

CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



NOCIONES DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR FETAL

Dr. Jorge Mocarquer Tapia

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

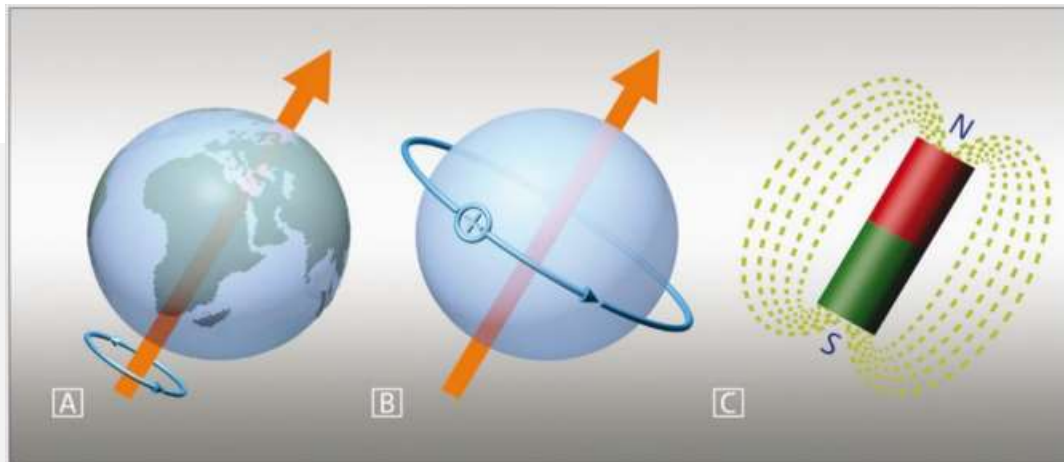
Julio 2024

Introducción

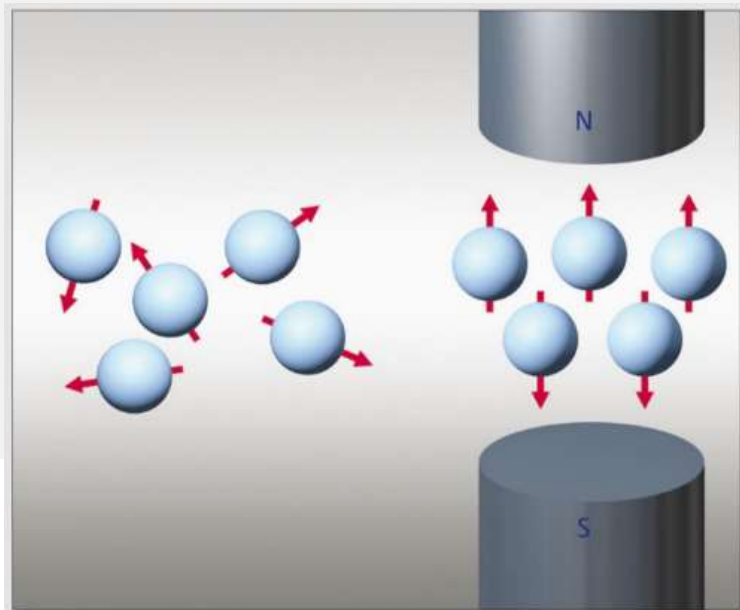


- La ecografía continúa siendo el pilar fundamental del diagnóstico de anomalías prenatales
- El uso de la RNM ha crecido y se considera complementaria al ultrasonido.
- Las ventajas de la RNM son que no se encuentra limitada por oligohidroamnios, la posición fetal u obesidad y la visualización del cerebro no se ve restringida por el cráneo

Generalidades

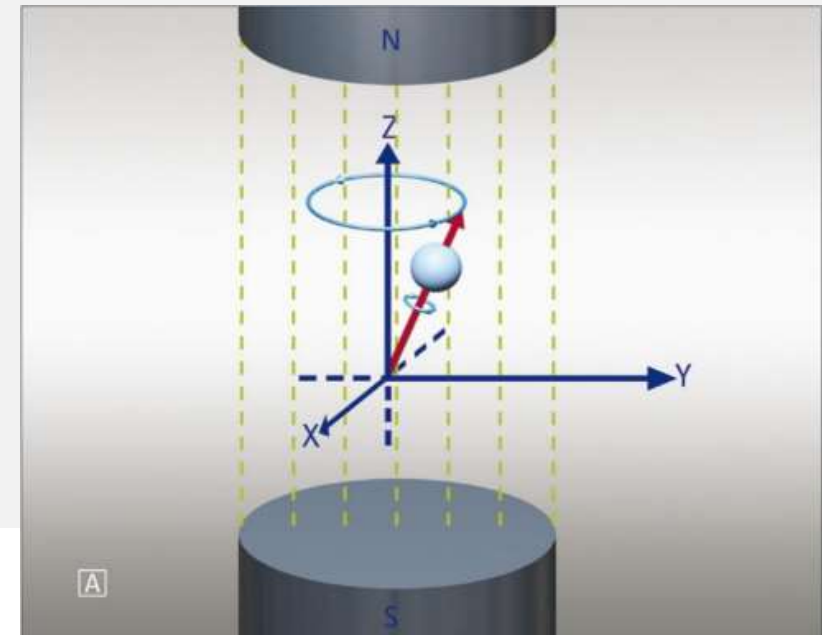
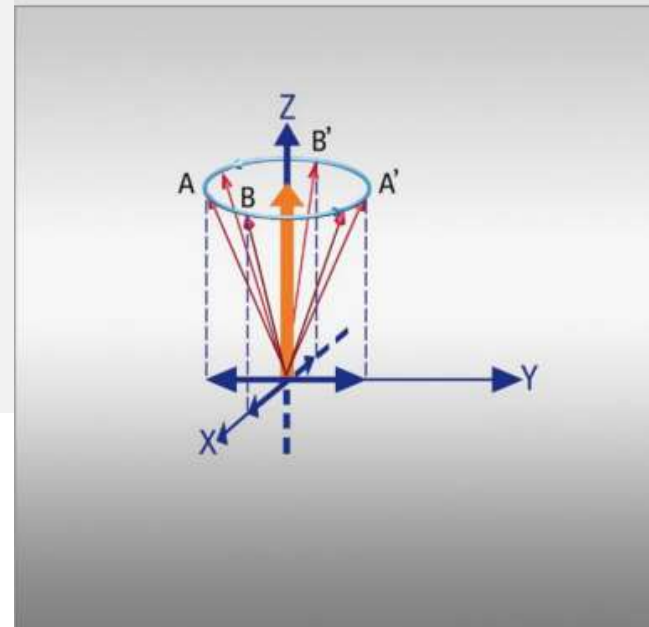
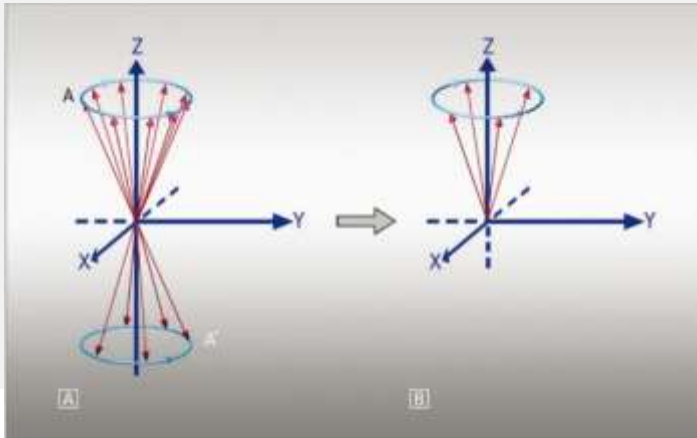
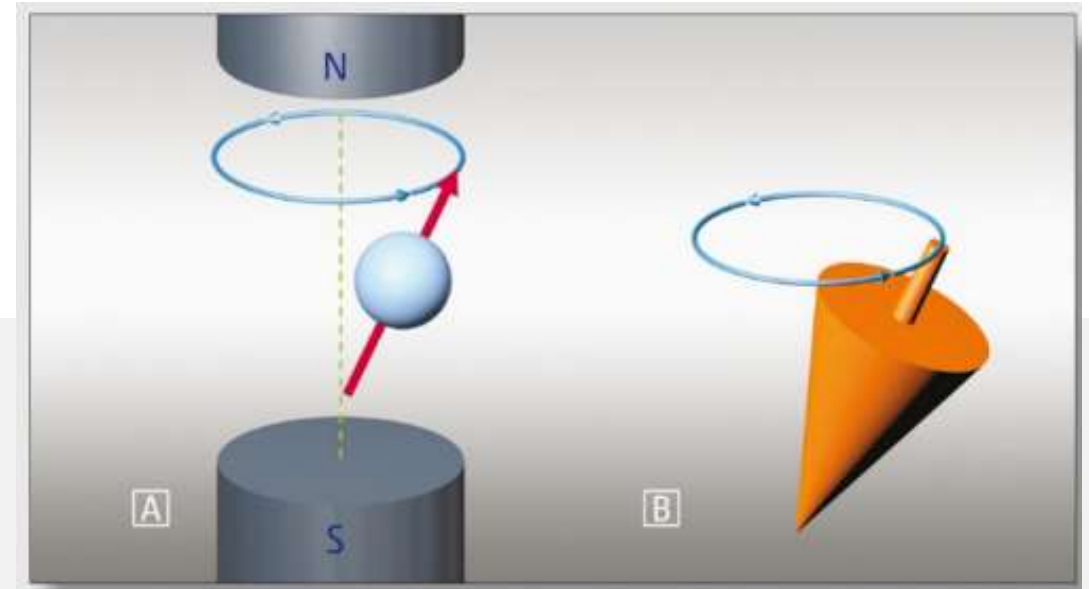


