

Artefactos de la Imagen en RM

Prof. Cristián Garrido Inostroza

Introducción

Un artefacto de imagen es cualquier característica de la imagen que no está presente en la realidad, por lo que es un factor de la calidad de la imagen de RM. En algunos casos los artefactos pueden degradar la imagen en su señal, resolución, geometría y contraste. Algunos pueden simular patología, por lo que potencialmente pueden conducir a pitfall en la interpretación de las imágenes.

Es necesario reconocer los artefactos, por su presentación en la imagen, estableciendo la causa de estos. Ante ellos no existen muchas posibilidades de abordaje. Algunos se pueden eliminar, otros son minimizables, y otros solo pueden ser reconocidos e interpretados.

Clasificación de los artefactos

De modo general, los artefactos en RM se pueden agrupar en 6 categorías:

1. Artefactos intrínsecos de la técnica de RM (Inevitables)
 - Aliasing o wraparound (doblamiento o solapamiento)
 - Chemical Shift
 - Truncación (Fenómeno de Gibbs)

2. Artefactos relacionados con el paciente (Inevitables)
 - Artefactos de movimiento
 - Periódicos (Flujo y Respiratorio): Ghosting
 - Aleatorios: Blurring
 - Ángulo mágico

3. Artefactos relacionados con las RF
 - Crosstalk
 - Excitación cruzada
 - Zipper
 - RF Feedthrough
 - Ruido de RF

4. Artefactos relacionados con B0 y los materiales ferromagnéticos
 - Artefacto de Inhomogeneidad
 - Moirè Fringes
 - Susceptibilidad magnética

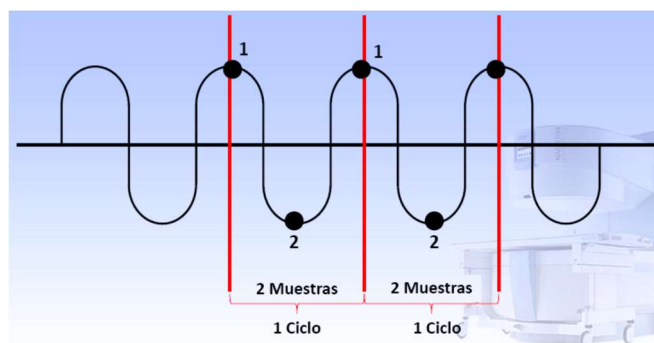
5. Artefactos relacionados con las gradientes
 - Eddy Currents
 - Artefacto de No linealidad o de Distorsión geométrica
6. Artefactos relacionados con el procesamiento de datos
 - Estriaciones Crisscross
 - Artefacto de espiga (Spikes)

1. Artefactos Intrínsecos a la técnica

Si bien es cierto, algunos de ellos no son exclusivos de la técnica de RM (Por ejemplo, el aliasing y volumen parcial) ni tampoco son imposibles de eliminar, pueden presentarse en prácticamente todas las exploraciones.

Artefacto de Aliasing o Wraparound (Doblamiento, Repliegue o Solapamiento)

Es un artefacto relacionado con la transgresión del Teorema de Nyquist-Shannon. Este teorema establece que el muestreo de la señal de RM debe ser superior al doble del ancho de banda receptor. Entonces, para muestrear correctamente la señal se deben tomar al menos 2 muestras por ciclo. En la [Figura 1](#) se ve el muestreo de una señal para poder ser reconstruida con la misma frecuencia.



La señal original puede ser reconstruida con un mínimo de 2 muestras por ciclo

Figura 1: Muestreo mínimo de una señal.

En la [Figura 2](#) se ve cuando una señal no es muestreada al menos dos veces en un ciclo.

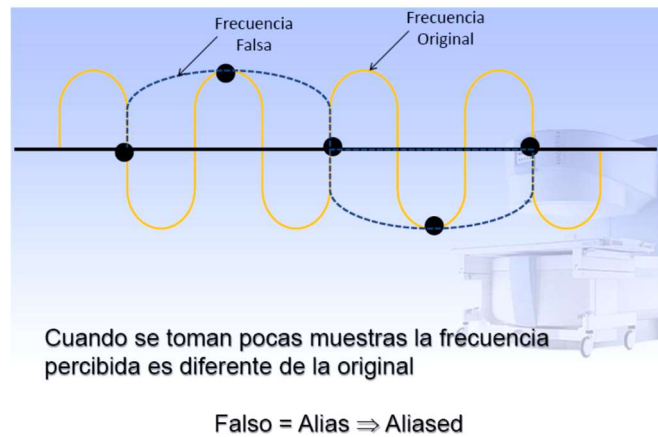


Figura 2: Muestreo insuficiente de una señal, lo que genera el Aliasing

En amarillo está la frecuencia original que debe ser muestreada. En el ejemplo, cuando se muestrea una vez por ciclo (cada uno de los puntos negros), al reconstruir la señal original, se reconstruirá una señal con la frecuencia en azul. Claramente la frecuencia reconstruida no se parece en nada a la frecuencia original. Como esta frecuencia es falsa, un sinónimo de falso es “Alias”, por lo que la frecuencia reconstruida que no da cuenta de la original se denominara “frecuencia falseada” o “frecuencia aliased”

En RM para cumplir con el Teorema de Nyquist será necesario muestrear con una frecuencia de muestreo mayor o igual a la máxima frecuencia presente en la señal. La máxima frecuencia de la señal se denominará “Frecuencia de Nyquist”. El artefacto de Aliasing se manifestará cuando el FOV es de menor tamaño que la estructura en estudio. Esta situación se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Situación real, que será esquematizada en la Figura 4

En la Figura 3 la intención es adquirir una imagen axial del abdomen, con un FOV (en rojo) más pequeño que la estructura a estudiar. A ambos lados del abdomen están los brazos del paciente. El resultado no será como se espera en la Figura 4



Figura 4: Situación esperada a partir de la Figura 3

La situación real se encuentra en la Figura 5, en la que dentro de la imagen se “repliegan” los brazos

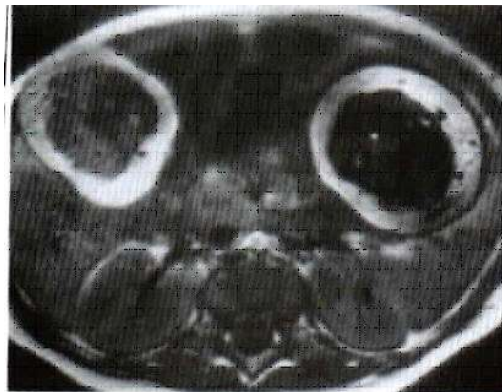


Figura 5: Situación real al aplicar un FOV menor que la estructura en estudio

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA EN EL SENTIDO DE LA FASE

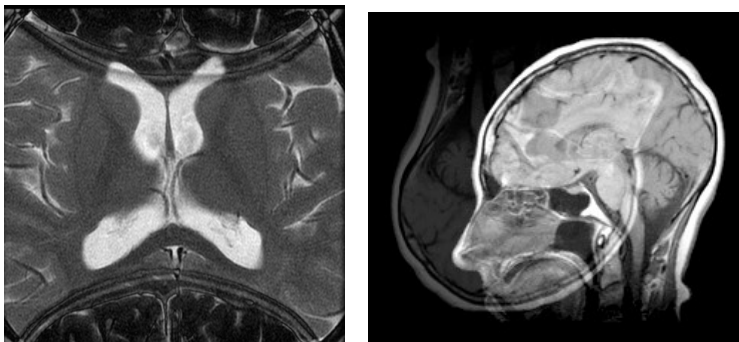


Figura 6: Ejemplos de Artefacto de Aliasing

Soluciones para corregir el artefacto de Aliasing

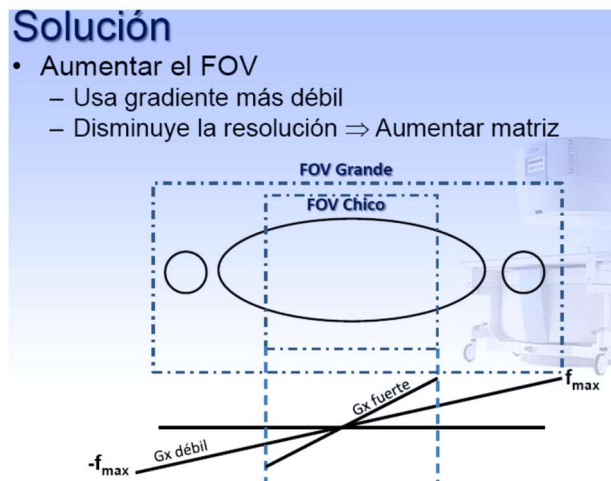


Figura 7: Solución por aumento del tamaño del FOV

En la Figura 7 se plantea que una solución es aumentar el tamaño del FOV, pero trae consigo el problema de que la misma matriz se distribuye en un FOV mayor, por lo que la resolución disminuye. Aumentar el FOV implica utilizar una gradiente más débil, con lo que la frecuencia de Nyquist se hace más amplia y los valores que están por fuera no se doblarán hacia adentro del FOV.

