

ARTEFACTOS EN RESONANCIA MAGNÉTICA.

Reconocerlos lo antes posible para eliminarlos

**M.M García Gallardo ,Antonio Adarve Castro, R. Moncayo
Lagares, Adrián Marín Rodríguez**

^{1,2,3,4}Hospital Universitario Virgen de la Victoria, Málaga

OBJETIVO DOCENTE

Enumerar los diferentes artefactos que se pueden identificar en la resonancia magnética así como aportar posibles soluciones durante la realización del estudio para mejorar la sensibilidad diagnóstica de esta técnica.

REVISIÓN DEL TEMA :

El artefacto se define como aquella imagen del estudio que no se corresponde con la realidad, la cual disminuye la calidad de la imagen y puede interferir en el diagnóstico simulando patología, ocultando verdaderas lesiones y en algunos casos ayudando al diagnóstico.

Reconocer las características generales del artefacto:

- tipo de **secuencia**
- la dirección de **fase y frecuencia**
- señal de **grasa o líquido**
- Presencia de anatomía fuera del **campo de imagen**.
- Presencia de **cuerpos extraños** metálicos.

1) CLASIFICACIÓN

Equipo

- Art. en cremallera (Zipper artifact/RF interference)
- Art. en espigas/púas (Spike noise/ Herringbone/Popcorn)
- Art. bandas de muaré (Moiré fringes/Zebra stripes)
- Art. de inhomogeneidad (RF overflow artifact)
- Art. de sombreado (Shading artifact)
- Art. de solapamiento (Aliasing/Fold over/ wrap)
- Art. de cielo estrellado (Starry sky artifact)
- Art. de desbordamiento de RF (RF overflow artifact/ clipping)
- Art. de cruce de sectores (Cross-talk/Slice overlap)
- Art. de truncamiento (Gibbs artifact)
- Art. de excitación cruzada (Cross excitation)

Heterogenicidad de tejidos

- Art. por efecto dieléctrico (Dielectric artifact)
- Art. de desplazamiento químico (Chemical Shift artifact)
- Art. de contorno negro-tinta china (Black boundary artifact)
- Art. de susceptibilidad magnética (Magnetic susceptibility artifact)
- Art. de floración (Blooming artifact)

Paciente

- Art. de movimiento codificada de fase (Ghosting artifact/ Blurring)
- Art. de flujo (Flow artifact)

1. ARTEFACTOS DEPENDIENTES DEL EQUIPO : HARDWARE Y SOFTWARE DE RM

ARTEFACTO DE CREMALLERA (Zipper artifact/RF interference)

Una o más bandas de señal anormal en blanco y negro que se extienden a lo largo de la imagen. Si la señal es de una sola frecuencia, entonces solo se producirá una banda. Si hay múltiples frecuencias, entonces habrá múltiples bandas.



Cortesía de ::Alan Nazerian, Radiopaedia.org, rID: 45665

Ocurren cuando las RF entran en la sala de RM desde equipos electrónicos (por ejemplo, dispositivos móviles) y son captados por la cadena receptora.

Pueden estar relacionados con problemas de hardware o software, ya sea del propio equipo o del blindaje.

La dirección en la que se ve el artefacto depende de la dirección en la que se codifica la frecuencia y aparecerá perpendicular con la dirección de codificación de la frecuencia.

Soluciones :

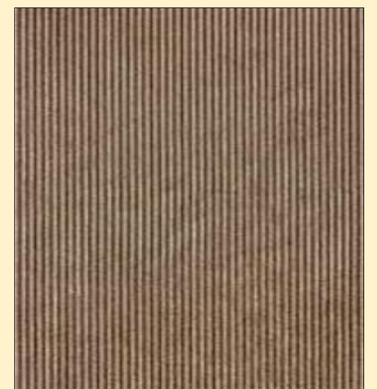
- Cerrar la puerta de la sala de RM , retirar y apagar dispositivos electrónicos cercanos durante la toma de imágenes.
- Correcto blindaje de radiofrecuencias de la sala (vigilar los puntos de entrada de cables a la sala)
- Aumentar la señal de la RM para que la S/R aumente mejore la calidad de la imagen final.

ARTEFACTO EN ESPIGA/PÚAS (Spike noise /Herringbone/Popcorn)



Relacionado con **uno o pocos puntos de datos aberrantes en el espacio k**.

Las **rayas espaciadas regularmente cubren toda la imagen en uno o varios cortes y habitualmente son oblicuas**. Se asemejan a la apariencia de una tela (pana), por lo que también es conocido como artefacto de pana.



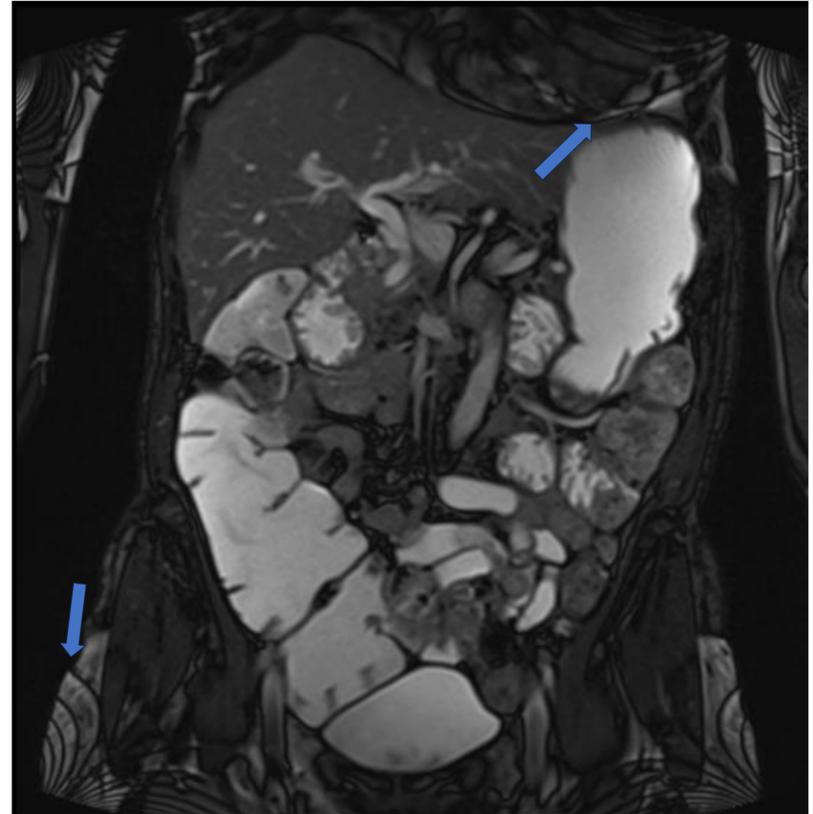
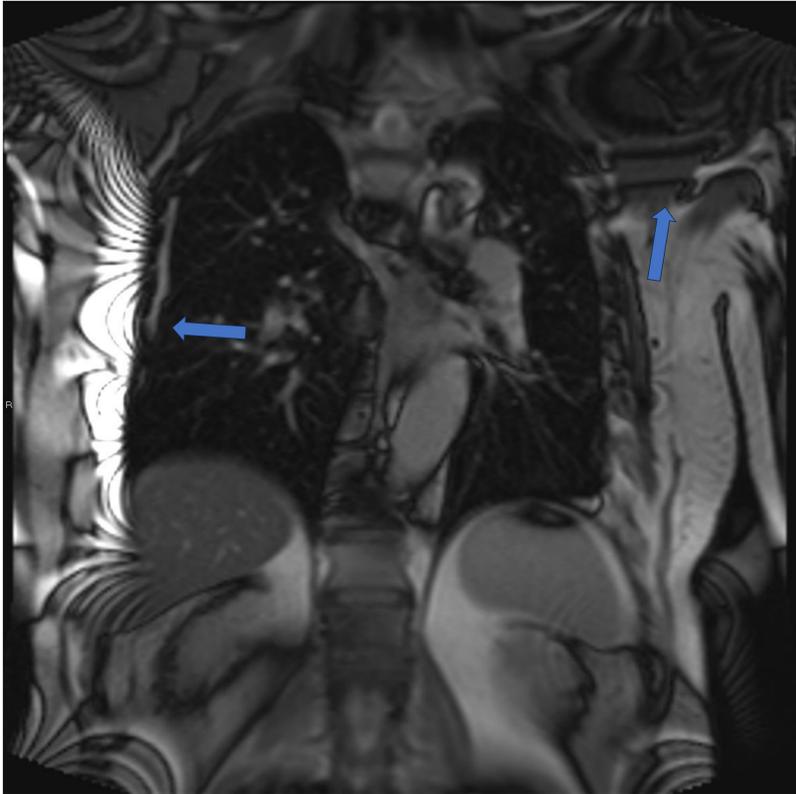
Causas:

- Picos electromagnéticos por bobinas de gradiente
- Fuente de alimentación fluctuante
- Discrepancias del pulso de RF

Soluciones:

- Revisar correcta conexión de la bobina y el estado de la jaula de Faraday.
- Verificar condiciones ambientales tanto la humedad (40-70%) como la iluminación (evitar filamentos dañados).
- Si los problemas persisten comunicarlo al representante de servicio del fabricante.

ARTEFACTO BANDAS DE MUARÉ (Moiré fringes/zebra stripes)



Bandas alternas brillantes y oscuras en una imagen de resonancia magnética.