- Los protones se encuentran girando alrededor de un eje magnético (spin)
- Al someterlos a un campo magnético externo los protones se alinean, en sentido paralelo (Menos energía) o antiparalelo (más energía)



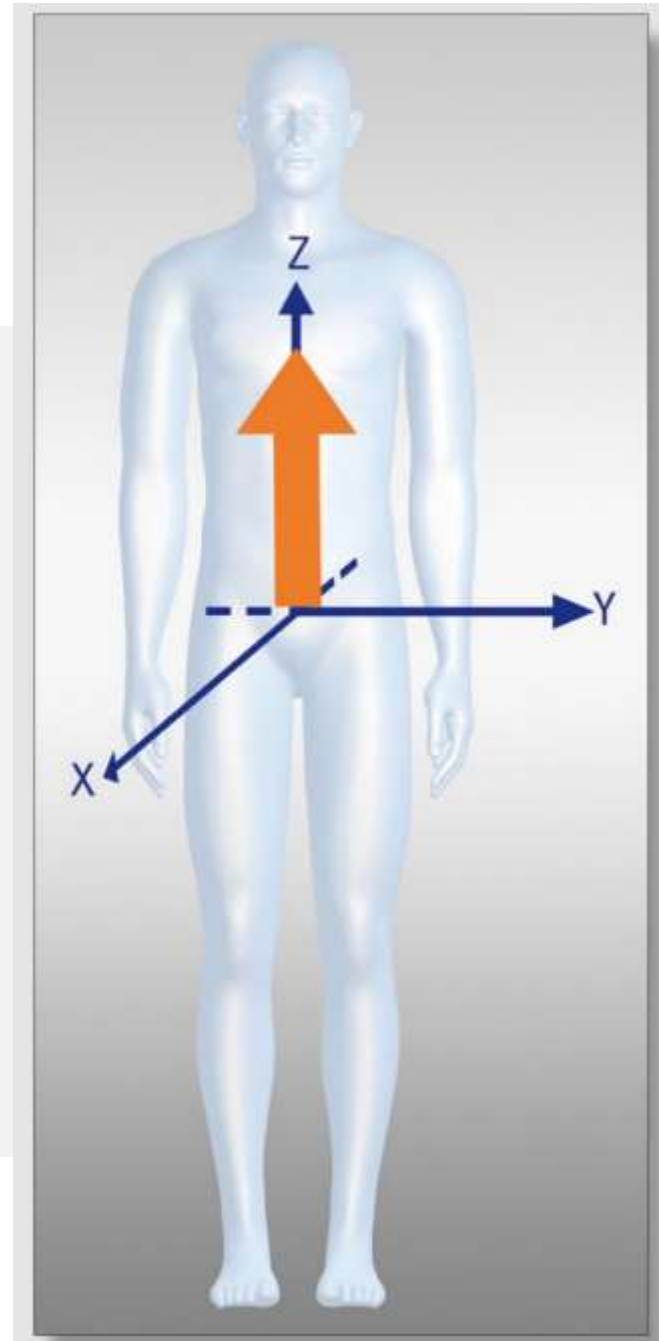
Generalidades

- Además de la dirección paralela y antiparalela los protones se mueven alrededor del campo magnético de forma bamboleante o movimiento de precesión
- Las fuerzas magnéticas en direcciones opuestas se cancelan
- El resultado final es la suma de los vectores magnéticos



Generalidades

- Al colocar al paciente dentro de un imán resulta en un nuevo vector magnético en dirección del campo magnético externo
- Esta no se puede medir porque está en la misma dirección magnética que el campo.



Generalidades

- Se aplican ondas de **radiofrecuencia (RF)** que transmite energía a los protones.
- El pulso de radiofrecuencia tiene dos efectos
- Hace que algunos protones pasen a estados de mayor energía (Antiparalelo)
- Y que otros protones precesen acompasados

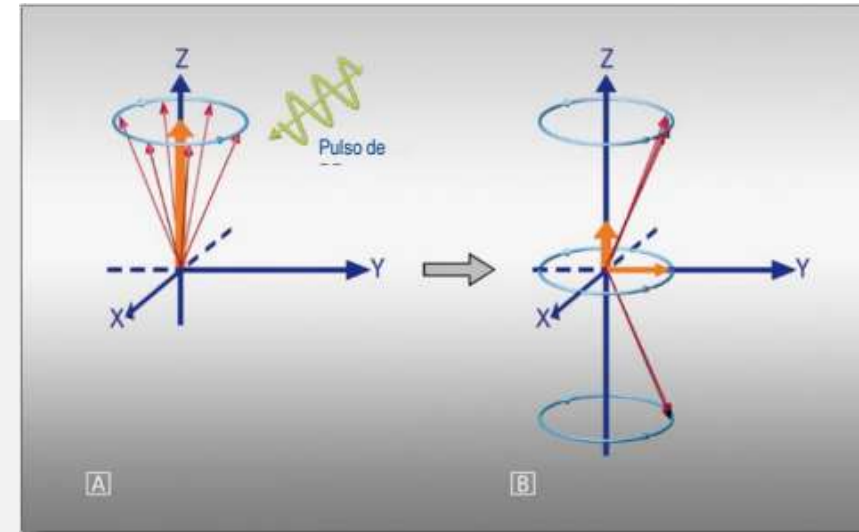


Fig. 12: El dibujo de las ondas de radio se asemeja a un látigo y las ondas de radio en la IRM tienen también una acción de látigo.