Para compensar la baja en la resolución se puede aumentar la matriz de adquisición, lo que trae como consecuencia un aumento en el tiempo de adquisición. La SNR se mantiene más o menos constante, ya que el aumento del FOV aumenta la SNR, pero el aumento en la matriz lo disminuye.

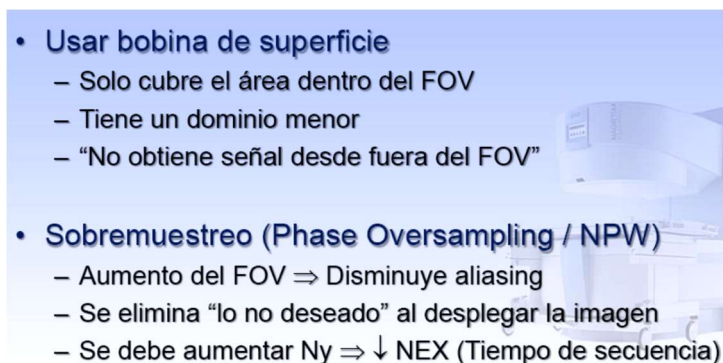


Figura 8: Solución por uso de bobina de superficie y por sobremuestreo

En la Figura 8, se ve que otra solución es usar una bobina de superficie que tiene un dominio reducido y está diseñada para un FOV acotado (entre 13 y 16 cm), por lo que todo lo que esté por fuera de su dominio no será recibido como señal, por lo que no se expresará en el reducido FOV. Además, tienen la ventaja de ofrecer una muy buena SNR. Como desventaja, esta solución está limitada al tipo de examen a realizar, ya que es impracticable en exploraciones de regiones anatómicas amplias (abdomen, corazón, columna, etc.)

Una solución alternativa consiste en sobremuestrear la imagen, también llamado *Phase Oversampling* o *No Phase Wrap (NPW)*. Como aumentar el FOV disminuye el aliasing, entonces se aumenta artificialmente el tamaño del FOV, pero las zonas que están fuera del FOV serán descartadas de la imagen final. El problema es que el sobremuestreo suma pasos de codificación de fase y por lo tanto aumenta el tiempo de exploración. En el caso del Phase Oversampling se selecciona un porcentaje de sobremuestreo, lo justo y necesario para que no ocurra el artefacto, y para que el tiempo de exploración no se alargue más de lo necesario. El NPW equivale a ejecutar un Phase Oversampling de un 100%, pero no agrega tiempo extra de exploración, porque aumenta la SNR, lo que permite disminuir los NEX, compensando el aumento en el tiempo de adquisición.

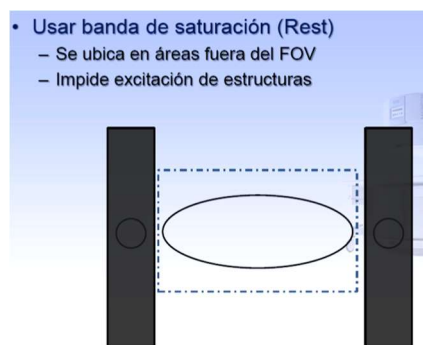


Figura 9: Solución por uso de bandas de saturación (Rest)

En la Figura 9 se ve la solución a través del uso de bandas de saturación (conocidas como REST en Philips) Estas bandas son regiones que son excitadas con pulsos de saturación inmediatamente antes de adquirir la imagen, por lo que las regiones saturadas no tendrán señal y no se replegarán en el interior del FOV.

Artefacto de Truncación (Fenómeno de Gibbs)

Es un artefacto que se manifiesta en el sentido de la fase, cuando se producen interfases de alto contraste que contienen diferencias en la susceptibilidad de los tejidos que componen esta interfase, y donde se reconocen dos estructuras con intensidades muy diferentes. Por ejemplo, están las interfases entre cráneo y cerebro, entre médula y LCR, entre meniscos y líquido sinovial (Figura 13)



Figura 10: Características del Fenómeno de Gibbs

Se ven bandas, brillantes y oscuras, paralelas en relación a los bordes de la interfase de intensidad. Son alternantes y próximas unas respecto de las otras.

La Truncación es un fenómeno de aliasing que no se debe a que la estructura esté fuera del FOV, sino a que hay una interfase muy marcada de intensidades entre estructuras inmediatamente contiguas por lo que se produce un submuestreo de esta interfase.

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA EN EL SENTIDO DE LA FASE

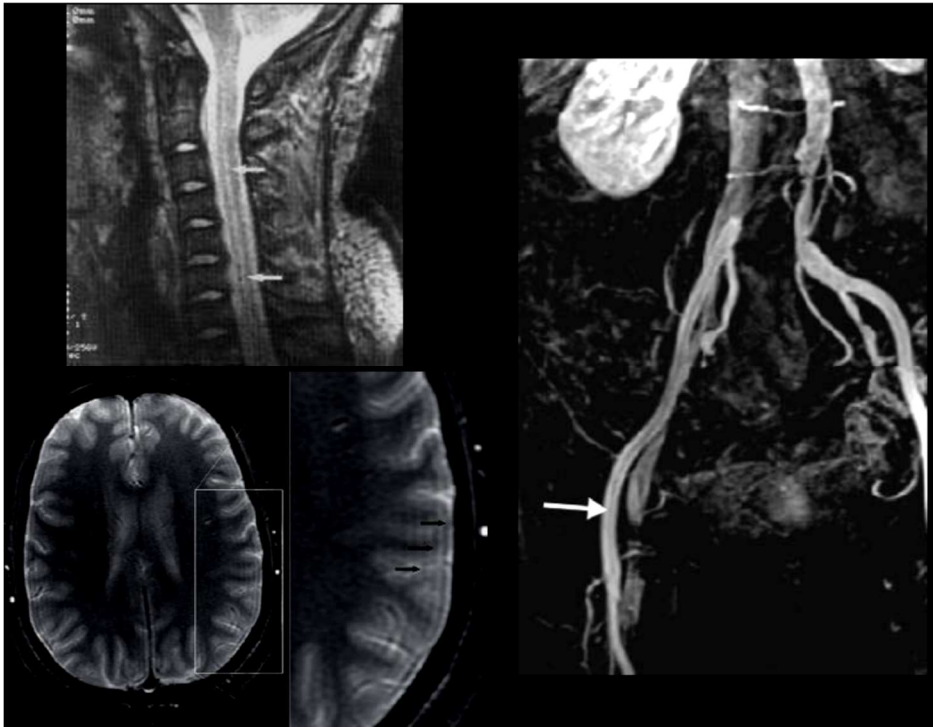


Figura 11: Ejemplos de imágenes con artefacto de Truncación

Dentro de los artefactos en general, el Artefacto de Gibbs es tal vez “el más peligroso”, ya que es el que potencialmente puede llevar a más pitfalls diagnósticos, porque puede simular patología. En la imagen de la médula cervical se observan líneas alternantes paralelas a la interfase médula-LCR. En el centro de la médula se ve una imagen artefactual longitudinal, hiperintensa, que puede simular una hidromielia. En la AngioRM se ve en el interior de la arteria ilíaca derecha una imagen lineal, hipointensa, a lo largo del vaso que puede simular un flap de disección. En la imagen de cerebro no lleva a pitfall, sin embargo, las líneas hipointensas, alternantes, de la interfase cráneo-encéfalo simulan movimiento del paciente.

Solución para corregir el artefacto de Truncación

Solución

- Aumentar los Phase Encoding Steps
 - Aumento de matriz
 - Disminución de FOV
- Aumenta el tiempo de adquisición




Figura 12: Solución por aumento de los PES

En la Figura 12 se ve como el artefacto se soluciona aumentando los phase encoding steps, ya que el Fenómeno de Gibbs se produce por un sub-muestreo en la interfaz. La interfaz se sobremuestra aumentando la matriz, o disminuyendo el FOV. Con el aumento de la matriz, la SNR tiende a disminuir

2. Artefactos relacionados con el paciente

Si bien es cierto, uno de ellos no es exclusivo de la técnica de RM (Por ejemplo, el blurring) son todos prácticamente imposibles de eliminar. Pueden presentarse en prácticamente todas las exploraciones y en todas las localizaciones. Dentro de estos artefactos se encuentra el de flujo (ghosting) y el del ángulo mágico (Artefacto de Ernst). Blurring (movimiento aleatorio) y Ghosting (movimiento periódico) se agrupan dentro de los artefactos de movimiento.

