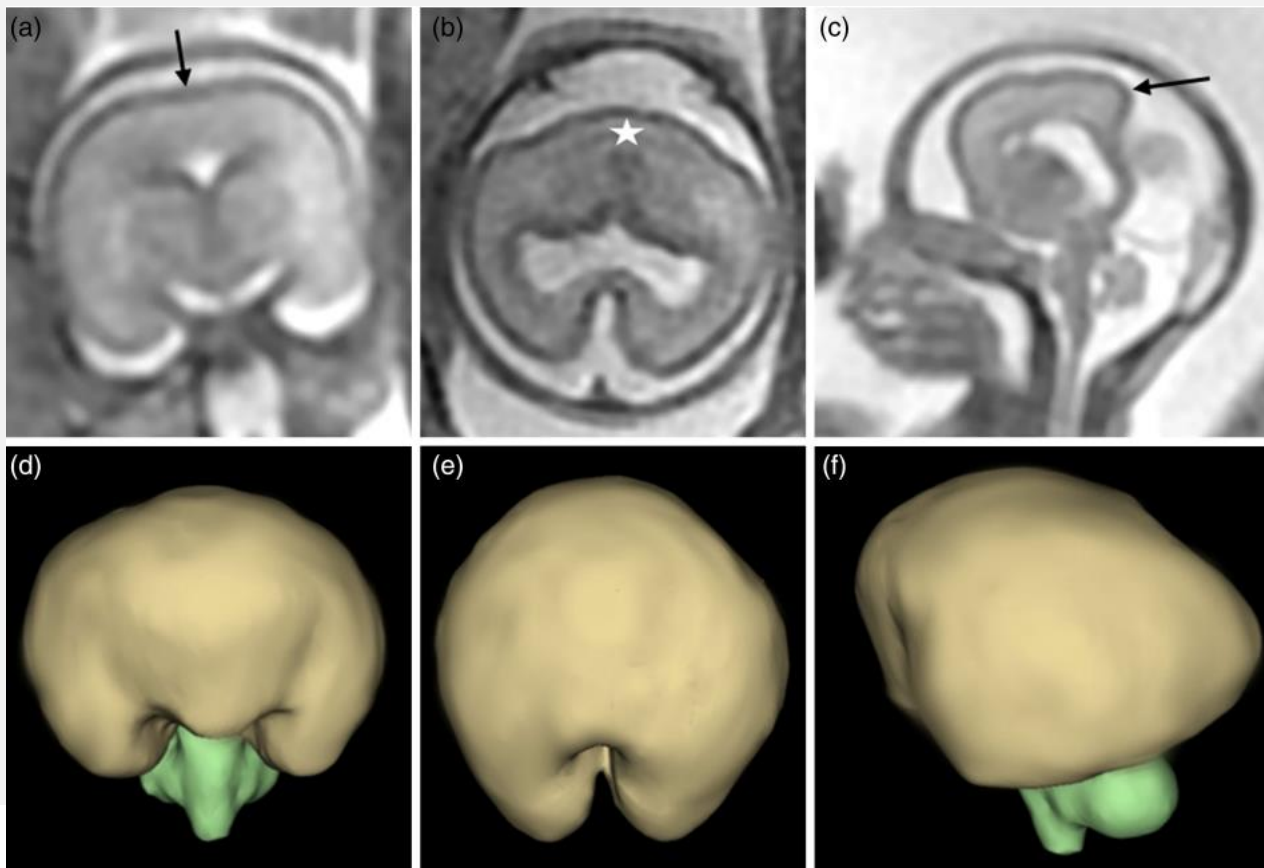


Ejemplos de imágenes patológicas



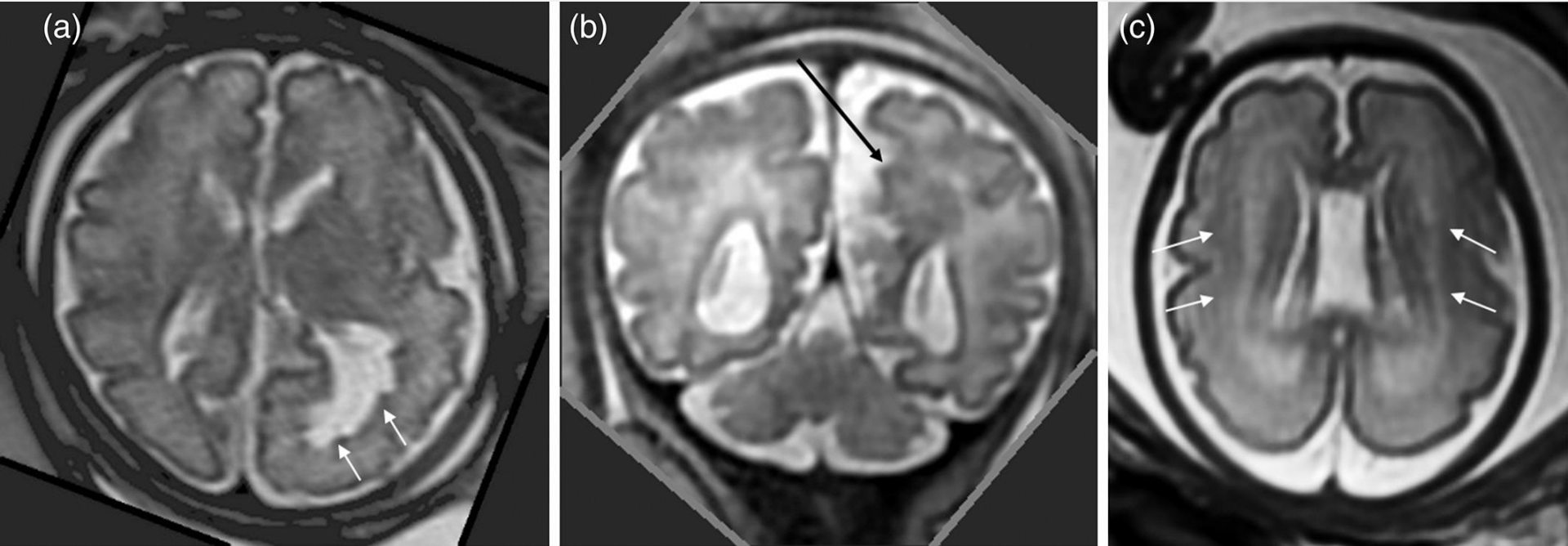
Un ejemplo de neurulación primaria fallida en un feto a las 28 semanas de gestación. Las imágenes ponderadas en T₂ (ssFSE) sagitales (a,b) y axiales (c) **muestran una anomalía quística en la línea media (flecha en a,c) relacionada con el hueso occipital**. Hay un pequeño defecto óseo en el cráneo (flecha en b) y, aunque el cerebro no sobresale en el quiste, hay algunos componentes de tejido blando (estrella en a) que probablemente son estructuras duro-venosas. Diagnóstico: meningocele.