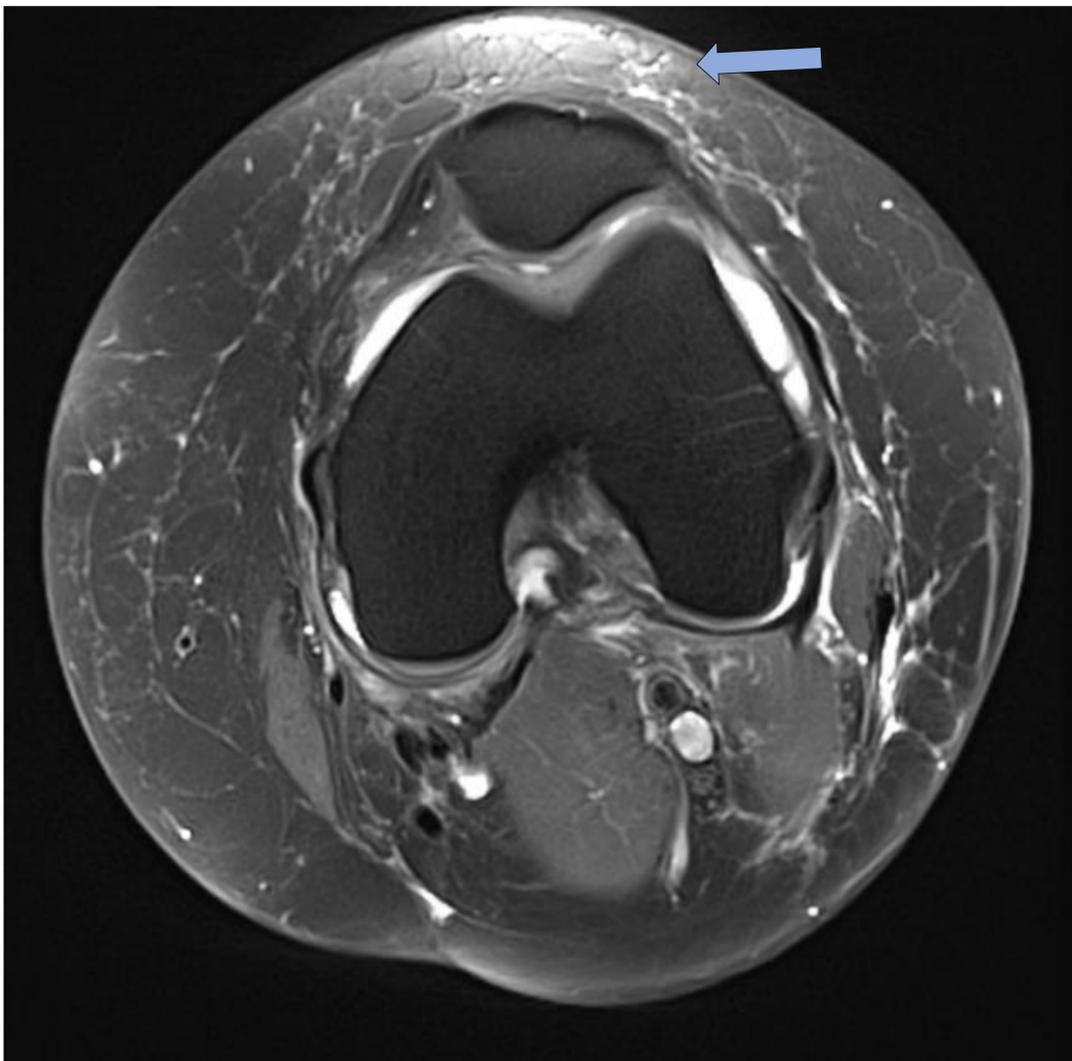
Debido a la falta de homogeneidad del campo magnético principal de un lado del cuerpo al otro, el **solapamiento de un lado del cuerpo al otro** da como resultado la **superposición de señales de diferentes fases que alternativamente se suman y anulan.**

Patrón de interferencia que se observa con mayor frecuencia cuando se adquieren imágenes de eco de gradiente utilizando la bobina corporal.



Soluciones: Activar la opción "shimming" antes de cada secuencia de pulsos. Con ello se consigue homogeneizar el campo magnético del Imán del aparato y mejorar las condiciones para que no aparezcan este tipo de artefactos. Disminuir el FOV.

ARTEFACTO DE INHOMOGENEIDAD (RF overflow artifact)



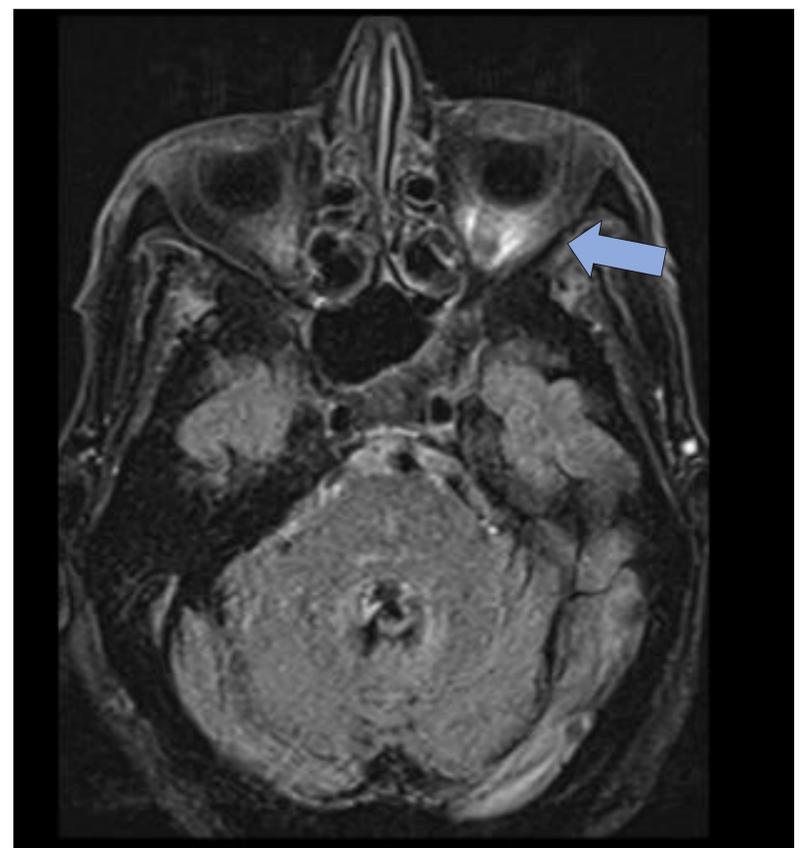
Señal hiperintensa o alta en algunas secuencias con supresión de grasa a que dependen del campo principal (es decir, SPIR o SPAIR).

Ocurre debido a múltiples factores, como área anatómica irregular (por ejemplo, hombro, cadera, tobillos), presencia de objetos metálicos o falta de homogeneidad del campo principal.

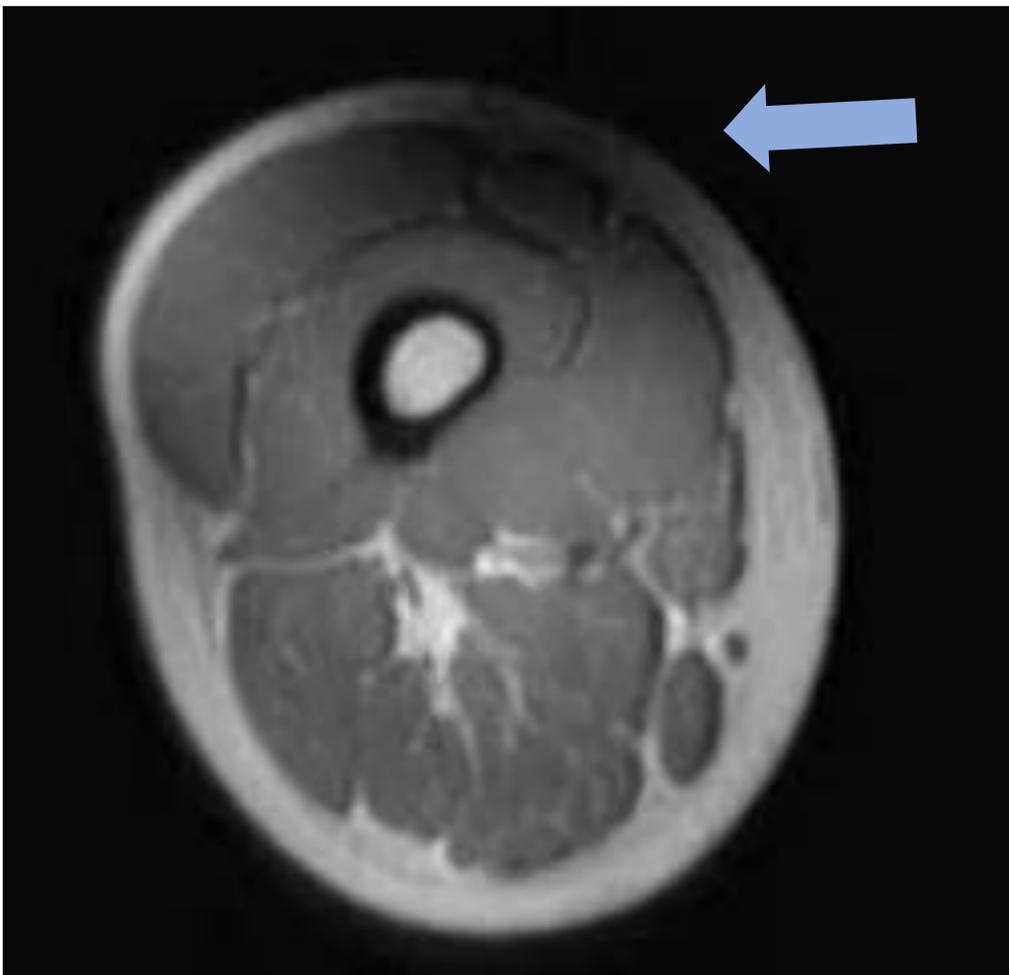
El principal problema de este artefacto es que puede simular edema o celulitis subcutánea.