Artefactos de Movimiento: Aleatorio (Blurring) y Periódico (Ghosting)

Artefactos de movimiento

- Causados por movimientos voluntarios o involuntarios del paciente
 - Aleatorios \Rightarrow **Blurring**
 - Tragar y Respiración
 - Peristaltismo y Movimiento físico
- Causados por flujo pulsátil en vasos sanguíneos
 - Periódicos \Rightarrow **Ghosting**
 - Pulsación arterial y Pulso del LCR
- Se propagan en dirección de la fase



Figura 13: Artefactos de movimiento

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA EN EL SENTIDO DE LA FASE

La respiración cuando es perfectamente periódica en amplitud y frecuencia se comporta como ghosting. Por lo general no se presenta en forma periódica, por lo que se asocia más a blurring. El ghosting se refiere a una imagen tipo “fantasma” que se repite con una cierta frecuencia en el sentido de la fase.

Cuando hay movimiento, físicamente lo que sucede es que habrá líneas del Espacio-K que no serán adquiridas correctamente, por lo que se pierden. Al momento de reconstruir la imagen, las líneas perdidas son interpretadas como borrosidad. Mientras más líneas se pierdan, más se verá la apariencia de “movimiento” (imagen borrosa, o con blurring). Si las líneas no adquiridas son más centrales, el artefacto será más notorio y comprometerá aun más la imagen, ya que se afectará el contraste.

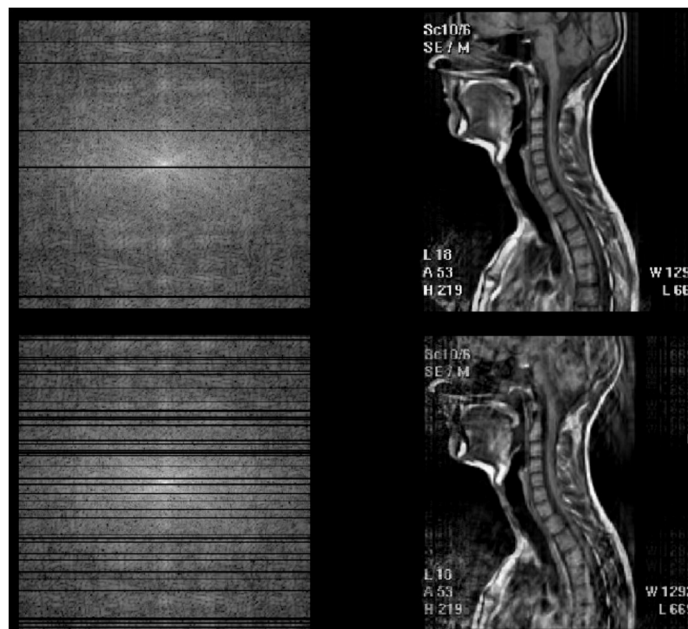


Figura 14: Ejemplos de blurring leve y severo. A la izquierda, el Espacio-K, y a la derecha, la imagen generada por cada Espacio-K. Mientras más líneas se pierden, se visualiza más borrosidad y degradación del contraste de la imagen.

En el blurring el movimiento debe ser necesariamente aleatorio. Muchas veces el movimiento aleatorio se presenta con “fantasmas”, lo que es ghosting (Fig. 15). Ambos patrones a veces son confudentes.

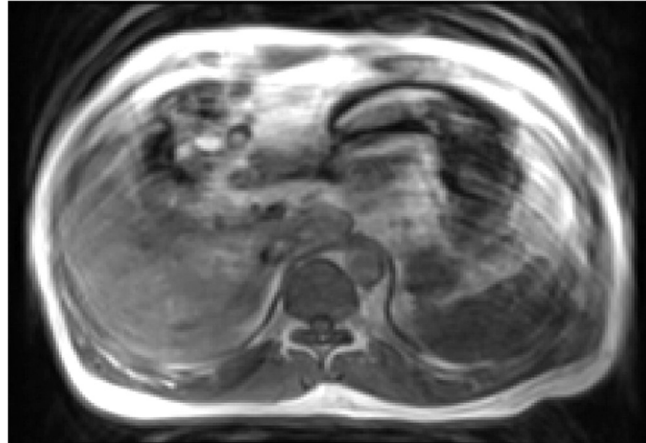


Figura 15: Blurring con patrón de ghosting

El blurring siempre se presenta con borrosidad de los bordes, lo que no ocurre en el ghosting. En el ghosting, los bordes de las estructuras y de los fantasmas son netos. Por esta razón, en la imagen de la [Figura 15](#), a pesar de haber fantasmas, el artefacto predominante es blurring.

En el *ghosting* los fantasmas reflejan el movimiento con una amplitud y periodicidad constante (no aleatorio) [Figura 16](#).



Figura 16: Blurring con patrón de ghosting

En el movimiento periódico lo que sucede es una alternancia entre la señal intensa y débil de la estructura pulsátil en el sentido de la fase. En este artefacto no hay propagación en frecuencia, a diferencia blurring, donde hay una mínima propagación en esta dirección.

La separación en milímetros entre los fantasmas se puede calcular, si se conoce el tamaño del píxel, tal como se muestra en la [Figura 16](#). Ny es la Dim-Phase y se multiplica por el TR y se divide por la frecuencia del movimiento pulsátil (ciclos por segundo). En el fondo es el tiempo de exploración de la secuencia (TAdq) dividida por la frecuencia del movimiento. De esto se desprende que mientras mayor es la frecuencia pulsátil, menor será la separación entre los fantasmas. Como la mayor frecuencia pulsátil la tiene el flujo arterial, es en las arterias donde se presentará el

ghosting más notorio, seguido por las venas, y en último lugar el flujo pulsátil de LCR. Si se disminuye el FOV en el sentido de la fase, el ghosting también va a sufrir aliasing, por lo que se observará una separación aún menor de los fantasmas, ya que estos se doblarán al interior de la imagen, por lo que no se debe disminuir el FOV cuando hay presencia de ghosting.

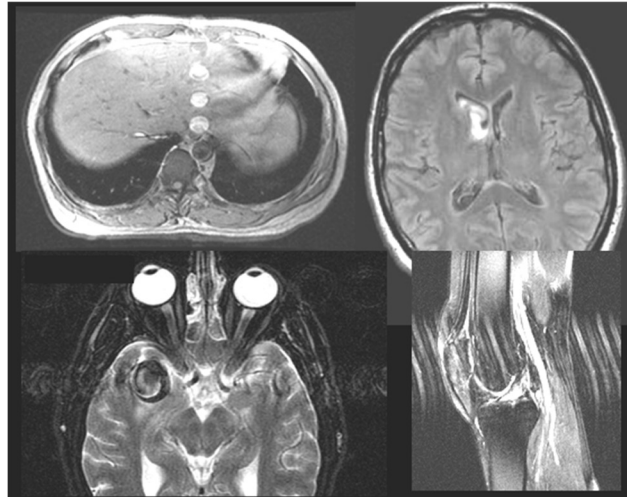


Figura 17: Imágenes con Ghosting

Hay ghosting de los ojos cuando el paciente tiene nistagmo, pero si tiene los ojos abiertos y los mueve, lo que se manifiesta es blurring. Hay que recordar que cuando hay un patrón de frecuencia periódica, el artefacto que se presentará es ghosting, si hay una frecuencia aleatoria es blurring. En el abdomen se observa ghosting de la aorta, en la imagen FLAIR de cerebro se ve ghosting del flujo turbulento a nivel del agujero de Monro, y en la órbita se ve ghosting de los ojos y del flujo de un aneurisma calcificado de la arteria cerebral media derecha. En la rodilla sagital, adquirida con la fase A-P, el flujo que produce el ghosting es el de los vasos poplíteos. Por esta razón, en la rodilla sagital, aunque la fase A-P es la que conviene por diámetro, se debe elegir la fase H-F, ya que el flujo pulsátil producirá fantasmas que se propagarán de arriba abajo, lo que no interfiere en la evaluación de las estructuras.

Soluciones para corregir los artefactos de movimiento

Estrategias:

Blurring:

- Conminar gentilmente al paciente que no se mueva.
- Usar gatillado respiratorio.
- Uso de glucagón y butilescolamina para disminuir el peristaltismo (en adquisiciones abdominales y pélvicas).
- Uso de analgésicos, para evitar que el paciente se mueva por dolor.

- Uso de sedación en pacientes inquietos, claustrofóbicos, con parkinsonismo severo o desorientados.
 - Uso de secuencias rápidas, que son menos sensibles al movimiento.