Ejemplos de imágenes patológicas



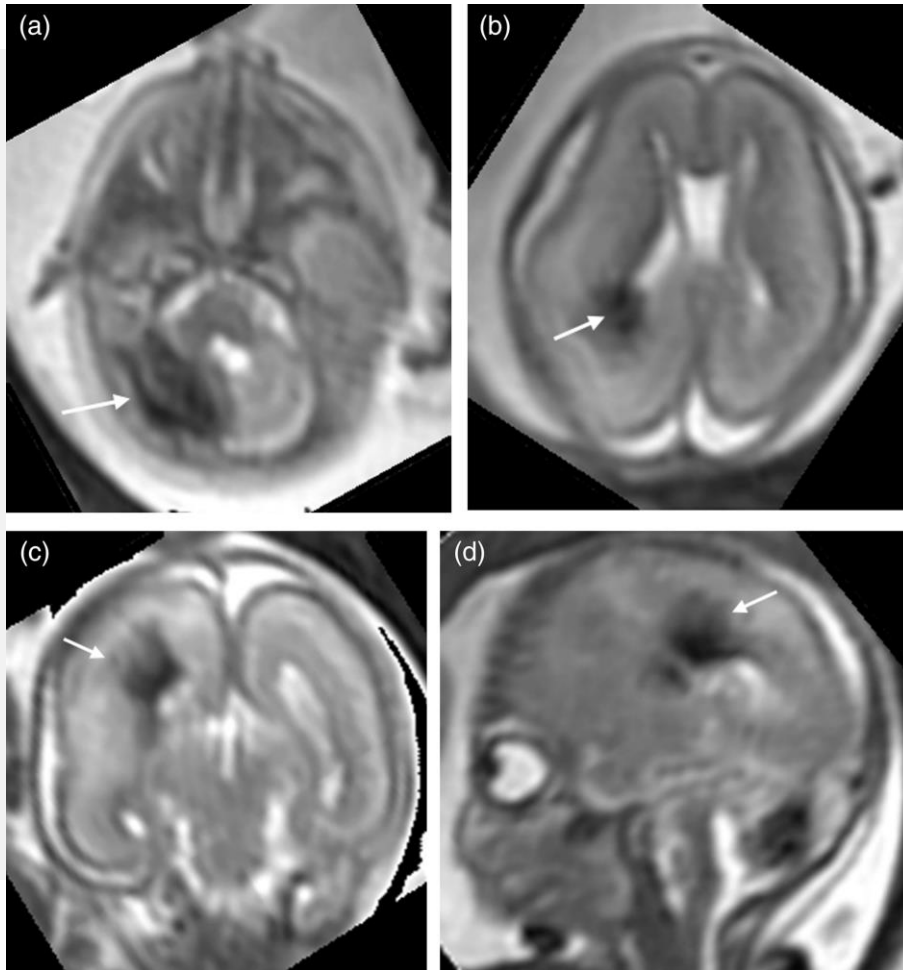
Un ejemplo de inducción ventral fallida en un feto de 21 semanas de gestación. Las imágenes coronal (a), axial (b) y sagital (c) T2W (ssFSE) muestran fallas en la separación de los hemisferios cerebrales (flechas en a, c) y lóbulos frontales subdesarrollados (estrella en b). d–f: Proyecciones frontal, superior y lateral izquierda de las superficies del cerebro fetal obtenidas de una secuencia FIESTA 3D. Diagnóstico: holoprosencefalia semilobar.