Solución:

- Usar bobinas de compensación en la planificación del examen (en el centro de la adquisición del FOV con el menor FOV posible)
- Retirar elementos susceptibles a susceptibilidad magnética.
- Usar secuencias STIR y DIXON en lugar de técnicas de saturación de grasa que pueden tener una mayor sensibilidad a la falta de homogeneidad
- Usar volume Shim.



ARTEFACTO DE SOMBREADO (Shading artifact)



Pérdida de intensidad de la señal en una parte de la imagen, lo que genera un sombreado oscuro en esta localización.

Ocurre en el eje de codificación de frecuencia y fase.

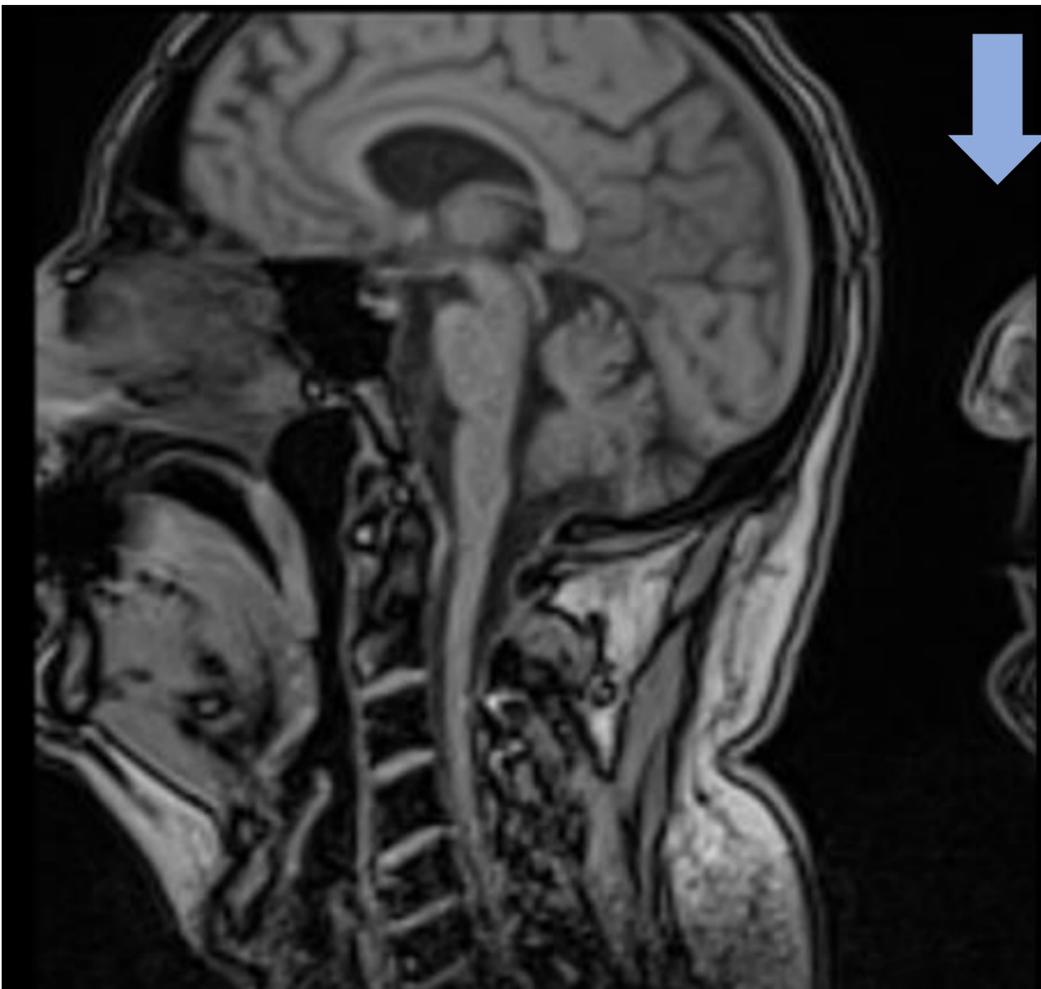
Causas:

- Excitación desigual de núcleos dentro del campo; debido a pulsos de RF aplicados en ángulos de giro distintos de 90 y 180 grados
- Carga anormal de la bobina o acoplamiento de la bobina en un punto (como ocurre con un paciente grande que toca un lado de la bobina)
- Falta de homogeneidad en el campo magnético
- Desbordamiento del convertidor analógico a digital

Solución:

- Colocar la bobina correctamente
- Utilizar la bobina del tamaño adecuado para el tamaño del paciente y la parte examinada.
- Evite que el paciente toque la bobina (puede utilizar almohadillas de espuma entre el paciente y la bobina)
- Usar volume shim para reducir la falta de homogeneidad del campo magnético
- Usar los parámetros de escaneo adecuados para establecer la amplitud adecuada de los pulsos de RF aplicados (menos amplificación para evitar el sobreflujo del convertidor analógico a digital)

ARTEFACTO SOLAPAMIENTO (Aliasing/Fold over/wrap)



Ocurre cuando el campo de visión (FOV) es más pequeño que la parte del cuerpo que se está examinando.

La parte del cuerpo que se encuentra más allá del borde del FOV se proyecta al otro lado de la imagen .

Puede ocurrir en la codificación de las tres direcciones.

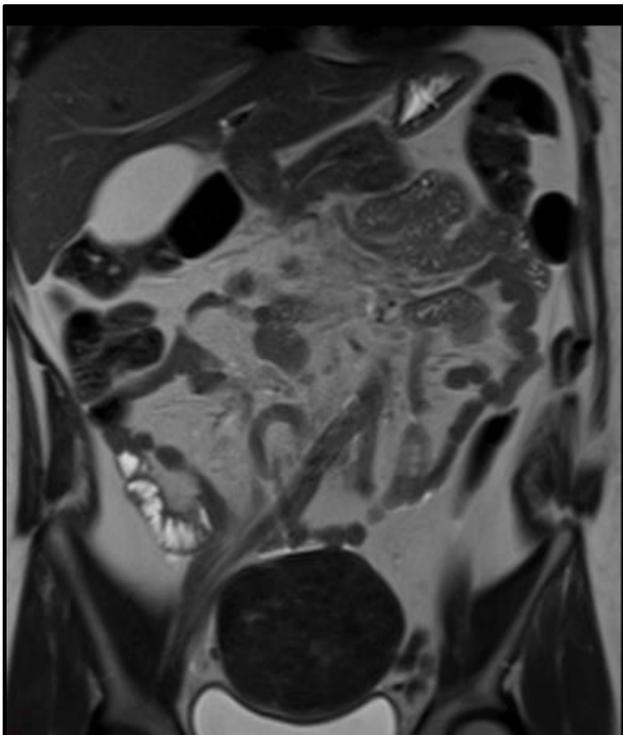
Si se aumentan el FOV y el tamaño de la matriz (pasos de codificación de fase) y simultáneamente se reduce a la mitad el número de excitaciones (o el número de promedios de señal), el tiempo de obtención de imágenes se puede mantener constante con la corrección del aliasing.

Solución:

- Ampliar el campo de visión (FOV)
- Usar bandas de presaturación en áreas fuera del FOV
- Uso de software antialiasing
- Cambiar las direcciones de fase y frecuencia
- Utilizar antenas de superficie para reducir la señal fuera del área de interés.
- Sobremuestreo

ARTEFACTO DEL CIELO ESTRELLADO (Starry sky artifact)

El artefacto de cielo estrellado en imágenes de resonancia magnética paralelas (por ejemplo, SENSE) es relativamente común y generalmente se encuentra como una distribución no uniforme del ruido de la imagen, que generalmente afecta la parte central de la imagen (que está más distante de las bobinas de la superficie) más que los tejidos superficiales.



Solución:

- Aumento del pixel. Si hay que aumentar el FOV, valorando la posible pérdida de resolución.

ARTEFACTO DE DESBORDAMIENTO DE RF (RF overflow artifact/clipping)

Apariencia descolorida y no uniforme en una imagen.

Ocurre cuando la señal recibida por es demasiado intensa para ser digitalizada con precisión por el convertidor de analógico a digital.