Generalidades

- Se aplican ondas de **radiofrecuencia (RF)** que transmite energía a los protones.
- El pulso de radiofrecuencia tiene dos efectos
- Hace que algunos protones pasen a estados de mayor energía (Antiparalelo)
- Y que otros protones precesen acompasados
- Aparece un nuevo vector de magnetización transversal en la dirección en que precesan los protones
- Posteriormente la magnetización transversal desaparece
- **Relajación transversal**
- La magnetización longitudinal vuelve a su tamaño original
- **Relajación longitudinal**

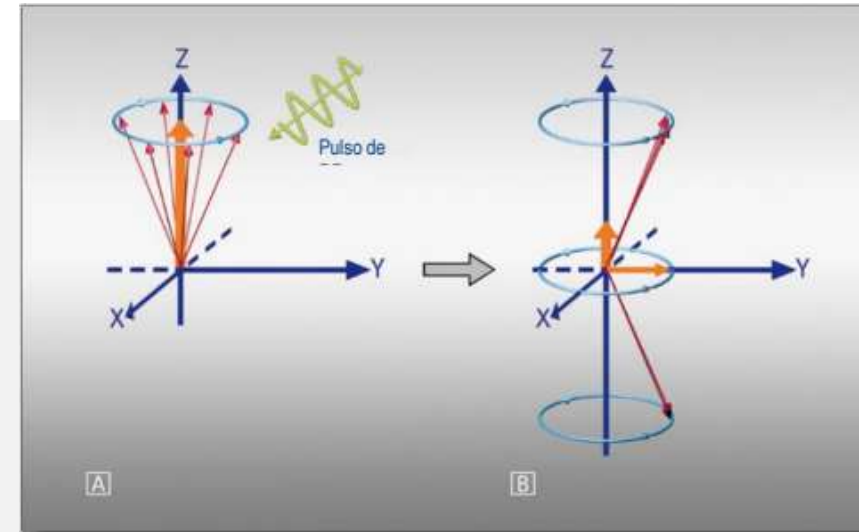
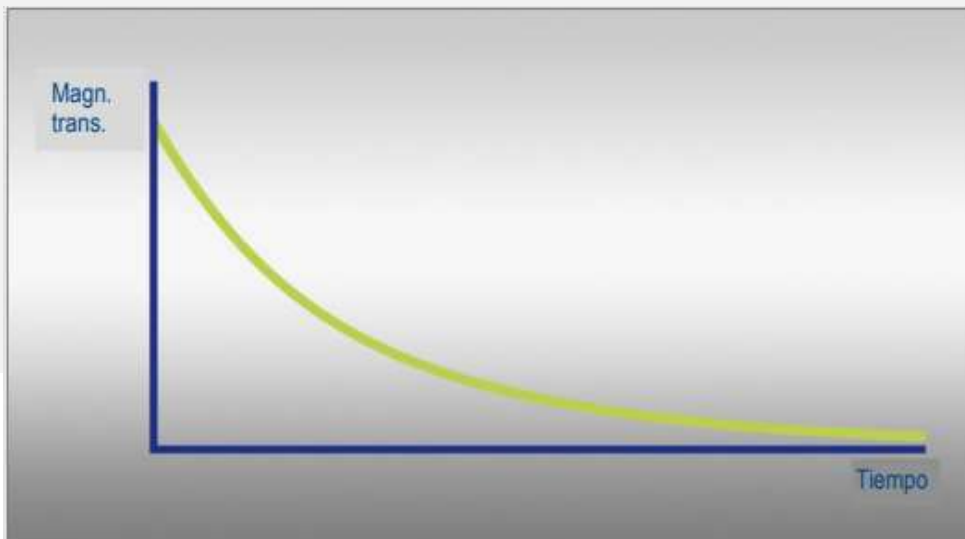


Fig. 12: El dibujo de las ondas de radio se asemeja a un látigo y las ondas de radio en la IRM tienen también una acción de látigo.

Generalidades



- Si llevamos la magnetización longitudinal a una gráfica en función del tiempo obtenemos la curva de T1

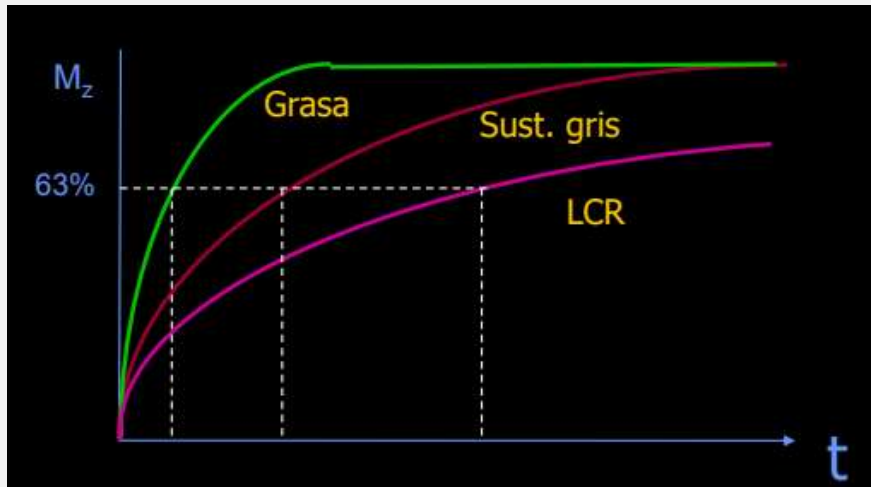


- La pérdida de la precesión de los protones luego de interrumpida la radiofrecuencia es la relajación transversal, que en función del tiempo entrega la curva T2

Generalidades



- Representación de curvas de T1 de distintos tejidos



Contraste T1

Grasa
Méd ósea
Sust .Blanca
Sust.Gris
Músc
Líq.Corporales
Hueso
Aire

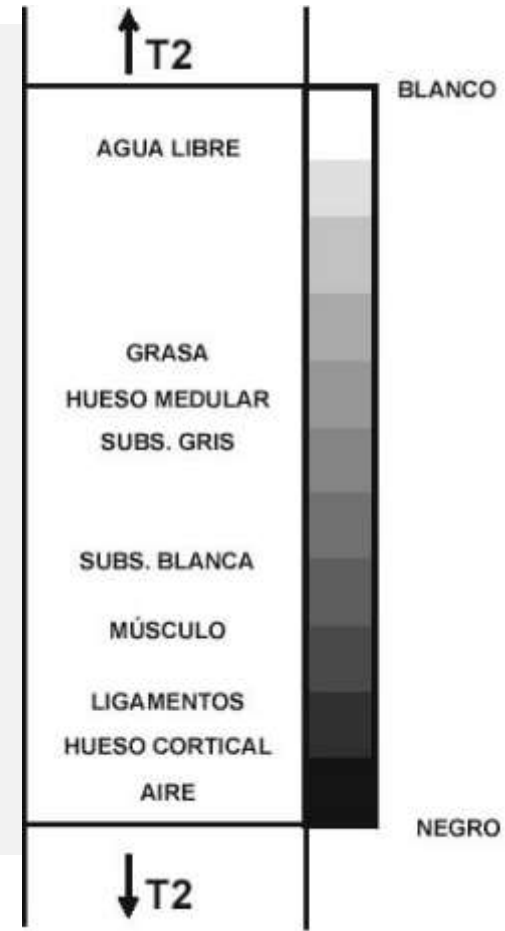
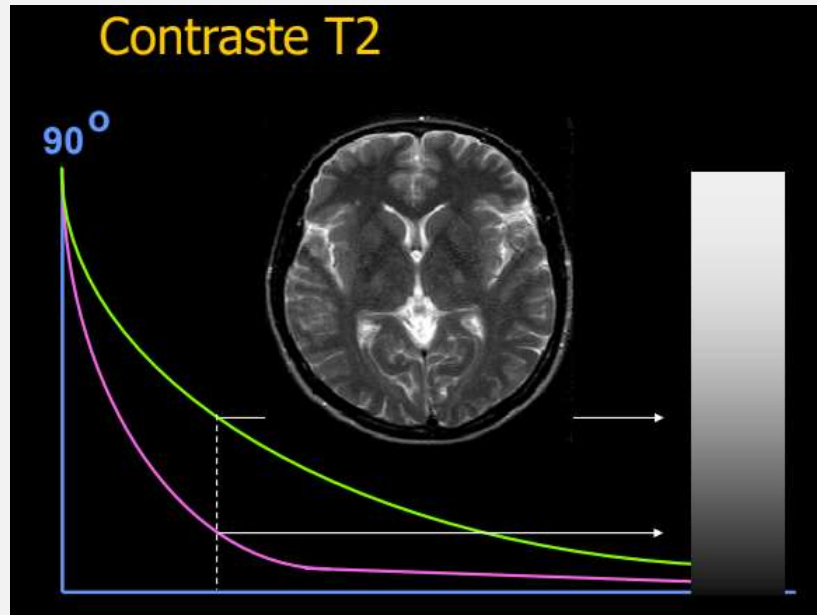
Hiperintenso Contraste e.v

↑
gris
↓

Hipointenso

Generalidades

- Curvas de contraste en T2



Seguridad



- No se han demostrado efectos secundarios ni secuelas cuando no se administra medio de contraste
- No existe evidencia de daño acústico al feto, especialmente con las nuevas tecnologías de reducción de ruido