Ejemplos de imágenes patológicas



Tres fetos con migración anormal de neuronas/glía que producen diferentes variedades de heterotopía. Se muestra heterotopía subependimaria en el asta occipital izquierda (flechas en a), heterotopía transmanto nodular (flechas en b) y heterotopía superficial generalizada (flechas en c). Todos estos resultan de la falla del paso normal de las neuronas desde la zona ventricular a la placa cortical.

Ejemplos de imágenes patológicas



Un ejemplo de patología cerebral adquirida en un feto de 21 semanas de gestación. Las imágenes axiales **(a,b)** coronales **(c)** y sagitales **(d)** T₂W (ssFSE) muestran dos áreas de baja señal, una en el hemisferio cerebeloso derecho (flechas en a) y la otra en el peri-trigonal derecho blanco materia (flechas en b-d). Estas áreas son consistentes con hemorragia subaguda, aunque no se encontró una causa específica.

Ultrasonido vs RNM



ULTRASOUND
in Obstetrics & Gynecology



Systematic Review | [Free Access](#)

Additional value of fetal magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of central nervous system anomalies: a systematic review of the literature

A. C. Rossi, F. Prefumo

First published: 02 June 2014 | <https://doi.org/10.1002/uog.13429> | Citations: 115

N= 710 pacientes

RNM confirmó resultados del US en el 65,4% y proporcionó información adicional en el 22,1%. En el 2% de los casos, el US fue más preciso.

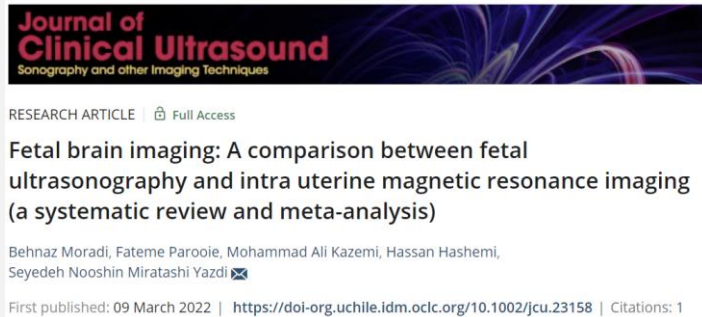
En el 30% de los casos, la RNM fue tan distinta al US, que cambió el manejo clínico.

Se observó concordancia principalmente en ventriculomegalia (51,3%).

Hubo desacuerdo principalmente en anomalías de línea media (48,6%).

S y E para RNM: 97% y 70%

Ultrasonido vs RNM



Objetivo: Comparar el diagnóstico de malformaciones cerebrales entre el US y la RNM. Metaanálisis que incluyó 5 estudios. N = 1470 pacientes.

US: S y E -> 86% y 77%

RNM: S y E -> 95% y 80%

La RNM y el US fueron concordantes en un 72.5% en el diagnóstico.

La RNM añadió un 21.7% de información adicional, mientras que el US sólo un 1.48%

CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



NOCIONES DE RESONANCIA NUCLEAR MAGNETICA FETAL

Dr. Osvaldo Flores Belkerbach

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

Marzo 2023