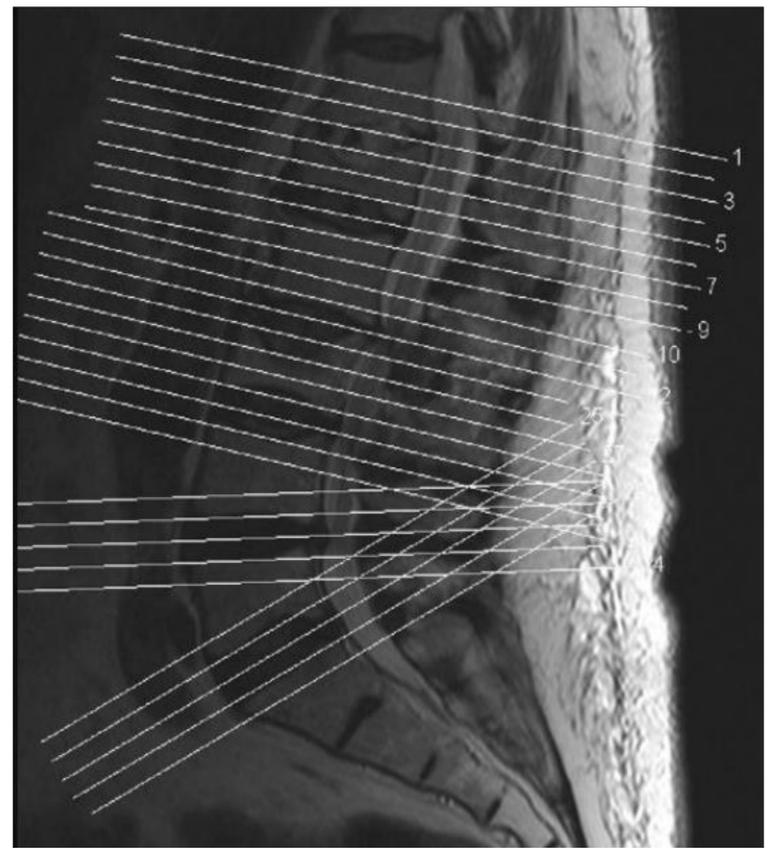
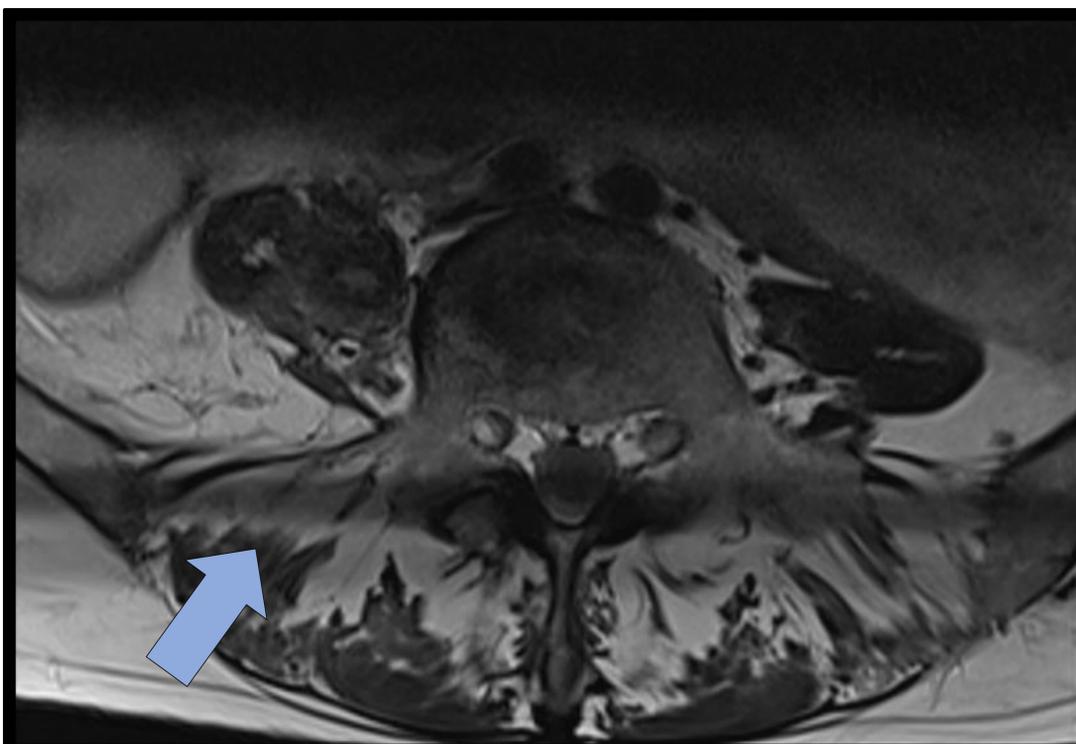
Solución:

- El preescaneo automático generalmente ajusta la ganancia d elreceptor para evitar que esto ocurra, pero si el artefacto aú n ocurre, la ganancia del receptor se puede disminuir manualmente .
- Métodos de posprocesamiento, pero pueden llevar mucho ti empo.

ARTEFACTO DE CRUCE DE SECTORES (Cross-talk/slice overlap)

Banda horizontal de pérdida de señal en el corte debido a un solapamiento en las frecuencias de diferentes cortes.

Puede ser causado por el cruce directo de cortes; en secuencias multicortes donde estos tienen diferentes inclinaciones. Al excitar los spins del primer corte, estos se desfasan, cuando se excitan los del segundo corte, los primeros aun no han podido ponerse en fase por lo que se desfarán aún más.



Solución:

- Situar el área saturada posterior al canal espinal, no causando ninguna degradación significativa de la imagen si no se puede evitar el cruce..
- Estimulación intercalada o selectiva de la excitación de los cortes
- Mantener una distancia (gap) entre corte y corte mínimo de al menos un 50% del espesor de corte

ARTEFACTO TRUNCAMIENTO (GIBBS ARTIFACT)

Serie de líneas en la imagen de resonancia magnética paralelas a cambios abruptos e intensos en el tejido en esta ubicación, como el LCR, la médula espinal y la interfaz cráneo-cerebro.

La imagen de RM se reconstruye a partir del espacio k , que es un muestreo finito de la señal sometida a la transformada inversa de Fourier para obtener la imagen final. En límites de alto contraste, la transformada de Fourier corresponde a un número infinito de frecuencias. Dado que el muestreo de RM es finito, la discrepancia se manifiesta en la imagen reconstruida como una serie de líneas. Estas pueden aparecer tanto en direcciones de codificación de fase como de codificación de frecuencia. Cuantos más pasos de codificación menos intensos y más estrechos serán los artefactos

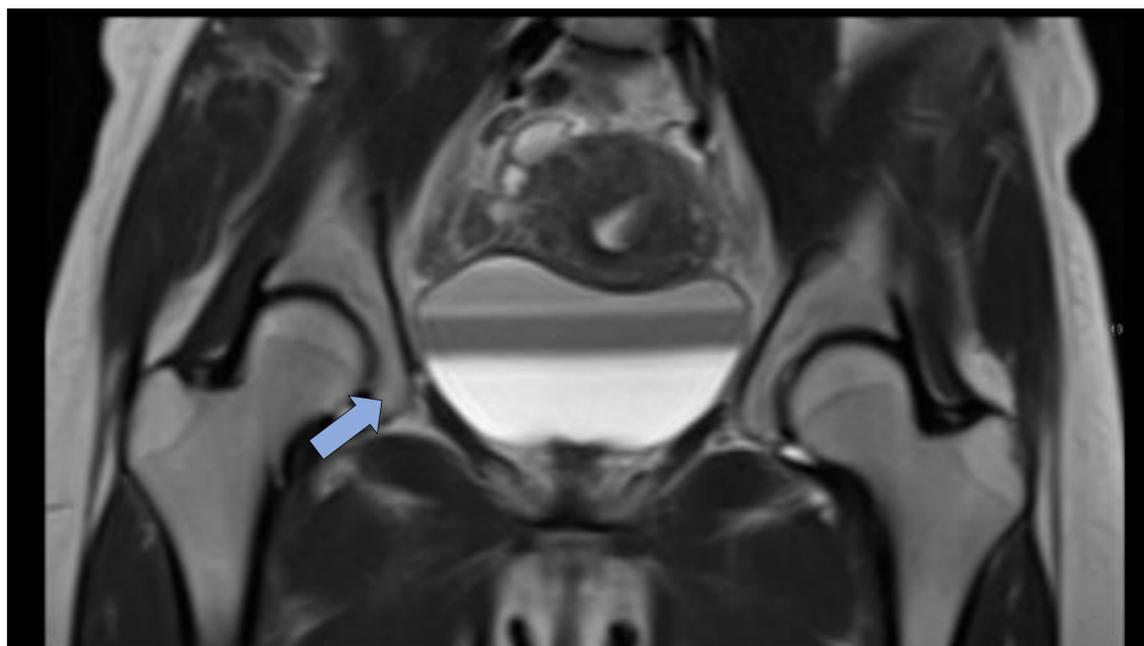


Solución:

- Aumentar el tamaño de la matriz (es decir, frecuencia de muestreo para la dirección de frecuencia y número de pasos de codificación de fase para la dirección de fase)
- Uso de filtros (filtrado exponencial 2-D, reconstrucción de Gegenbauer, etc.)
- Si la grasa es uno de los límites, utilizar la supresión de grasa.

ARTEFACTO DE EXCITACIÓN CRUZADA (Cross excitation)

Pérdida de señal dentro de un corte debido a la preexcitación del pulso de RF destinado a un corte adyacente.



Durante la excitación por los pulsos de RF de un corte/cortes también hay cierto grado de excitación de los cortes adyacentes. Si se obtiene una imagen de ese corte adyacente durante el mismo TR (es decir, imágenes de cortes múltiples) o poco después (es decir, imágenes sin dejar un espacio), al inicio estará parcialmente saturada y la señal resultante se reducirá.

Este fenómeno es más evidente en secuencias de recuperación de inversión (180°).

Solución:

- Dejar un espacio mínimo de $1/3$ del grosor del corte al tomar imágenes de cortes adyacentes.
- Entrelazado entre cortes
- Emplear imágenes 3D si se requieren imágenes de volumen utilizando secuencias de pulsos optimizadas que tienen una penalización de tiempo de un TE mínimo más alto y un número reducido de cortes para un TR determinado

2. HETEROGENEIDAD DE LOS TEJIDOS

EFECTO DEL ÁNGULO MÁGICO (Magic angle effect)

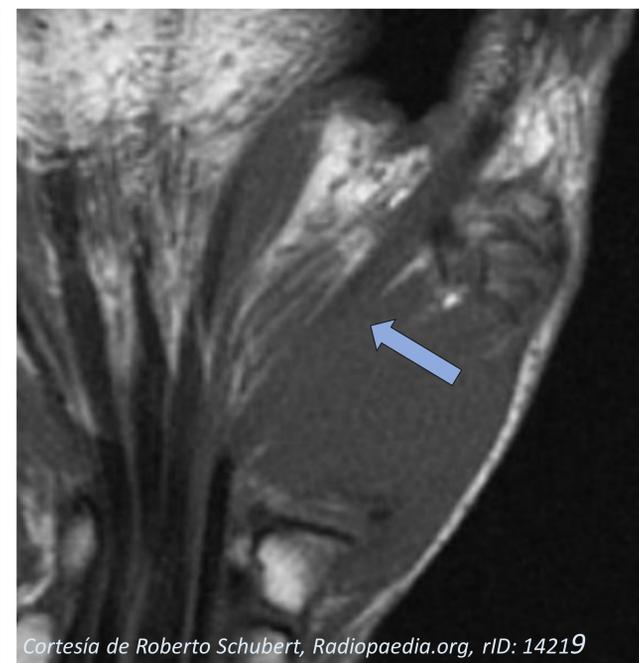
Ocurre en secuencias con un TE corto (menos de 32 ms): **secuencias ponderadas en T1 , ponderadas por densidad de protones y eco de gradiente .**

Está confinado a regiones de **colágeno unido estrechamente a 54,74° del campo magnético principal (B₀)** y parece **hiperintenso**, por lo que potencialmente se puede confundir con tendinopatía .