Desafíos



- 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

Jarvis, D.A. and Griffiths, P.D. (2019), Current state of MRI of the fetal brain in utero. *J. Magn. Reson. Imaging*, 49: 632–646. <https://doi.org/10.1002/jmri.26316>

Imágenes ponderadas en T2



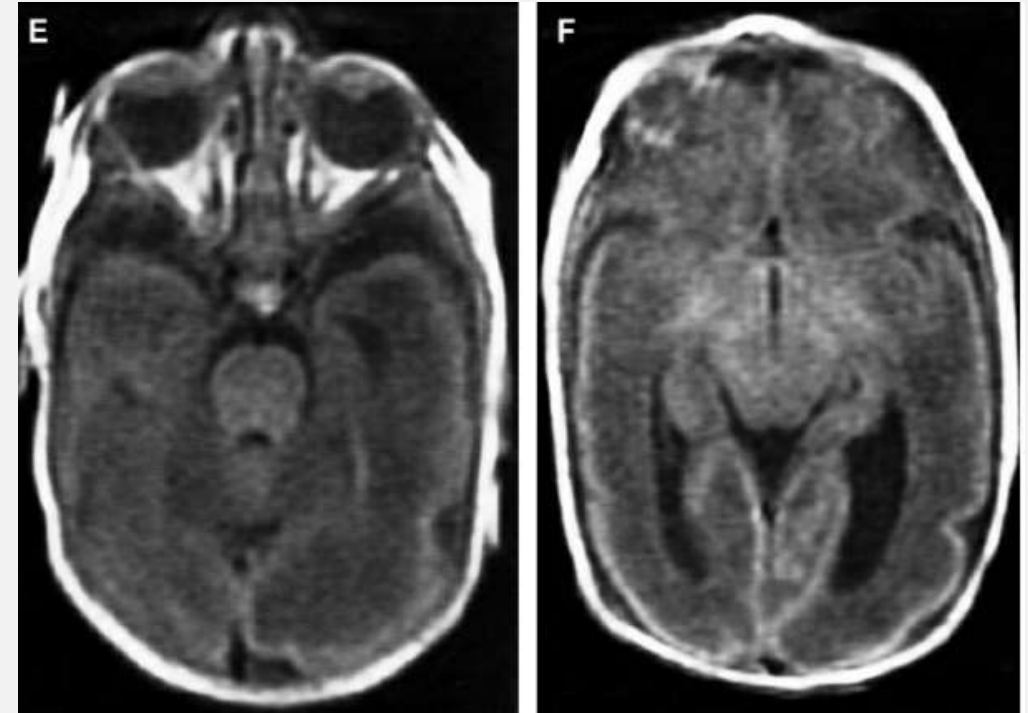
- Las imágenes en T2W son el contraste mas informativo cuando se obtienen imágenes del feto, ya que permiten la visualización de las características cambiantes del cerebro fetal en cualquier etapa del desarrollo.
- Las secuencias T2W de eco espín rápido se pueden realizar en fetos que no se mueven mucho y proporcionan la definición más 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) 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 T1

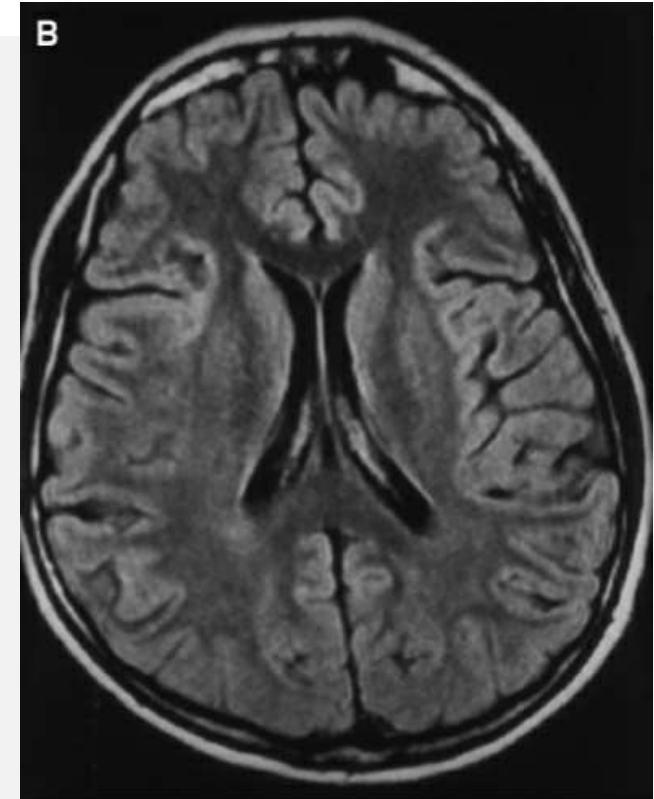


- El alto contenido de agua en todas las partes del cerebro en desarrollo proporciona poco contraste T1 entre el parénquima cerebral y el LCR y las capas transitorias dentro de la corteza.
- Las imágenes T1W son posibles utilizando secuencias de eco gradientes ultrarrápidas, pero debido a los tiempos de adquisición prolongados, son más propensas a artefactos de movimientos que ssFSE.
- Debido a esto, las imágenes en T1W 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 T2W

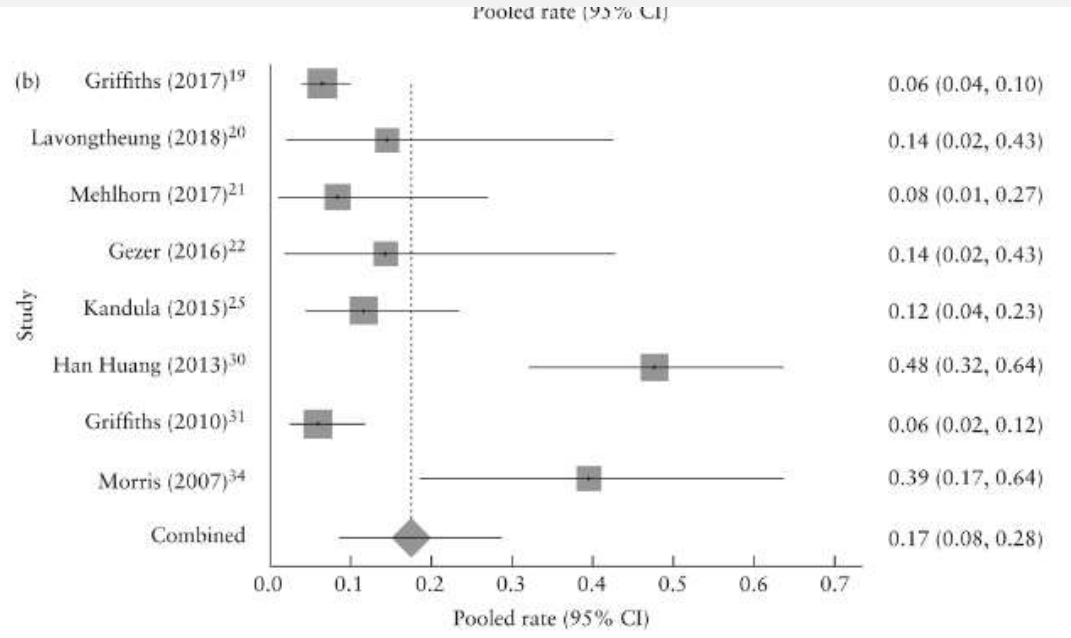


Secuencias FLAIR (Fast Fluid Attenuated Inversion Recovery)