Ghosting:

- Uso de bandas de saturación en los bordes que están en el sentido de la fase, que no evita el ghosting, pero sí el aliasing de éste.
- Aumentar el tiempo de adquisición: Aumenta la separación del ghosting, pero tiene limitaciones relacionadas con la potenciación.
- Disminuir los Phase Encoding Steps o matrices o aumentar los NEX. Esto aumenta el TAdq, lo que separa más los fantasmas.
- Intercambiar la fase por la frecuencia (Swap Phase-Frecuency): No soluciona el ghosting, sino que le cambia la orientación, y con eso puede evaluar si una imagen dudosa es ghosting o una lesión real.
- Uso de gatillado cardíaco, que alarga mucho la exploración.
- Uso de compensación de flujo, que puede eliminar el ghosting y se hace a través de esquemas sofisticados de gradientes, pero tiene como consecuencia un alargamiento en el TE.

Artefacto del Ángulo Mágico



Figura 18: Artefacto del Ángulo Mágico

ESTE ARTEFACTO NO DEPENDE DEL SENTIDO DE LA FASE

El ángulo mágico es el ángulo de Ernst que corresponde a $54,7^\circ$ (55° por aproximación). Es un artefacto frecuente en tendones y ligamentos que están orientados formando este ángulo respecto de la dirección del campo magnético principal.

Los tendones y ligamentos en T2 se ven hipointensos por estar constituidos por espines que forman parte de redes cristalinas muy compactas, lo que hace que su señal en esta potenciación siempre sea baja. Cuando un tendón, o un ligamento, está angulado en 55° respecto a la dirección de B_0 , disminuye la interacción spín-spín, por lo que la señal no caerá de la forma habitual.

Con los TE largos, igual va a caer la señal de los tendones y ligamentos, ya que hay tiempo más que suficiente para que se produzca el desfase de los espines. El ángulo mágico se manifestará más cuando el TE es corto, como en DP, donde no se da el tiempo suficiente para obtener la señal una vez que se han desfasado los espines de estas estructuras. Se ve como una hiperintensidad focalizada que compromete todo el espesor de un o tendón (Figuras 19 y 20)

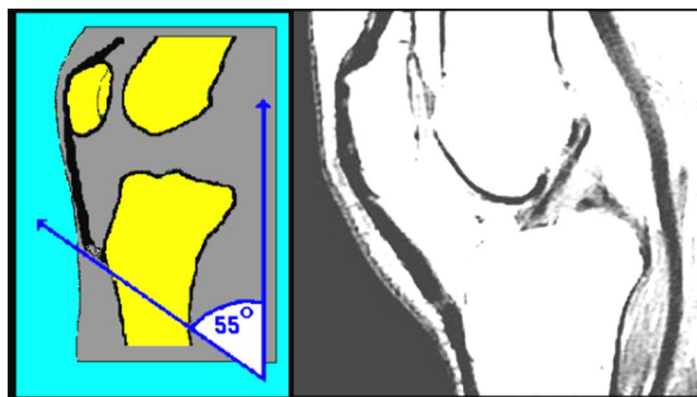


Figura 19: Artefacto del Ángulo Mágico en el tendón patelar, casi en su sitio de inserción en la tuberosidad tibial. Potenciación DP, ventaneada para acentuar el artefacto.

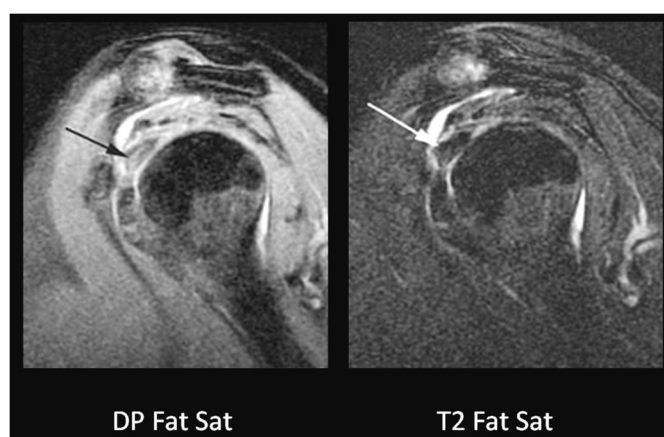


Figura 20: Artefacto del Ángulo Mágico en el tendón del bíceps. La potenciación DP muestra una hiperintensidad que puede interpretarse como tendinosis, sin embargo, la potenciación T2 muestra que la señal del tendón era normal. Por lo tanto, la potenciación DP es más sensible que la T2 para mostrar este artefacto.

Este artefacto no se puede solucionar ni minimizar. Es del tipo de artefacto con el que se debe convivir, aunque puede ser fuente de generación de pitfalls de interpretación. Las secuencias potenciadas en DP son las más importantes en las imágenes osteoarticulares. Al evaluar la señal de los tendones y ligamentos, antes de concluir que una hiperseñal presente en un tendón sea patológica, se debe valorar la orientación de la estructura con respecto al eje H-F. Si la orientación es de aproximadamente 55°, se deben evaluar imágenes T2 como contraprueba, antes de interpretar la naturaleza de la hiperseñal.

3. Artefactos relacionados con las RF

Los artefactos derivados de las RF son exclusivos de la técnica de RM. Tienen una variedad de presentaciones, sin embargo, son agrupables en 2 grupos: Artefactos de RF derivados de las RF emitidas durante la exploración, y artefactos de RF derivados de la contaminación por RF exógenas. Los artefactos derivados de la contaminación por RF exógenas son menos frecuentes, ya que se presentan cuando no se cumplen ciertas normas del trabajo rutinario en RM. Por ejemplo, al trabajar con la puerta del resonador abierta o mal cerrada, o cuando las luces de la sala del resonador no son las adecuadas o están en mal estado. La pérdida de hermeticidad a las RF externas en la jaula de Faraday, también causa estos artefactos.

Crosstalking (No tiene traducción al español)

El artefacto de Crosstalking es un artefacto que se manifiesta en toda la imagen, no teniendo sentido en fase ni en frecuencia. Antes de explicar el artefacto, es necesario diferenciar los conceptos de corte y **perfil de RF** (*RF profile* o *Slice profile*). El corte es lo que se conoce como corte tomográfico y fue formado por un pulso de RF que se emitió en conjunto con la gradiente de selección de corte Gz. Esta excitación fue codificada en fase y frecuencia, tras lo cual se muestreó y pasó por la transformación de Fourier, para finalmente ser reconstruido en un corte con un espesor y una matriz determinada. Antes de la codificación el “futuro corte” era una zona de excitación, determinado por pulsos de RF que idealmente debieran tener bordes netos, pero en la realidad sus bordes poseen frecuencias armónicas susceptibles de traslaparse. Este es el perfil de RF.

El corte ideal es un rectángulo perfecto, y en esa condición el fenómeno de crosstalking no se presentaría. En la condición real el corte no es perfectamente rectangular. Además, los cortes idealmente debieran ser contiguos, no dejando espacios entre ellos para minimizar la posibilidad de dejar zonas sin explorar, y por lo tanto aumentar el rendimiento y reproducibilidad de las exploraciones (Figura 21)

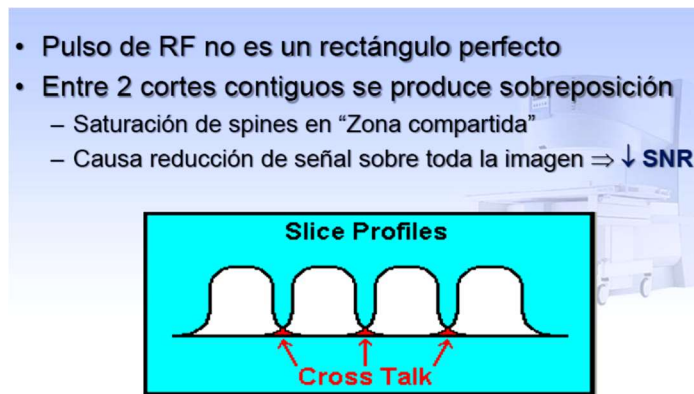


Figura 21: Crosstalk y Perfiles de RF

En la [Figura 21](#) se aprecia que, debido a los armónicos de los perfiles de RF, estos pueden trasladarse en una pequeña zona denominada “zona compartida”. En la zona compartida se producirá saturación de los espines, y como todos los cortes son adquiridos al mismo tiempo, todos los cortes tendrán algún grado de reducción de señal, ya que parte de sus perfiles presentarán algún grado de saturación. Como todos los cortes tendrán una disminución de la señal, disminuirá la SNR de toda la imagen y de todos los cortes, que se manifestará con un aumento del ruido y una disminución del contraste de la imagen.

En la [Figura 22](#) se aprecia que un corte ideal (rectangular) se consigue con un pulso de RF que posee una gran cantidad de frecuencias armónicas. A pesar de la gran sofisticación actual de los amplificadores de RF no se puede emitir un pulso ideal.