Los sitios típicos incluyen:

- Parte proximal del ligamento cruzado posterior (LCP)
- Tendón infrapatelar en la inserción tibial
- Tendones peroneos mientras se enganchan alrededor del maléolo lateral
- Cartílago, por ejemplo, cóndilos femorales
- Tendón supraespinoso
- Complejo de fibrocartílago triangular (si se toma la imagen del paciente con el brazo elevado)

Otras causas no patológicas de señal alta dentro de los tendones incluyen inserciones cercanas al tendón y/o lugares donde el tendón normalmente se abre en abanico o se fusiona con otros tendones.



Cortesía de Roberto Schubert, Radiopaedia.org, rID: 14219

Soluciones :

- Sólo ocurre en secuencias TE cortas (p. ej., T1, PD, GRE). Se pueden utilizar secuencias con un TE más largo (por ejemplo, T2) para evitar este artefacto.
- Usar RM de alto campo , menor artefacto en 3T que en 1-5T.

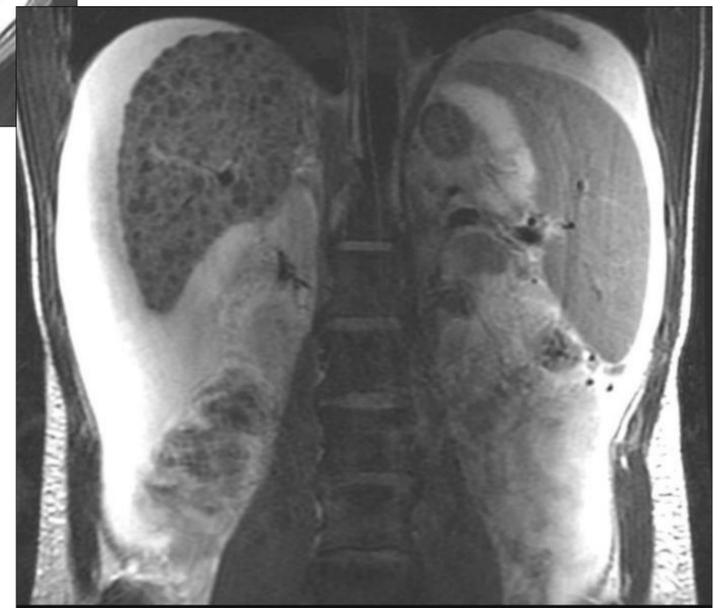
ARTEFACTO POR EFECTO DIELECTRICO (Dielectric artifact)

Oscurecimiento o sombreado en el centro de la imagen. Se encuentra con mayor frecuencia en resonancias magnéticas corporales con unidades de 3 T.

A 3 T, la longitud de onda de radiofrecuencia (RF) mide 234 cm en el aire, y la velocidad y la longitud de onda del campo de RF se acortan a ~26 cm dentro del cuerpo como resultado de efectos dieléctricos. Este campo de visión de 26 cm es aproximadamente el diámetro transversal de la mayoría de los estudios de imágenes corporales.

A 7,0 T, la longitud de onda de RF en el tejido disminuye a ~11 cm.

Con diámetros abdominales de pacientes que exceden la longitud de onda de RF (por ejemplo, elevado IMC, pacientes con cirrosis y ascitis o pacientes embarazadas), pueden surgir patrones de interferencia constructivos y destructivos.



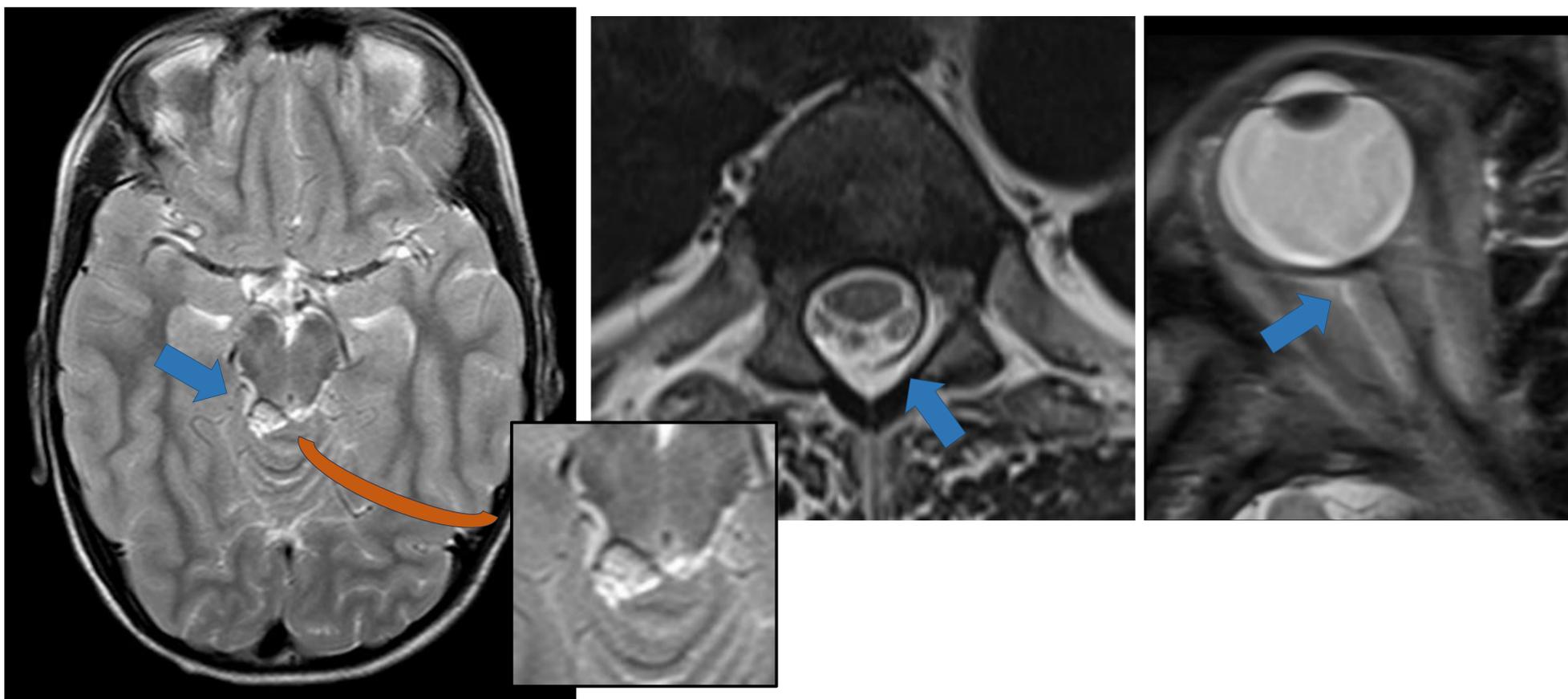
*Cortesía de : Matt A. Morgan,
Radiopaedia.org, rID: 32988*

Soluciones :

- Cambiar imágenes a un sistema <3,0 T
- Aumento del pixel si hay que aumentar el FOV, valorando la posible pérdida de resolución.
- Drenar la ascitis si es posible.
- Uso de almohadillas dieléctricas entre el paciente y la bobina que contienen materiales muy conductores .

ARTEFACTO DE DESPLAZAMIENTO QUÍMICO (Chemical shift artifact)

Las secuencias de eco de espín (SE) y las secuencias de eco de gradiente (GE) pueden demostrar un registro erróneo o una correspondencia errónea debido al desplazamiento químico (los protones de diferentes moléculas precesan a diferentes frecuencias, más marcado en agua-grasa donde la grasa resuena a una frecuencia menor que la del agua). De este modo el componente grasa-agua de un voxel será codificado en una localización diferente. El error se producirá en la dirección de codificación de frecuencia y se mostrará como una **banda brillante en un lado** por superposición de señales de tejido y grasa y una **banda oscura** de ausencia de señal en el otro lado de una interfaz entre grasa y tejido blando.



Soluciones :

- **Disminuir la potencia del campo magnético.**
- **Aumentar la fuerza del gradiente de codificación de frecuencia** o cambiar la dirección de codificación, esta última no elimina el artefacto pero desplaza su dirección poniéndolo de manifiesto.
- **Aumentar el ancho de banda** disminuirá el artefacto pero disminuye la relación señal/ruido.
- Las imágenes con **supresión de grasa**

ARTEFACTO DE CONTORNO NEGRO- TINTA CHINA (black boundary artifact)

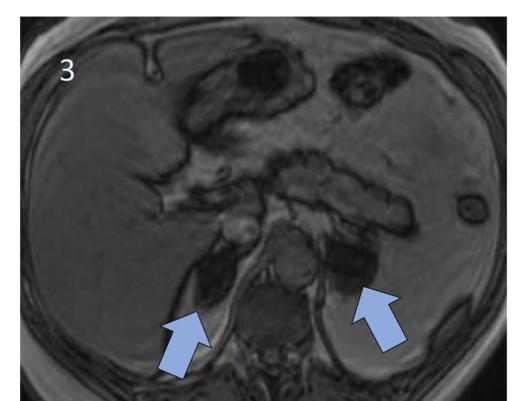
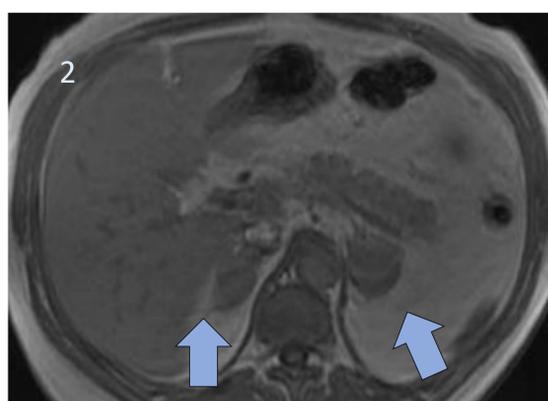
Línea negra "tinta china" que aparece en las interfaces grasa-agua o en las que se encuentran entre el músculo y la grasa.