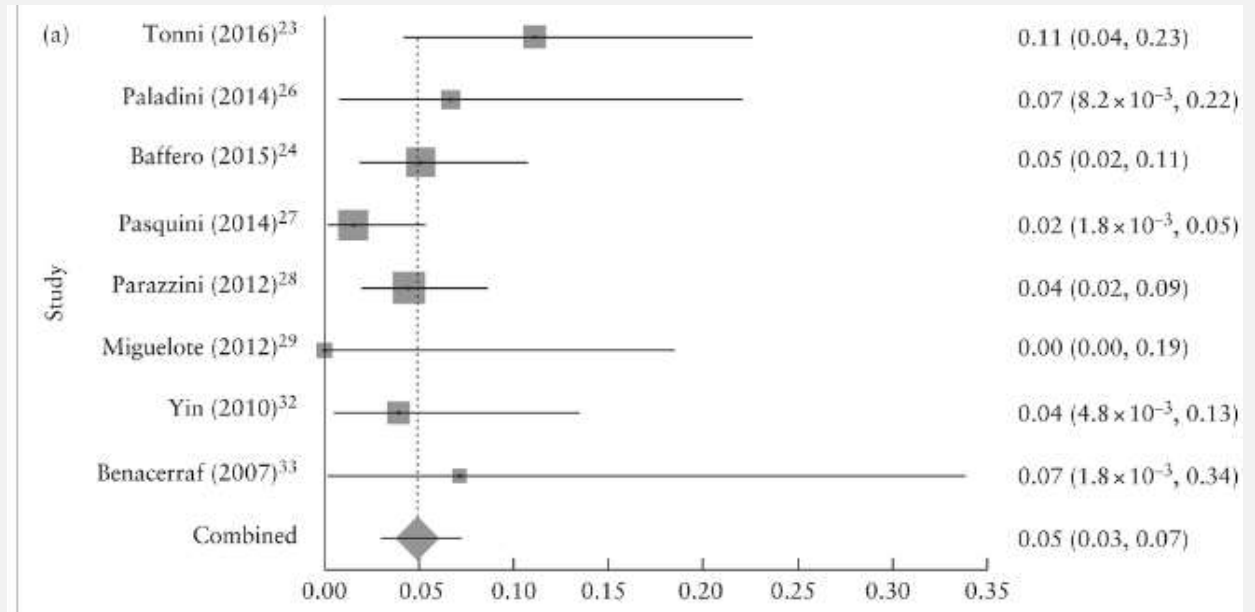
- Las secuencias FLAIR pueden ser útiles para aclarar áreas de cambio de señal y, a veces, proporcionan información T1, pero al igual que las imágenes T1, tienen un tiempo de adquisición prolongado y, por lo tanto, tienden a verse más afectadas por el movimiento



Ultrasonido vs RNM



Evaluación estándar del cerebro



Neurosonografía multiplanar

Di Mascio, D., Sileo, F.G., Khalil, A., Rizzo, G., Persico, N., Brunelli, R., Giacotti, A., Panici, P.B., Acharya, G. and D'Antonio, F. (2019), Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 54: 164-171

Ultrasonido vs RNM



Table 3 Pooled proportions of rate of additional central nervous system (CNS) anomalies detected on magnetic resonance imaging in fetuses with prenatal diagnosis of isolated mild or moderate ventriculomegaly on ultrasound, according to ultrasound assessment

CNS anomaly	All cases				Multiplanar neurosonography				Standard brain assessment			
	Studies (n)	Fetuses (n/N)	Pooled proportion (%)	I ² (%)	Studies (n)	Fetuses (n /N)	Pooled proportion (%)	I ² (%)	Studies (n)	Fetuses (n/N)	Pooled proportion (%)	I ² (%)
Callosal	16	15/1159	1.42 (0.7–2.4)	26.0	8	2/596	0.67 (0.2–1.5)	0	8	13/563	2.92 (1.1–5.7)	46.3
Septal	16	2/1159	0.45 (0.1–0.9)	0	8	0/596	0 (0–0.9)	0	8	2/563	0.66 (0.2–1.5)	0
Posterior fossa	16	5/1159	0.56 (0.2–1.1)	5.8	8	2/596	0.44 (0.1–1.1)	0.8	8	3/563	0.85 (0.2–2.1)	19.7
Hemorrhage	16	14/1159	1.43 (0.6–2.5)	35.4	8	5/596	1.07 (0.3–2.4)	32.1	8	9/563	1.97 (0.6–4.1)	39.2
Cortical	16	15/1159	1.55 (0.9–2.3)	0	8	8/596	1.56 (0.7–2.7)	0	8	7/563	1.53 (0.7–2.7)	0
Periventricular heterotopia	16	0/1159	0 (0–0.7)	0	8	0/596	0 (0–0.9)	0	8	0/563	0 (0–0.9)	0
White matter	16	15/1159	1.39 (0.6–2.5)	32.8	8	8/596	1.57 (0.7–2.7)	0	8	7/563	1.75 (0.3–4.4)	57.9
Periventricular cyst	16	2/1159	0.41 (0.1–0.9)	0	8	1/596	0.45 (0.01–1.1)	0	8	1/563	0.36 (0.03–1.0)	0
Complex	16	8/1159	0.85 (0.4–1.5)	0	8	1/596	0.44 (0.01–1.1)	0	8	7/563	1.55 (0.7–2.7)	0
Other	16	16/1159	1.68 (0.5–3.5)	67.9	8	1/596	0.38 (0.001–1.0)	0	8	15/563	4.03 (0.7–9.9)	82.8

Data in parentheses are 95% CI.

Di Mascio, D., Sileo, F.G., Khalil, A., Rizzo, G., Persico, N., Brunelli, R., Giacotti, A., Panici, P.B., Acharya, G. and D'Antonio, F. (2019), Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 54: 164-171