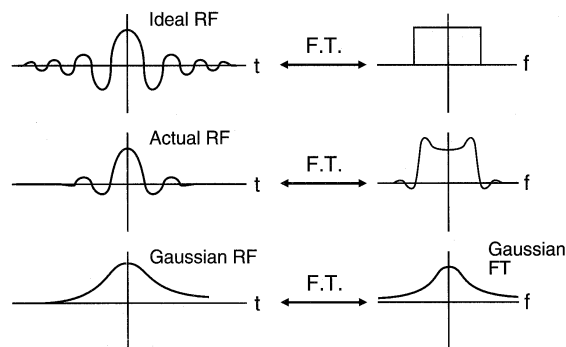


Figura 22: Forma de los pulsos de RF

El crosstalking se manifiesta en la imagen ([Figura 23](#)), como una disminución de la señal global en todos y cada uno de los cortes.



Figura 23: Imagen con disminución de la señal por crosstalk

ESTE ARTEFACTO ES INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA

Soluciones para corregir el artefacto de crosstalking

Existen 3 estrategias para solucionar el problema del crosstalking, cada una de ellas con sus ventajas y desventajas.

1. Introducción de GAP: El Gap es el espaciado entre los cortes. Si se establece un espaciado disminuirá el tamaño de la zona compartida, lo que implica una mejora en la señal de toda la imagen. El Gap se determina en el resonador durante la planificación de las secuencias, y se puede fijar en milímetros, o como un porcentaje del espesor de corte. Así se establece que, si por ejemplo, se adquieren cortes de 4mm de espesor con un 30% de Gap, la exploración será hecha con cortes de 4mm cada 1.2mm, por lo que entre corte y corte, quedarán 1.2mm sin explorarse. La ventaja de esta estrategia es que es eficiente para corregir el problema de disminución de señal, además de aumentar la cobertura de cortes. Su desventaja es que deja zonas entre cortes sin explorar y que disminuye la reproducibilidad de los exámenes. En la [Figura 24](#) vemos.

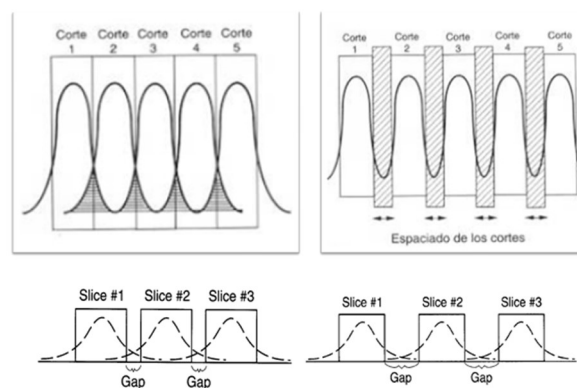


Figura 24: Introducción de Gap entre cortes

2. Adquisición intercalada (interleaved): En esta estrategia, los cortes se adquieren en 2 grupos (stacks o concatenaciones). En una adquisición se adquieren los cortes impares (1, 3, 5, 7, 9, etc.), y en la otra se adquieren los cortes pares (2, 4, 6, 8, 10, etc.) y posteriormente se integran como un solo set de imágenes. Su ventaja radica en que no es necesario introducir Gap, por lo que no se pierde información entre cortes, y mejora la reproducibilidad de las exploraciones; permitiendo incluso la adquisición de cortes traslapados. Su desventaja radica en el alargamiento del tiempo de exploración, debido a la adquisición en grupos.

3. Alargamiento del pulso de RF: El alargamiento del pulso de RF permite la inclusión en éste de más armónicos, por lo que su forma será más rectangular, pareciéndose más a un perfil neto. Presenta la desventaja de sobreexcitar a muestra, con lo que aparecen fenómenos de saturación o incluso de excitar la antena con la misma RF emitida. De todas las estrategias es la menos eficiente.

Excitación cruzada

El artefacto de Excitación cruzada es un artefacto que se manifiesta en una zona específica de la imagen, no teniendo un sentido ni en fase ni en frecuencia. Tiende a confundirse con el artefacto de crosstalking, hasta el punto de que en algunos textos se habla indistintamente de los dos, lo que es incorrecto.

Se produce por sobreexcitación de una zona de una imagen debida a intersección de los cortes. La zona en la que dos o más cortes se interceptan se comporta como una línea de saturación, ya que en el momento en que se adquiere un corte, esta zona ya fue saturada por otro corte, lo que hace caer la señal en esa zona lineal. La apariencia en los cortes en este artefacto se aprecia en la Figura 25, en la que se ve que el plan de adquisición de cortes axiales de columna lumbar, paralelos a los espacios discales, permite que se genere una zona a nivel de las apófisis espinosas en la que los cortes se interceptan. Donde dos cortes se interceptan se produce un efecto de saturación lineal de la señal, ya que esta zona común a dos cortes es sobreexcitada, lo que implica que esta zona lineal de saturación “no será leída” por el corte contiguo, disminuyendo el rendimiento de la adquisición, ya que no se puede evaluar correctamente la región del intercepto entre los cortes. Esta situación es independiente de la introducción de Gaps y del uso de la modalidad de adquisición intercalada en stacks.



Figura 25: Artefacto de excitación cruzada

ESTE ARTEFACTO ES INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE FASE Y FRECUENCIA

Soluciones para corregir el artefacto de crosstalking

Existe solo una estrategia para solucionar el problema de la excitación cruzada: Evitar la adquisición de bloques de cortes que se intercepten, o minimizar la intercepción, llevándola hacia zonas en las que el intercepto no se sitúe sobre estructuras que deben evaluarse durante el informe radiológico. Por esta razón, en las RM de columna lumbosacra, al adquirir los cortes axiales, se puede adquirir solo un bloque de cortes, con una orientación que sea lo más adecuada posible para estudiar correctamente todos los espacios discales de interés, reservando una exploración exclusiva, si es necesaria, de menos cortes al espacio que requiere ser evaluado con una orientación estrictamente axial, para clarificar los hallazgos.

Artefacto de Zipper (Cremallera, o artefacto central de RF)

El artefacto de Zipper se reconoce fácilmente, y es corregible. Pertenece a la categoría de artefactos de RF exógenos a la exploración, ya que se produce por la entrada de RF a la sala donde se encuentra el resonador, aislado por la Jaula de Faraday (denominada como cabina de RF), o por la emisión de RF por monitores, luces, bombas infusoras, u otra fuente que utilice corriente alterna, ubicada al interior de la cabina de RF.

Este artefacto se caracteriza por la presencia de líneas, en todas las imágenes obtenidas, que simulan la apariencia de cierres (cremalleras) formadas por puntos brillantes y oscuros intercalados. En la [Figura 26](#) vemos las características y algunos ejemplos de artefactos de Zipper.

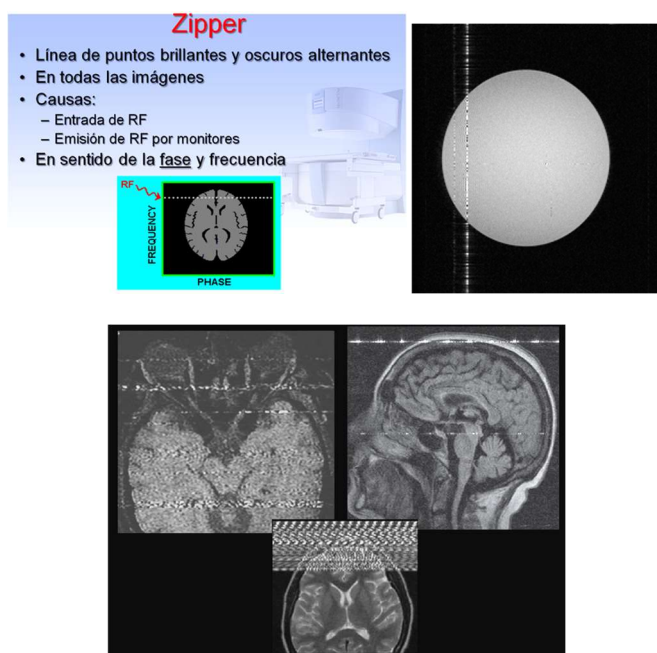


Figura 26: Artefacto de Zipper

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA EN EL SENTIDO DE LA FASE

Soluciones para corregir el artefacto de Zipper

Por ser fácilmente identificable, se deben tomar las siguientes medidas:

1. Asegurar que la cabina de RF sea hermética a las RF exógenas: Asegurarse que la exploración se realiza con la puerta de la cabina de RF perfectamente cerrada. Si esto se verifica, se debe sospechar de daño en algún punto de la jaula de Faraday, lo que amerita la visita del servicio técnico para diagnosticar la hermeticidad de la cabina de RF. Cualquier instalación de algún artefacto, decoración, o modificación en el interior de la cabina, se debe realizar bajo supervisión de personal competente
2. Asegurar que los monitores, bombas y máquinas de anestesia al interior de la cabina de RF sean MRI compatibles (deben estar apantalladas a las RF que emiten), y asegurar el estado correcto de las luces e interruptores al interior de la sala de exploración. Muchas veces, una ampolleta en mal estado explica la presencia de este artefacto.