Artefacto de desplazamiento químico que ocurre en secuencias de eco de gradiente (GE). Las moléculas de agua precesan a mayor velocidad que las de grasa, en algunas ocasiones coincidirán en el espacio, se pondrán en fase y en otras se opondrán totalmente, es decir, estarán 180° fuera de fase (out of phase)

Al aplicar un pulso de RF los protones de la grasa y agua están en fase. Cuando cesa el pulso, su frecuencia de precesión es diferente, de manera que la velocidad de los protones del agua es mayor que los de la grasa. A los 11.7mseg su orientación será opuesta (fuera de fase) y a los 11.7mseg después volverán a estar en fase.

Este artefacto no ocurre con las secuencias de eco de espín (SE), ya que los espines se reajustan mediante el gradiente de reenfoque de 180°

Aplicación en el diagnóstico de lesiones con contenido grasa : adenomas suprarrenales (imagen 2 y 3), angiomiolipomas renales, hipertrofia lipomatosa del tabique interauricular..



Soluciones :

- Escoger TE cercanos a 4,5 ms, 9 ms, 13,6 ms
- Se pueden utilizar secuencias de supresión de grasa.
- Utilizar secuencia SE en lugar de GE
- Disminuir la resolución de la imagen.

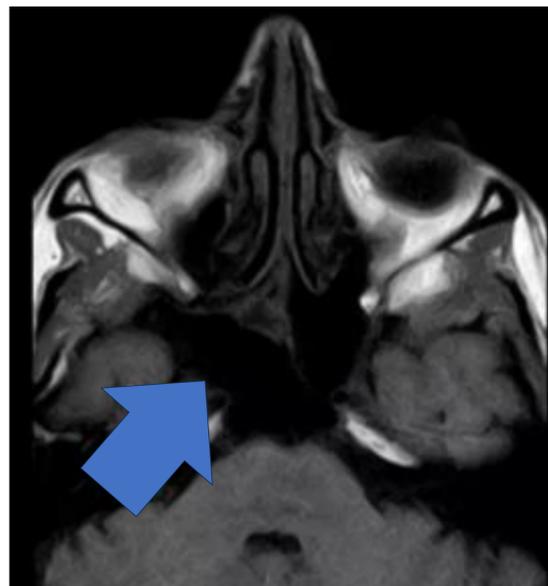


ARTEFACTO DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (Magnetic susceptibility artifact)

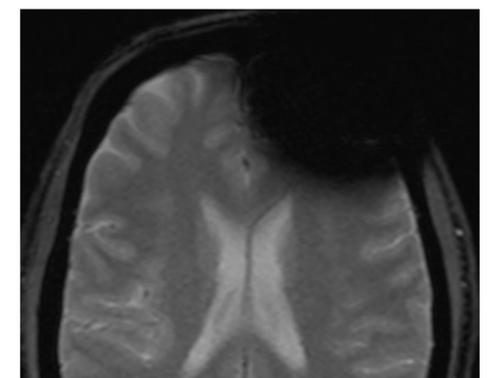
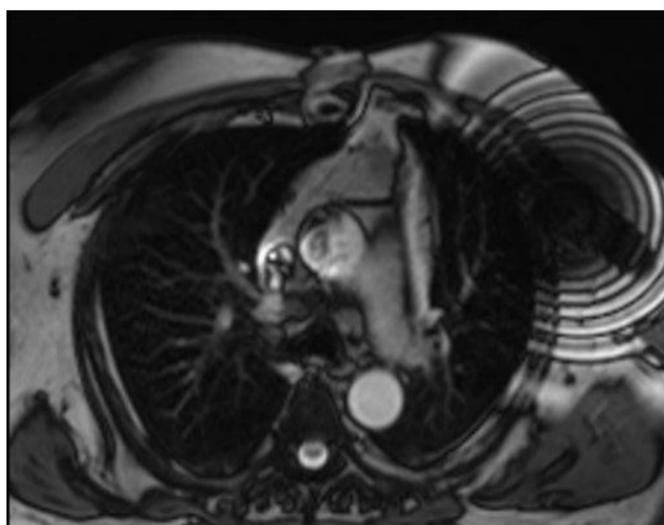
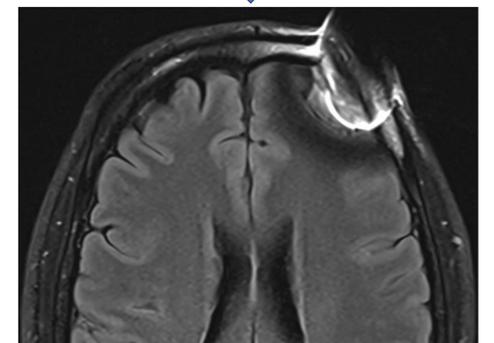
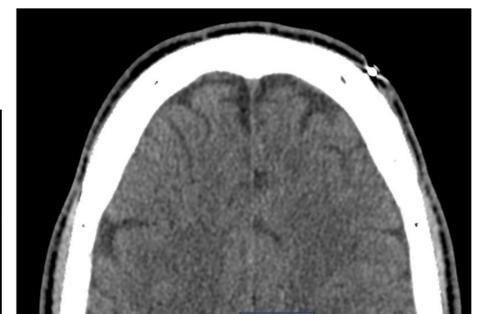
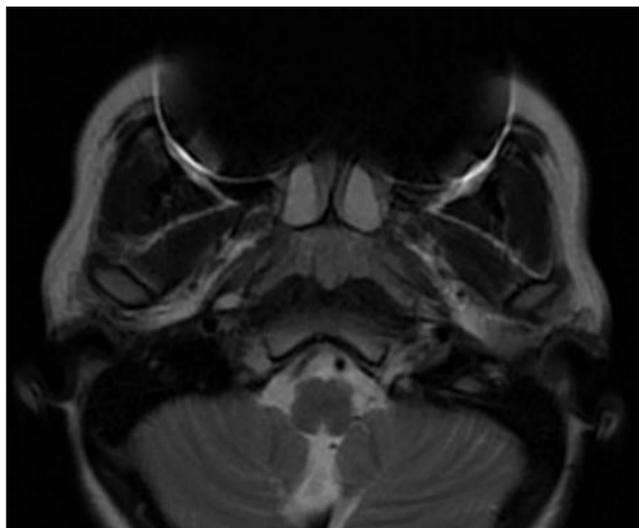
Variedad de artefactos de resonancia magnética que comparten **distorsiones o cambios de señal local debido a la inhomogeneidad del campo magnético externo B0 por diferentes elementos manifestándose en la imagen.**

Los materiales se clasifican *según el grado de magnetización que experimentan al ser sometidos a un campo magnético* en :

- **diamagnéticos** (agua lo es débilmente)
- **paramagnéticos** (con electrones desapareados que aumentan el campo magnético)
- **superparamagnéticos** (con partículas con mayor susceptibilidad que los anteriores)
- **ferromagnéticos** (contienen grandes agregados sólidos o cristalinos de moléculas con electrones desapareados y exhiben "*memoria magnética*", mediante la cual se crea un campo magnético persistente después de su exposición a un campo magnético externo. Ejemplos de metales ferromagnéticos incluyen el hierro, el níquel y el cobalto, todos los cuales distorsionan los campos magnéticos y provocan graves artefactos en las imágenes de RM).



Cuando en una misma región existen sustancias con diferente susceptibilidad, el campo local será en esta región muy inhomogeneo. Normalmente los tejidos corporales poseen una susceptibilidad parecida y las inhomogeneidades son desapercibidas. Excepciones: presencia de aire.



Soluciones :

- Usar estrategias MAR (reducción de artefacto metálico)
- Usar bandas de saturación
- Disminuir el grosor de corte
- Disminuir el tiempo entre el tiempo de eco.
- Aumentar el ancho de banda.
- Técnicas de saturación grasa basadas en Dixon.
- En difusión usar un llenado radial del espacio K.