Ultrasonido vs RNM

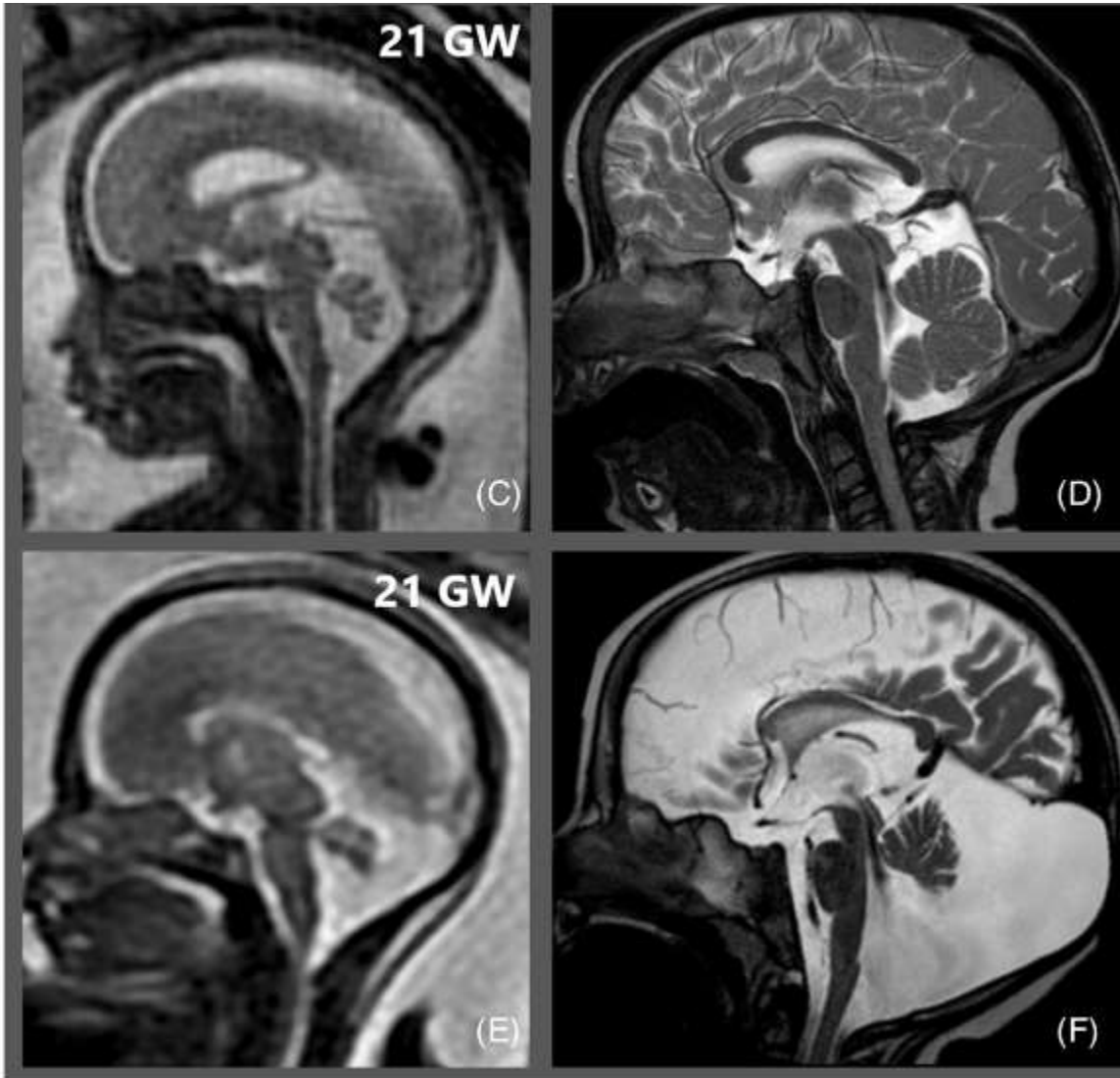


TABLE 2 .Meta-analysis of the diagnostic accuracy of US and IUMRI

Authors	US					IUMRI					US and IUMRI agreement rate	Added value of IUMRI	Added value of US
	sen	spe	acc	PPV	NPV	Sen	Spe	Acc	PPV	NPV			
Gonçalves	72.2%	100%	N/A	N/A	N/A	88.9%	97.7%	N/A	N/A	N/A	N/A	22.2%	N/A
Griffiths	99.7	52	N/A	68.1	99.5	99.7	58	N/A	92.4	98.2	N/A	0.4%	0.9%
Raafat	56.7	95.3	77.5	N/A	N/A	97.3	100	98.7	N/A	N/A	56.76%	43.2%	8.1%
Hart	N/A	N/A	67	64	81	N/A	N/A	92	69	80	N/A	N/A	N/A
Griffiths 2017	N/A	N/A	68%	N/A	N/A	N/A	N/A	93%	N/A	N/A	74%	25%	1%

- 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%

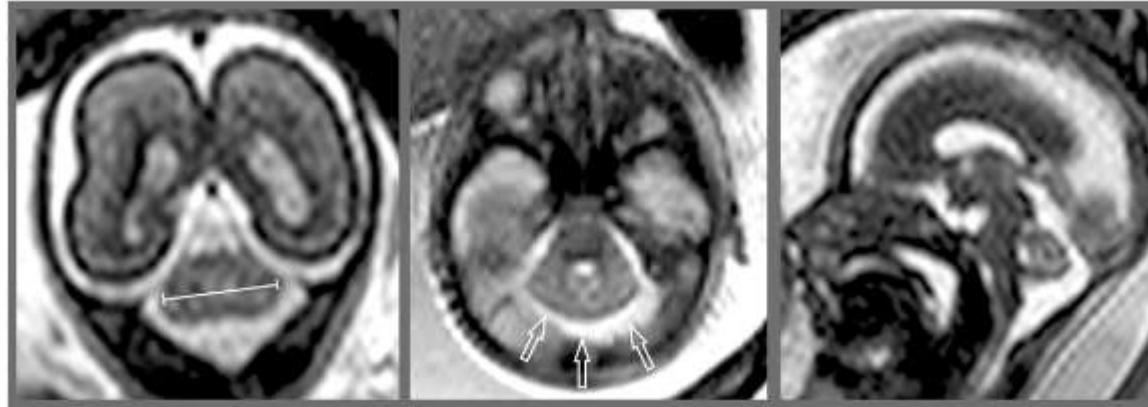
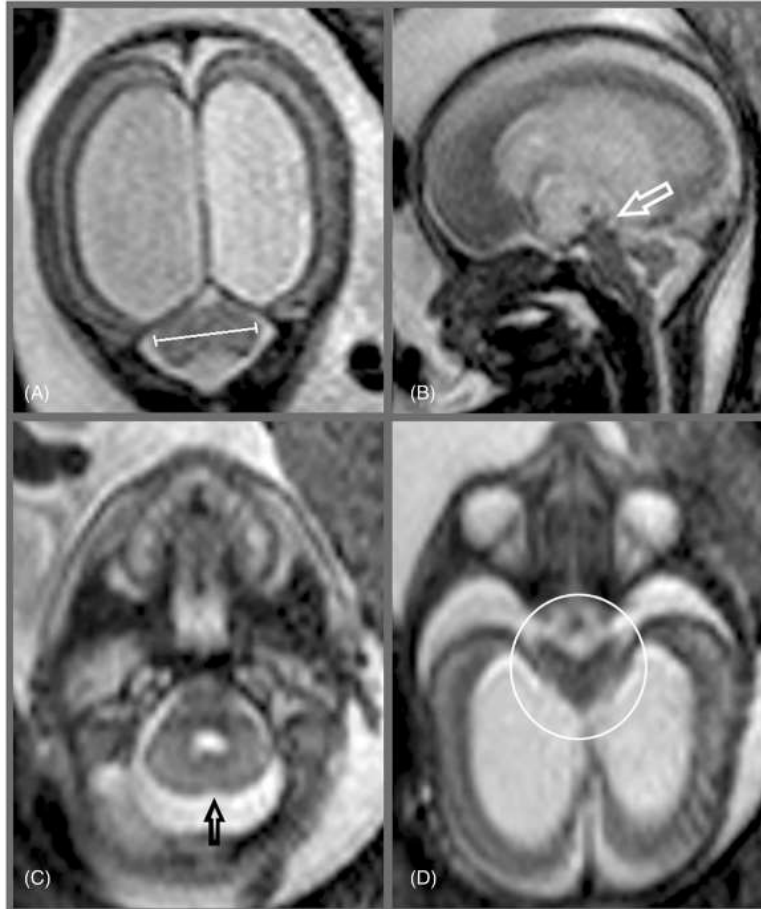
Imágenes patológicas