Artefacto RF Feedthrough (Cremallera central)

El artefacto de RF Feedthrough es una variedad de artefacto de Zipper, sólo que pertenece a la categoría de artefactos de RF endógenos a la exploración, ya que se produce por la entrada de RF a la antena. Cuando se alarga el pulso de RF la antena receptora puede recibir parte de la RF del pulso excitatorio.

Este artefacto se caracteriza por la presencia de UNA LÍNEA, en al menos una imagen obtenida, que simula la apariencia de cremallera formada por puntos brillantes y oscuros intercalados. Esta línea estará ubicada al centro de la imagen, ya que la RF que causa el artefacto se manifestará en la frecuencia 0 a lo largo de la dirección de la fase. En la Figura 27 se ven las características y un ejemplo de éste artefacto.

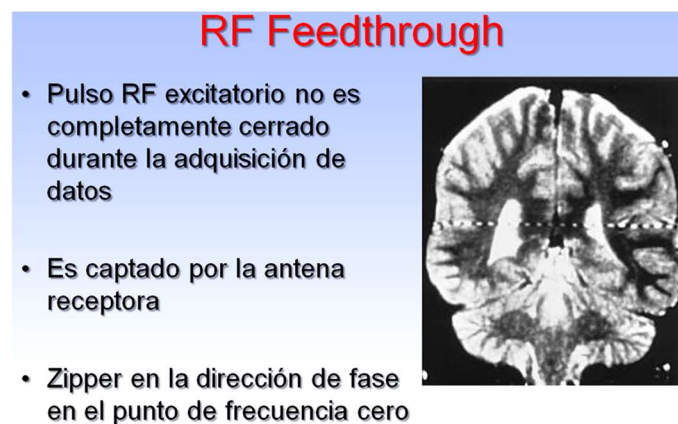


Figura 27: Artefacto de RF Feedthrough

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA EN EL SENTIDO DE LA FASE

Soluciones para corregir el artefacto de RF Feedthrough

No amerita tomar medidas, ya que se produce aleatoriamente durante la adquisición de un corte. La secuencia afectada deberá ser adquirida nuevamente y por lo general no debiera presentarse nuevamente. Si el artefacto se presenta frecuentemente, y en alguna secuencia en particular; ésta se debe reprogramar, ya que pudo corromperse el conjunto de comandos de secuencia. Si sigue ocurriendo se debe sospechar de un problema en la calibración de la antena, ya que abre sus canales de recepción anticipadamente, o un problema en el sistema de coordinación entre la emisión de RF y el momento de la adquisición de los ecos.

Artefacto por Ruido de RF

El artefacto por Ruido de RF se reconoce fácilmente, y es corregible. Pertenece a la categoría de artefactos de RF exógenos a la exploración, ya que se produce por la entrada MASIVA de RF a la cabina de RF, o por la emisión de RF por monitores, luces, bombas infusoras, u otra fuente que utilice corriente, principalmente alterna, ubicada al interior de la cabina de RF. También se puede deber a un mal cierre de la antena que se utiliza para recibir la señal, o a que fue incorrectamente enchufada en su slot (enchufe).

Este artefacto se caracteriza por la presencia de innumerables puntos, en toda la imagen, y en alguna, o todas las imágenes obtenidas, que simulan la apariencia de una “tormenta de nieve”, dada por la insuficiente cantidad de señal recibida, lo que refleja en un Espacio-K con picos de baja amplitud. La RF exógena por su masividad, y por no tener una frecuencia específica, afectará a toda la imagen degradando la calidad de ésta (Figura 28)

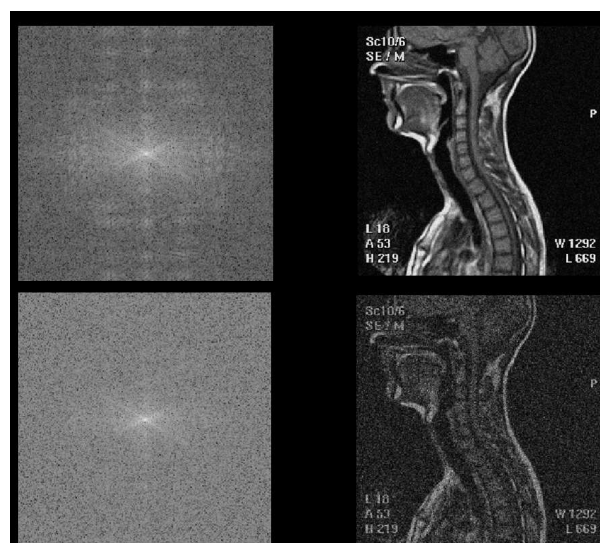


Figura 28: Imágenes con artefacto por Ruido de RF

En la Figura 28 se puede apreciar arriba, una imagen con ruido de RF y su correspondiente Espacio-K. La imagen inferior posee más ruido, que degrada completamente tanto su resolución como su contraste. Nótese la apariencia del Espacio-K inferior, completamente incoherente en sus picos, donde no se reconocen los cuadrantes, ni el aspecto de círculos concéntricos al punto KX0Y0.

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DEGRADANDO TODA LA IMAGEN

Soluciones para corregir el artefacto de Ruido por RF

Se deben tomar las mismas medidas que con el artefacto de Zipper. Se debe agregar como primera posibilidad, el asegurar que la nueva adquisición se realizará con la antena bien cerrada. Una vez presentado el artefacto, se debe revisar que la antena no se haya abierto durante la adquisición.

4. Artefactos relacionados con B0 y los materiales magnéticos

Los artefactos relacionados con B0 y los materiales magnéticos son exclusivos de la técnica de RM, ya que se relacionan con condiciones defectuosas del campo magnético (condiciones del equipo), y la presencia de materiales con alta permeabilidad magnética (condiciones del paciente). Todos estos artefactos tienen limitada capacidad de mitigación, ya que, en el caso del equipo, la solución conlleva intervenciones costosas para solucionar los problemas que inciden en este artefacto. En el caso del paciente, muchos materiales no son removibles, por lo que hay que conformarse con aceptar su efecto en la imagen, con pocas posibilidades de minimizar su expresión

Artefacto de inhomogeneidad

El artefacto de inhomogeneidad se presenta cuando el campo magnético principal no es uniforme. Un B0 perfectamente homogéneo no existe, sin embargo, este artefacto se presenta cuando la inhomogeneidad supera por lo general el rango de 6 ppm, o el valor máximo de inhomogeneidad garantizado por el fabricante.

Este artefacto se caracteriza por la presencia de defectos en la imagen que inicialmente parten como una deficiencia en la supresión espectral de la grasa en un sector de la imagen, la que se repite en todas las exploraciones. En la Figura 29 se observa una imagen en la que hay una falta de uniformidad en la supresión espectral de la grasa a nivel superior derecho de la imagen. A veces este efecto se confunde con la presencia de interfase de susceptibilidad. La diferencia radica en que, en el caso de la inhomogeneidad, en todas las exploraciones y en cualquier región anatómica, independientemente de la antena que se utilice, la misma zona de la imagen presentará una supresión grasa insuficiente cuando se utiliza.

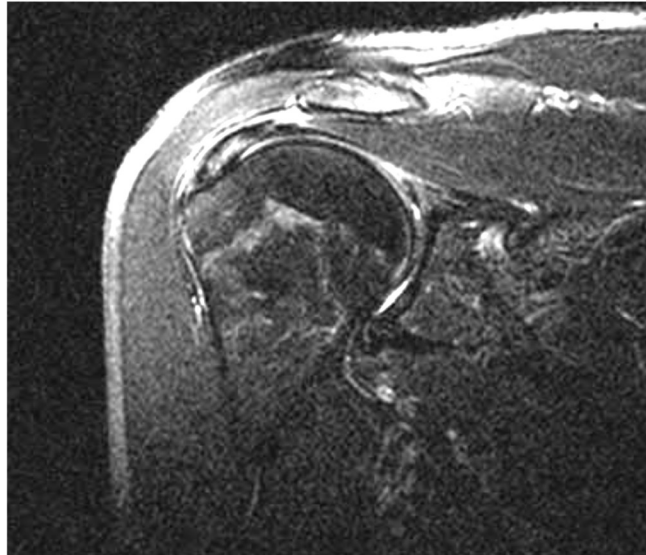


Figura 29: Pérdida de uniformidad en la supresión espectral de la grasa, debida a inhomogeneidad del campo magnético principal.