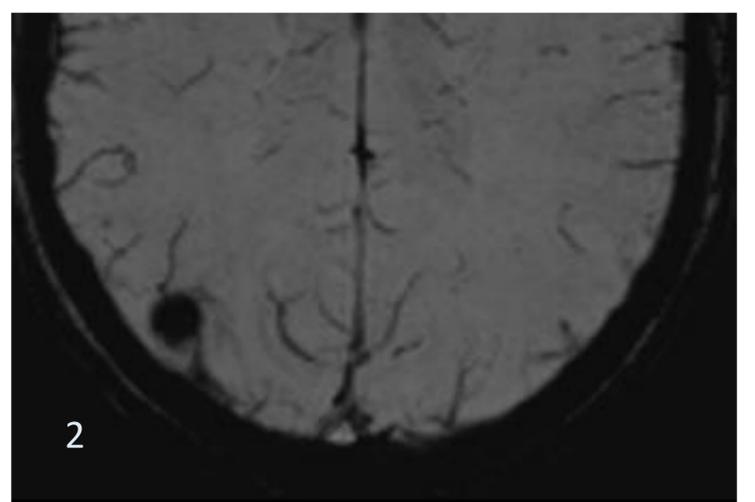
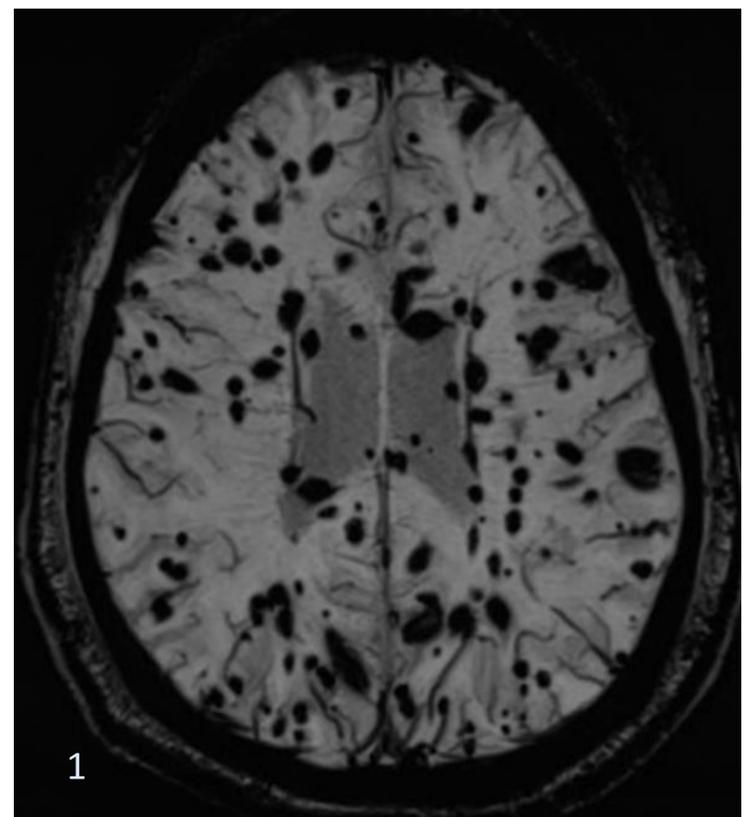
○ ARTEFACTO DE FLORACIÓN (Blooming artifact)

Un artefacto común relacionado con la susceptibilidad, que se busca para hacer más llamativas las lesiones pequeñas con presencia de sustancias paramagnéticas

Una de las secuencias disponibles que maximiza el artefacto de floración con gran efecto es **la imagen ponderada por susceptibilidad (SWI)** . **Las imágenes ponderadas por difusión con eco de gradiente** y valor B bajo también pueden ser útiles en ausencia de una secuencia ponderada por susceptibilidad dedicada.

Objetivamos blooming :

- hemosiderina por hemorragia previa, por ejemplo
- malformaciones cavernosas (imagen 1 y 2)
- hemorragia intracerebral antigua o microhemorragias cerebrales
- lesión axonal difusa
- siderosis superficial del sistema nervioso central
- siderosis superficial cortical
- calcificación, particularmente distrófica, por ejemplo neurocisticercosis (etapa granulomatosa)
- metal, por ejemplo fragmentos quirúrgicos o traumáticos
- gas, por ejemplo embolia gaseosa



3. ARTEFACTOS DEPENDIENTES DEL PACIENTE

ARTEFACTO DE MOVIMIENTO CODIFICADO DE FASE (Ghosting artifact/Blurring artifact)

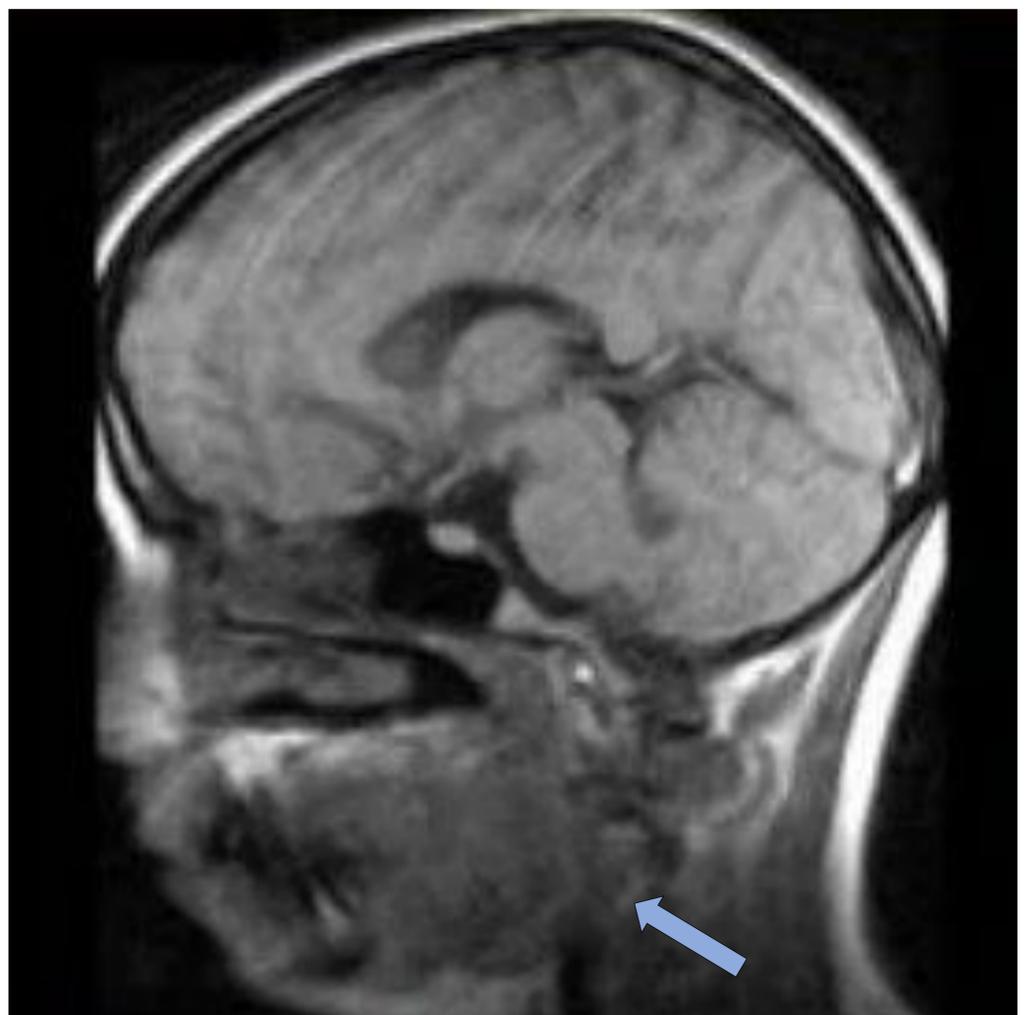
Se manifiesta como imágenes fantasma en la dirección de codificación de fase, generalmente en la dirección del eje corto de la imagen

Estos artefactos pueden verse en las pulsaciones arteriales, la deglución, la respiración, la peristalsis y el movimiento físico de un paciente.

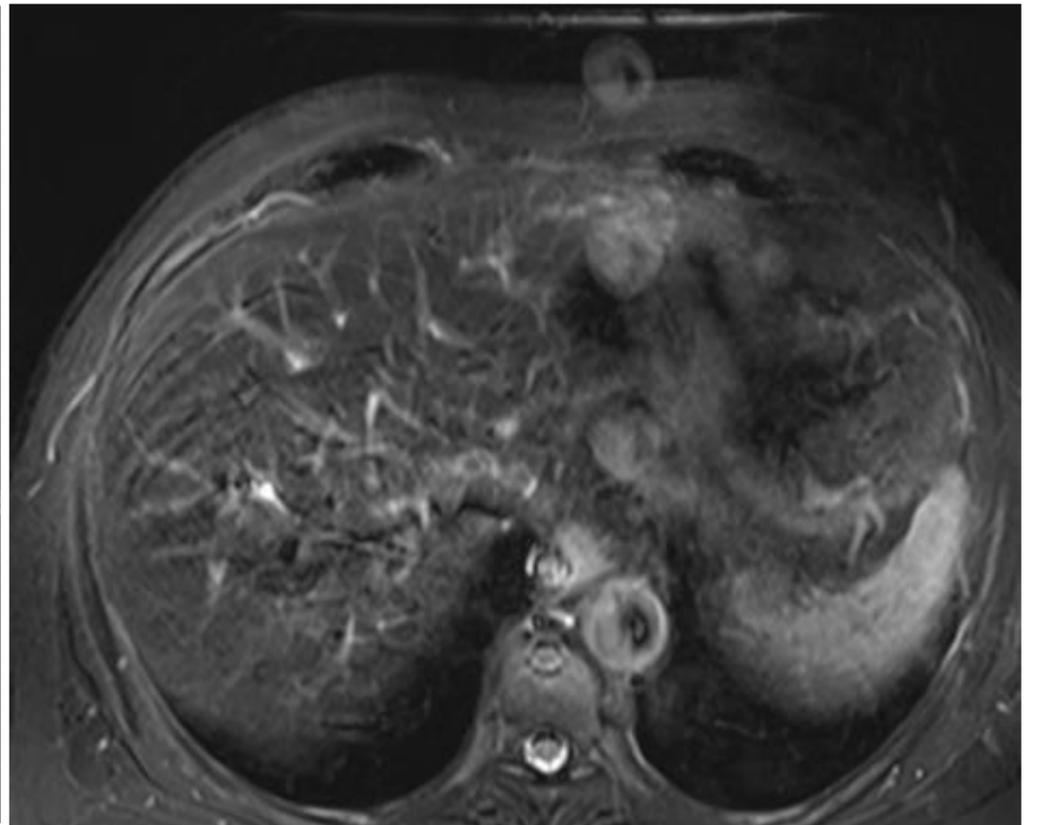
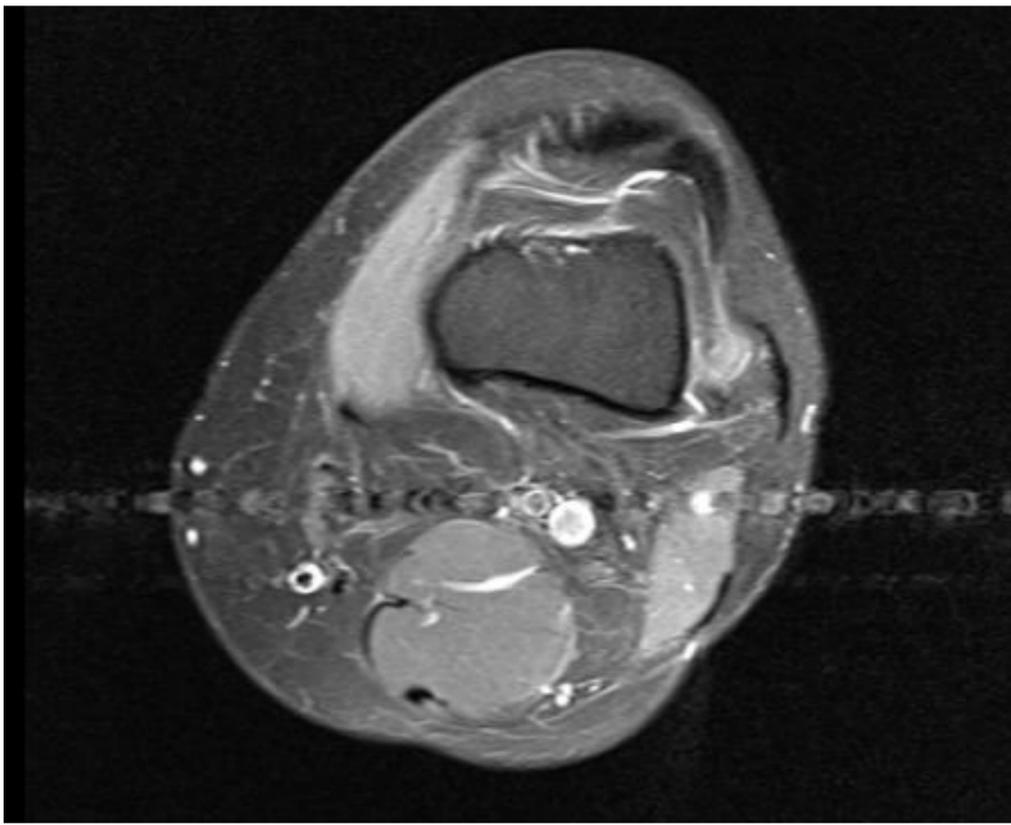
El movimiento **aleatorio** (voluntarios o no), produce una mancha en la dirección de fase : aumento difuso del ruido con pérdida de los bordes y márgenes de los tejidos (**Emborronamiento/blurring artifact**)