Quiste de Blake

Malformación de Dandy-Walker

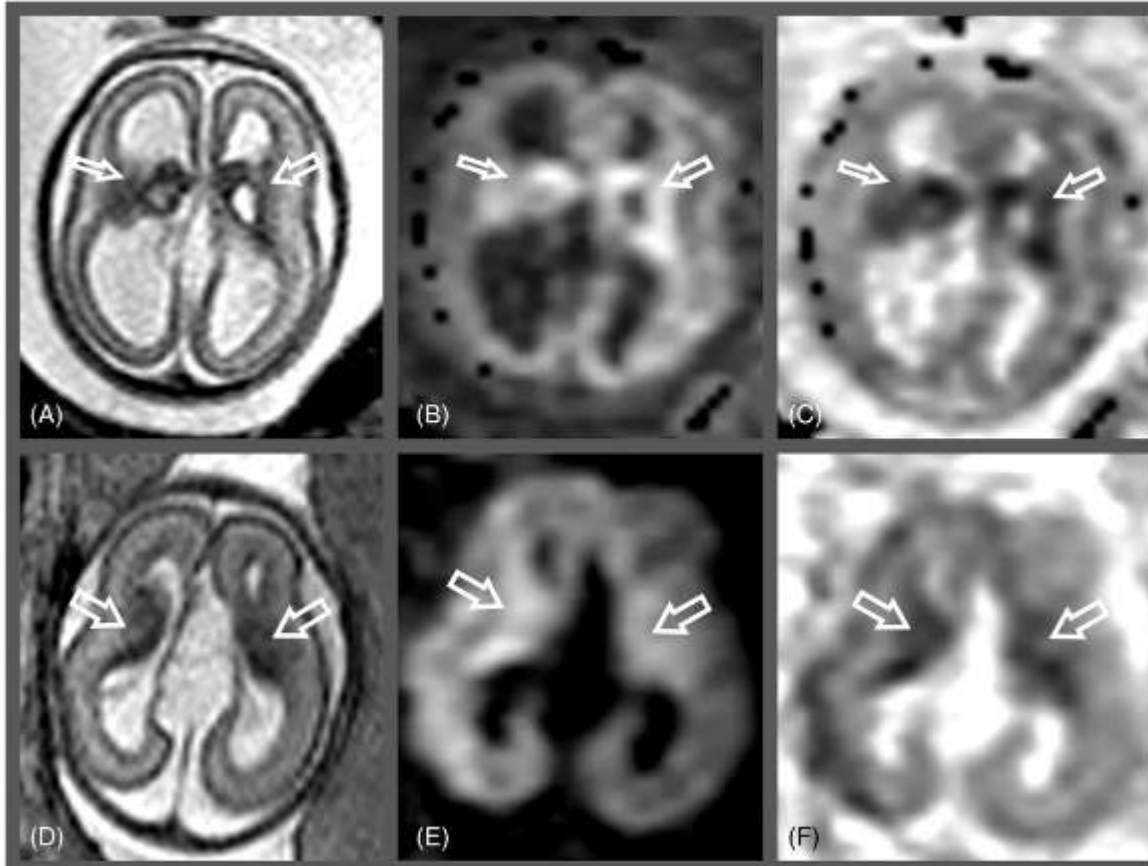
Imágenes patológicas



Rombencefalosinapsis 22semanas

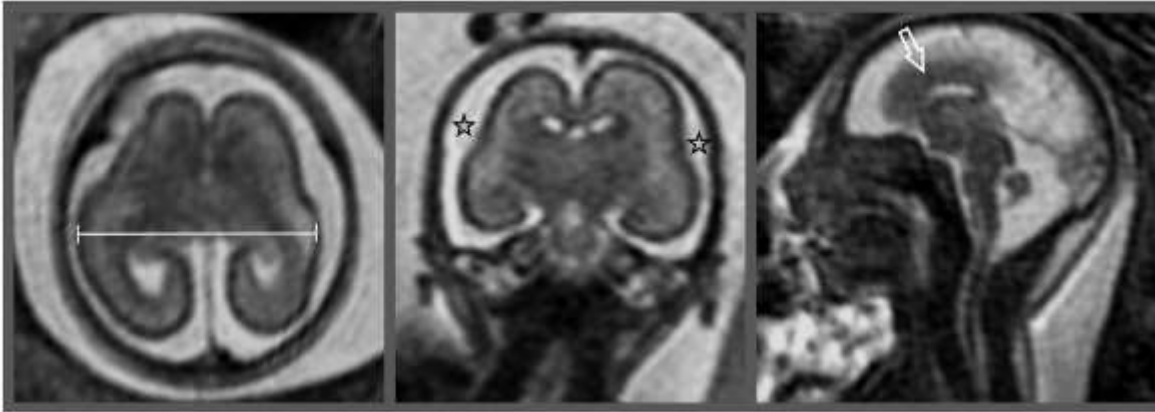
- Rombencefalosinapsis 21s.
- A) Diámetro TC disminuido sin
 - B) Estenosis acueductal
 - C) Cerebelo con un solo hemisferio
 - D) Mesencefalosinapsis

Imágenes patológicas

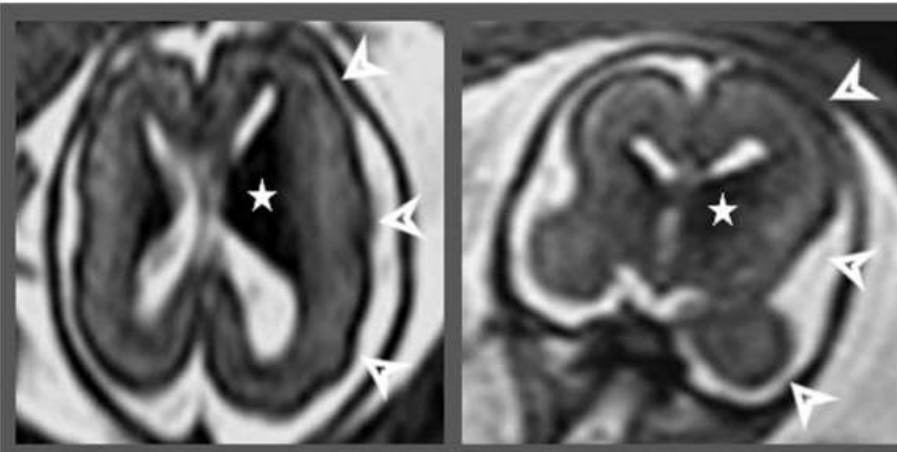


Anomalías de la eminencia ganglionar
A-C Feto 21 semanas con cavitaciones en eminencia ganglionar
D-F Feto 21 semanas con agenesia de CC y quiste interhemisférico