Cuando la inhomogeneidad aumenta, se produce una pérdida de señal en la misma región de la imagen, independiente del uso de supresión espectral de la grasa, o del tipo de secuencia utilizada. Esto se debe a que, en esa región del campo magnético, es tanta la inhomogeneidad que los espines de esta zona siempre estarán desfasados respecto al resto de los espines, lo que se traduce como una disminución localizada de la señal. La imagen de este efecto se observa en la [Figura 30](#), donde se ve pérdida de señal localizada en la región superior derecha del fantoma. Solo se observa caída focal de la señal sin distorsión de la imagen (que es característica del artefacto de susceptibilidad magnética)

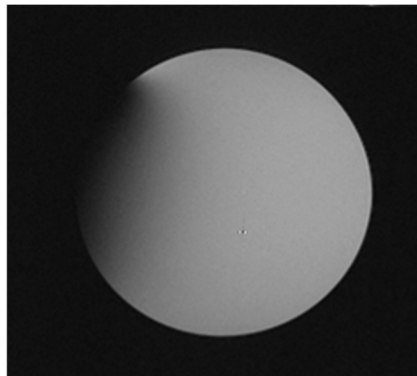


Figura 30: Pérdida localizada de la uniformidad de la señal en la región superior derecha del fantoma, sin distorsión de la imagen.

Las secuencias GRE son las más sensibles a este tipo de artefacto, ya que no corrigen los efectos de la inhomogeneidad del campo magnético. Existe una variedad del artefacto de inhomogeneidad, que se presenta al usar secuencia GRE, denominada Moirè Fringes.

Los patrones de Moirè se producen en forma normal, debido a que las secuencias GRE son sensibles incluso a las pequeñas inhomogeneidades de B₀, y a las mínimas inhomogeneidades de campo magnético producidas por el solo hecho de colocar un paciente en el interior del magneto, las que pueden ser corregidas limitadamente por el shimming activo del equipo. Se producen generalmente cuando el FOV es menor que la estructura a estudiar, por lo que habrá aliasing de la estructura, con sobreposición de señales que presentan incoherencia de fases entre las estructuras “aliased” y las correctamente situadas en el FOV. Esta incoherencia de fases produce cancelación de señal en algunas zonas, que se intercalan con adición de señal en otras, lo que explica la presencia de “flecós”, habitualmente curvados, similares a “rayas de cebra”. En la Figura 31 se observa cómo se presentan los Moirè Fringes en distintas imágenes GRE. En ambas imágenes se observa el patrón de cebra a los costados de la imagen (flechas negras en la imagen de izquierda, y flechas blancas en la imagen de la derecha). El patrón de Moirè se presenta prácticamente en todas las secuencias GRE, que se utilizan como localizadoras en regiones “grandes” del cuerpo (abdomen, pelvis, muslos)

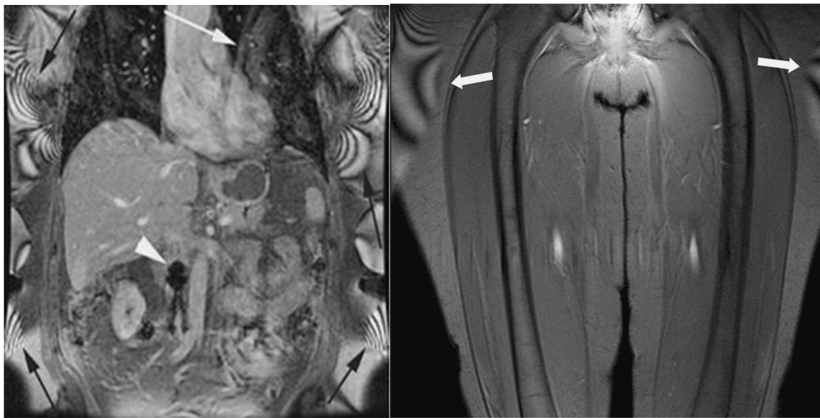


Figura 31: Moirè Fringes en imágenes GRE utilizadas como localizadoras.

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DEGRADANDO LA IMAGEN EN FORMA LOCALIZADA, RESTRINGIDA A LA ZONA INHOMOGENEA, Y SIN DISTORSIÓN DE LA IMAGEN

Soluciones para corregir el artefacto de Inhomogeneidad

Como primera opción se debe realizar una inspección visual del túnel del resonador. La mayoría de las veces la inhomogeneidad es producida por un material metálico pequeño “que voló” al interior del túnel, y se pegó en un lugar de éste (por ejemplo un clip, un corchete, un alfiler). Asociado a este lugar se producirá el defecto de la imagen anteriormente descrito, ya que un objeto metálico muy ferromagnético introducido permanentemente dentro del túnel producirá una deflexión localizada de las líneas de fuerza del campo, y por lo tanto, un aumento en la inhomogeneidad, la que es difícil de corregir mediante el shimming activo. Esta causa es más frecuente de

lo que se cree, por lo que la inspección visual del túnel está dentro de la rutina semanal de control de calidad del equipo.

Descartada la presencia de materiales en el túnel, la presencia de inhomogeneidad puede deberse a la instalación en la proximidad del resonador de una gran masa metálica, que si es móvil, afectará los ajustes del shimming pasivo realizados durante la instalación del magneto. Este es el típico caso de la instalación del ascensor cercano a la sala de RM. La solución en este caso es solicitar al servicio técnico que realice un diagnóstico y si es necesario, que realice nuevamente otro shimming pasivo lo que demandará muchos recursos económicos.

Dentro de la misma visita, si el shimming pasivo está dentro de especificaciones, se debe sospechar que el shimming activo sea insuficiente, debido a falla de alguna bobina de shim. Esta alternativa también es altamente demandante en tiempo y en lo económico.

Artefacto de susceptibilidad magnética

Los materiales ferromagnéticos (con alta permeabilidad y susceptibilidad magnética) aumentan el valor del campo magnético en su interior y en su proximidad, lo que desfasa los espines situados bajo su influencia haciendo caer drásticamente su señal. El artefacto de susceptibilidad magnética se presenta en dos condiciones:

1. Quando el paciente es portador de materiales metálicos con algún grado de ferromagnetismo: En este caso, la imagen además de presentar zonas con caída de señal, presenta deformación de la estructura en estudio (distorsión de la imagen). Esto lo diferencia del artefacto de inhomogeneidad, y es tanta la alteración en la imagen, que impide la evaluación correcta, por lo que el examen se suspende quedando fuera del abordaje a través de esta técnica. En la Figura 32 se aprecia la situación de la presencia de materiales metálicos.

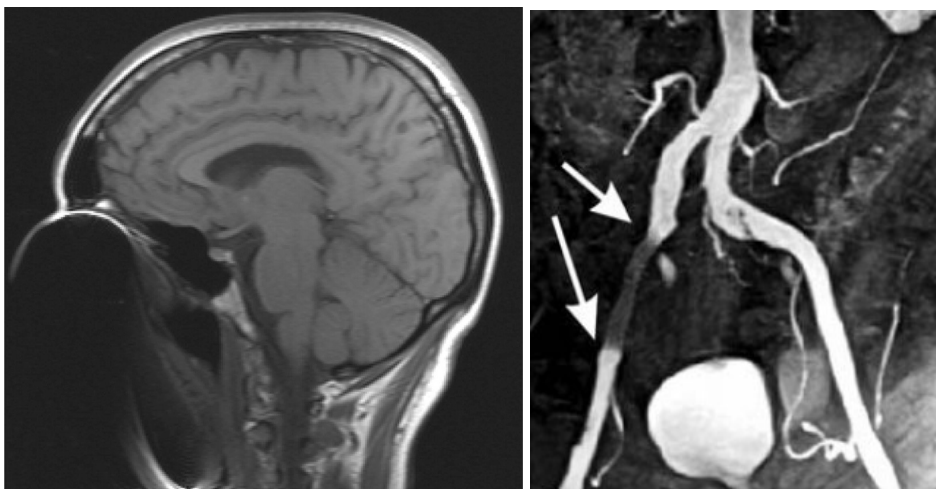


Figura 32: Artefacto de susceptibilidad por presencia de materiales metálicos

En este caso, la presencia de brackets de ortodoncia, además de hacer caer la señal produce una gran deformación de la imagen, que impide evaluar las órbitas y la fosa craneal anterior. La imagen de la derecha muestra la caída de señal por la presencia de un stent en la arteria ilíaca derecha. Si bien es cierto los stents son compatibles con RM, esto no implica que sean “compatibles con la imagen”, por lo que igual caerá la señal. La poca cantidad de material ferromagnético no producirá distorsión de la imagen, sin embargo, la caída de señal se puede asociar al pitfall de la presencia trombosis, si se desconoce el antecedente de la instalación del stent. Esta imagen es clásica y recibe el nombre de “*efecto stent*”. El efecto de la susceptibilidad asociada a materiales será más marcado en las secuencias GRE y EPI, lo que las hace impracticables en estas situaciones. En la [Figura 37](#) se observa el efecto de la susceptibilidad en un fantoma. En la zona con mayor susceptibilidad además de haber caída de señal, habrá distorsión de la imagen, que es lo que diferencia este artefacto del de inhomogeneidad.