Soluciones :

- Aumento del número de adquisiciones pero conllevaría un aumento del tiempo que puede no mejorar la situación.
- Acortar el tiempo de exploración cuando el movimiento proviene del movimiento del paciente
- Inmovilizar al paciente o explicarle , administrar antiperistálticos para estudios abdominales.
- Uso de secuencias de adquisición radial.



Los movimientos **periódicos**, como las pulsaciones respiratorias o cardíacas/vasculares (pulsatilit, producen fantasmas discretos y bien definidos. El espacio entre estos fantasmas está relacionado con el tiempo de repetición (TR) y la frecuencia del movimiento.



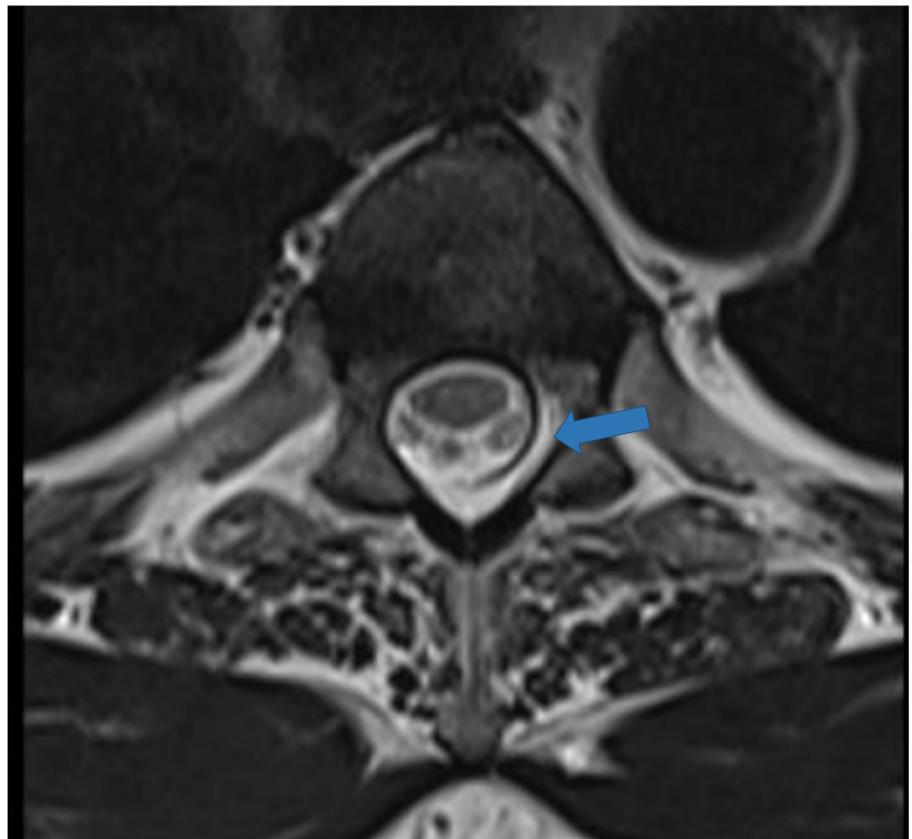
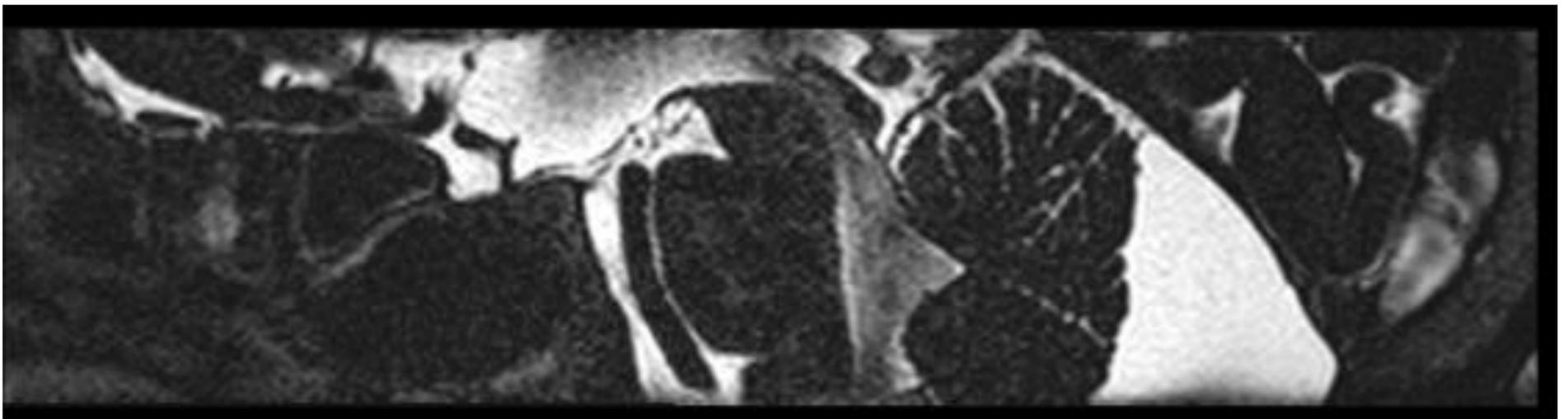
Cuando se proyecta sobre la anatomía, puede imitar una patología y es necesario reconocerla.

Soluciones :

- Cambiar la dirección de fase para desviar el artefactos en la dirección que perjudique menos la imagen
- Sincronización cardíaca/respiratoria
- Bandas de presaturación espacial colocadas sobre tejidos en movimiento
- Bandas de presaturación espacial colocadas fuera del FOV, especialmente antes de la entrada o después del corte de salida para reducir las imágenes fantasma del flujo vascular: arterial y venoso.
- Aumentar el número de promedios de señal

ARTEFACTO FLUJO (Flow artifact)

Los protones de los tejidos en movimiento son estimulados pero devuelven su energía cuando ya están fuera del campo de estudio dando un vacío de señal. El movimiento es perpendicular al eje de corte. Los tejidos que más comúnmente producen este artefacto son LCR, flujo venoso y flujo arterial.



Soluciones :

- Pulsos de compensación. Para evitar el artefacto provocado por el movimiento del líquido cefalorraquídeo, se aplican pulsos de gradiente adicionales en sentido opuesto para eliminar los desplazamientos de fase debidos al movimiento. Estos gradientes adicionales se colocan en la secuencia en cualquier momento de la secuencia de pulsos

CONCLUSIONES

El Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico (TSID) es el primer profesional que puede identificar estos artefactos y corregirlos.

Así mismo el radiólogo debe conocerlos para evitar confusiones durante la lectura del estudio.

REFERENCIAS

- *Primer on Commonly Occurring MRI Artifacts and How to Overcome Them. Chikara Noda, Bharath Ambale Venkatesh, Jennifer D. Wagner, Yoko Kato, Jason M. Ortman, and João A. C. Lima RadioGraphics 2022 42:3, E102-E103*
- *Bashir U, Gemmell C, Gaillard F, et al. Zipper artifact. Reference article, Radiopaedia.org . Doi.org/10.53347/rID-16558.*
- *Weerakkody Y, Murphy A, Baba Y, et al. MRI artifacts. Reference article, Radiopaedia.org <https://doi.org/10.53347/rID-16585>*