Imágenes patológicas

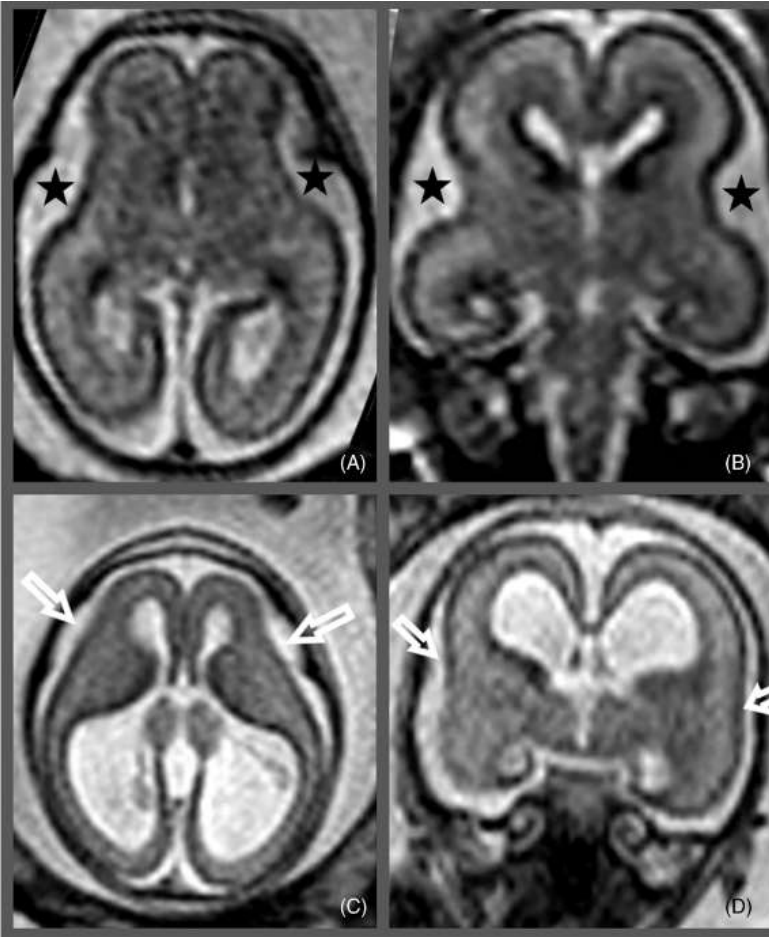


Microcefalia en Feto de 21
semanas



Hemimegalencefalia 21s

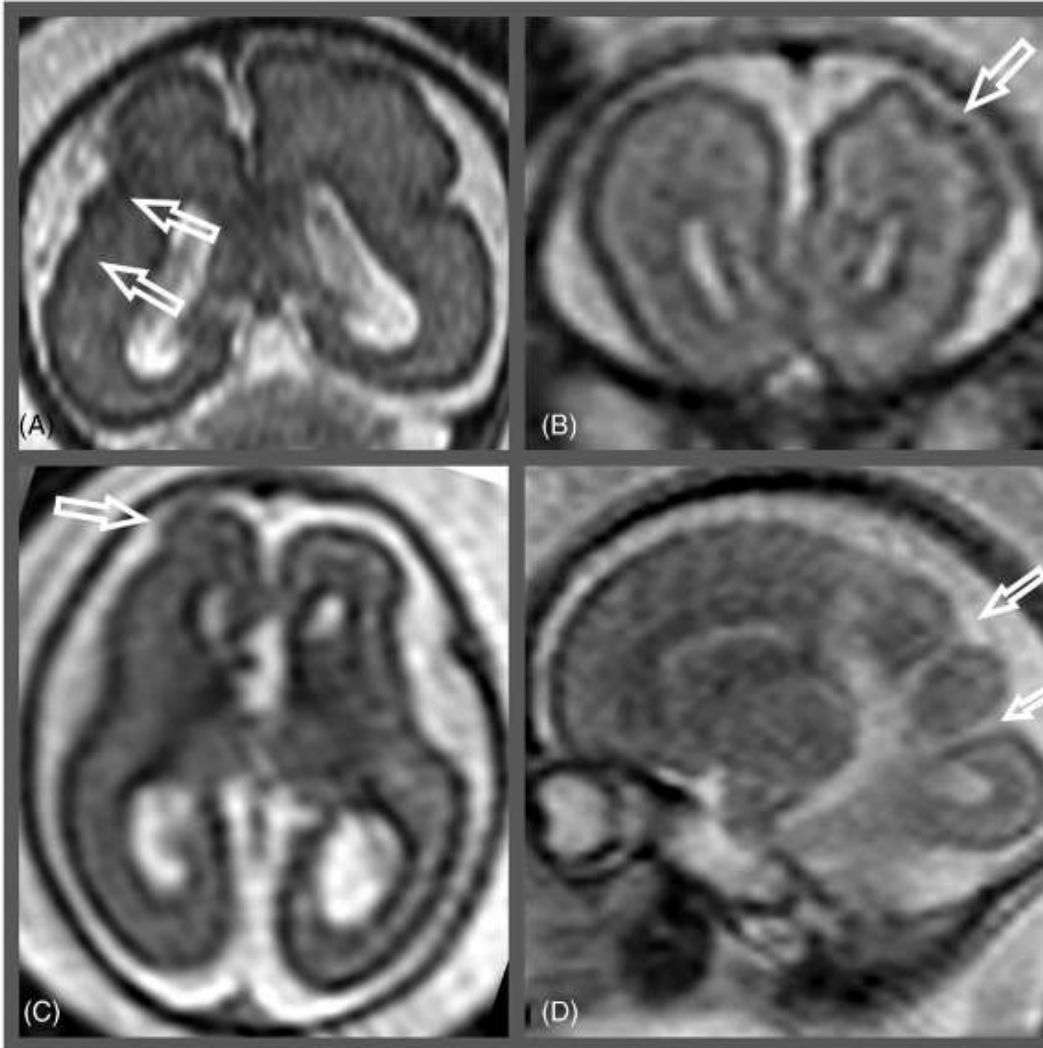
Imágenes patológicas



Comparación de desarrollo normal (A-B) en feto de 21 semanas

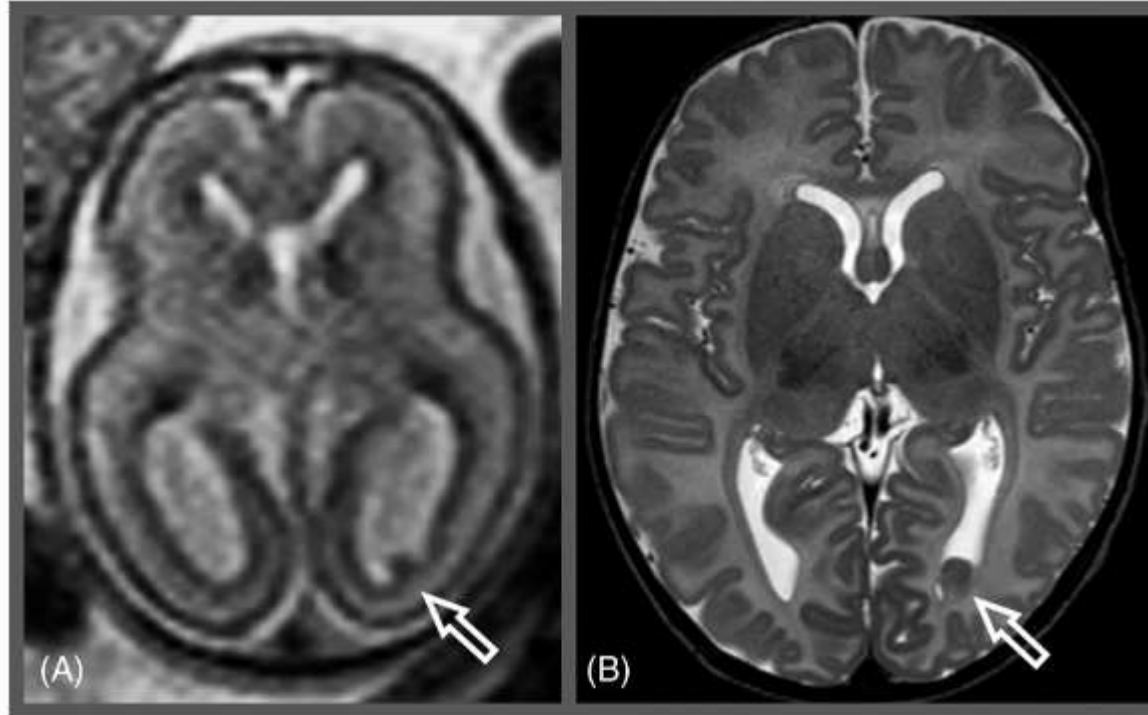
C-D Feto de 21 semanas con agenesia de CC. Destaca ausencia de surco primario

Imágenes patológicas



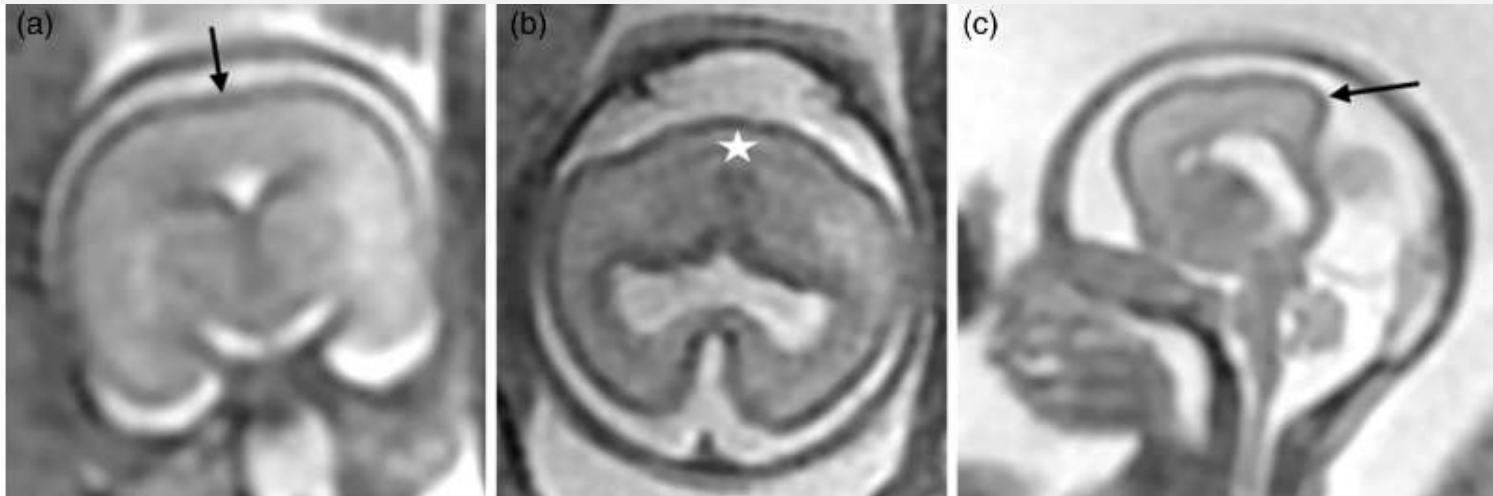
Polimicrogiria con signo de sierra

Imágenes patológicas



Heterotopia de sustancia gris 21
semanas

Imágenes patológicas



Holoprosencefalia semilobar 21 semanas



Conclusiones

- El uso de la resonancia magnética del cerebro fetal se ha desarrollado y mejorado su resolución
- Esto gracias a métodos de adquisición de imágenes ultrarápidos
- Existe evidencia que mejora el rendimiento diagnóstico en neurpatología fetal
- Esta mejora en el rendimiento no es tan evidente cuando se compara con neurosonografía fetal multiplanar

CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente
Facultad de Medicina, Universidad de Chile



NOCIONES DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR FETAL

Dr. Jorge Mocarquer Tapia

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal
Facultad de Medicina, Universidad de Chile
Julio 2024