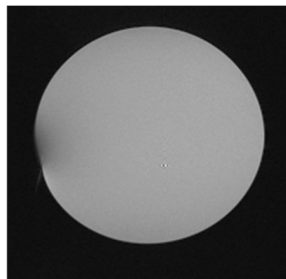


Figura 33: Artefacto de susceptibilidad por materiales metálicos en un fantoma.

2. Quando se estudian zonas anatómicas que permiten interfases, entre estructuras con distintas susceptibilidades magnéticas: Las interfases con marcadas diferencias de susceptibilidad corresponden a las interfases Tejido/Aire, Tejido/Aire/Hueso, Hueso/Aire/Grasa. Por lo general, las estructuras con gran contenido de aire, normales (neumatizadas, pulmones, asas de colon, etc.) o patológicas (gas, neumatosis, neumoencéfalo, etc.) presentarán este efecto. El artefacto de susceptibilidad debido a interfases será más intenso al ejecutar secuencias GRE y EPI. En la [Figura 34](#) se observa el efecto de interfases en una secuencia T2 GRE a nivel de las CPN, donde el artefacto de interfases impide evaluar esta región y la fosa craneal media. La distorsión de la imagen en esta modalidad de artefacto, será menor que en la presencia de materiales metálicos.

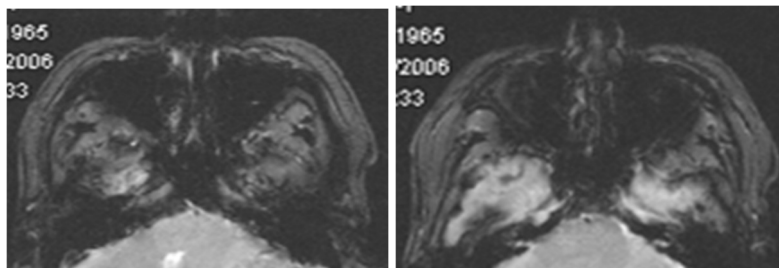


Figura 34: Artefacto de susceptibilidad por interfases

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DISMINUYENDO LA SEÑAL EN LA ZONA DE AUMENTO DE SUSCEPTIBILIDAD, Y CON DISTORSIÓN DE LA IMAGEN

Soluciones para corregir el artefacto de Susceptibilidad

Es incorregible en cualquiera de sus modalidades. En el artefacto asociado a materiales metálicos la única solución es el retiro del material, mientras sea posible. Una forma de minimizar la expresión del artefacto es a través del aumento del rBW, pero disminuye la SNR.

5. Artefactos relacionados con las gradientes

Los artefactos relacionados con las gradientes magnéticas son exclusivos de la técnica de RM, ya que se relacionan con el uso de gradientes (Eddy Currents) o condiciones defectuosas de las gradientes (en el caso del artefacto de no linealidad). Estos artefactos tienen limitada capacidad de mitigación, ya que por relacionarse con fallas en componentes de los equipos, en este caso, con los amplificadores de gradientes o con las bobinas de gradientes, la solución implica intervenciones costosas en lo económico y en tiempo. Desde el punto de vista del operador, no existe posibilidad de minimizar su expresión.

Artefacto de Eddy Currents (Corrientes en remolino)

El artefacto de Eddy Currents se debe a que al generarse las corrientes en las bobinas de gradientes, éstas interactúan con los materiales metálicos del resonador (contenedor de helio, cables y otros materiales conductores) generándose “corrientes parásitas” en forma secundaria, debido a los rápidos cambios en la polaridad. Estas corrientes parásitas alterarán la forma normal de los gradientes “ideales”, distorsionando su perfil. En la [Figura 35](#) se observa la forma ideal del perfil de una gradiente, y como se altera con la formación de estas corrientes en remolino.

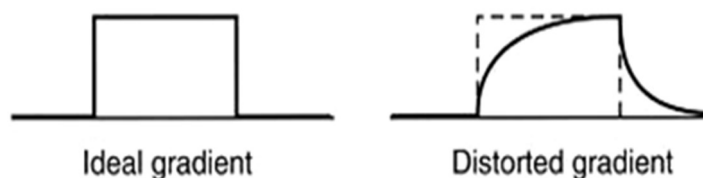


Figura 35: Alteración del perfil de la gradiente ideal debido a las Eddy currents

El cambio en la forma del perfil de gradiente introduce borrosidad y distorsión en la imagen, la que se presenta más marcadamente en las secuencias GRE, y especialmente en las secuencias EPI. En la Figura 36 se ven algunos ejemplos de imágenes que presentan este artefacto. Las imágenes A y C presentan borrosidad y la presencia de imágenes lineales reverberantes en el interior de la imagen del fantoma. Las imágenes B y D muestran la imagen en condiciones ideales. En la imagen inferior se aprecia como la presencia de este artefacto en una secuencia EPI para estudio de anisotropía fraccional, produce una falla en el registro de los tractos de fibras blancas. Se muestra como es el resultado con la presencia del artefacto, y ya corregida.

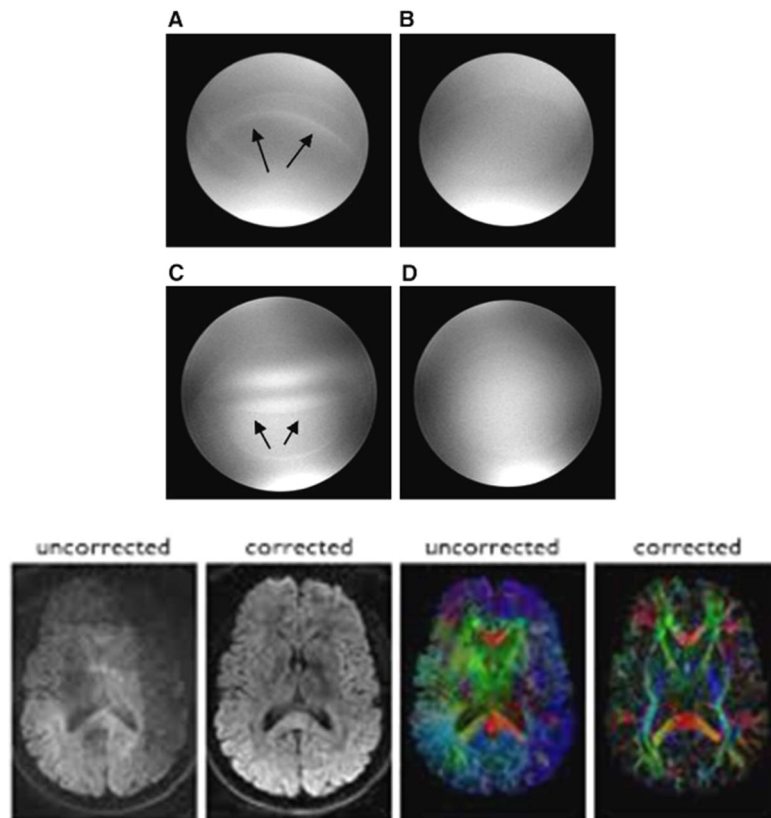


Figura 36: Imágenes con artefacto de Eddy currents

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DEGRADANDO LA IMAGEN EN FORMA GLOBAL

Soluciones para corregir el artefacto de Eddy Currents

Es incorregible por parte del operador, además que es difícil de distinguir de otros artefactos (susceptibilidad, no linealidad, coil overflow, artefacto de imagen paralela, etc.). De todos modos, el fenómeno de distorsión del perfil ya está corregido por parte del fabricante, a través de la estrategia de Eddy currents compensation. Cuando se presenta el artefacto, es porque la compensación que se hace es insuficiente, o hay falla en algún punto de la cadena de generación, amplificación y modulación de las gradientes, lo que implica la revisión por parte de

ingenieros de RM calificados. La compensación de las corrientes de Eddy se realiza a través de la estrategia de Eddy currents compensation. Ésta consiste en la deformación premeditada de la forma del pulso de gradiente, de modo que la deformación, al agregarse a la distorsión producida por los componentes conductores del resonador, resulte en un pulso lo más ideal posible. Habitualmente la forma del pulso “premeditadamente deforme” es complementaria a la del pulso distorsionado por las corrientes parásitas. Este es un método sofisticado de compensación, que está representado en la [Figura 37](#). Arriba ($G(t)$) se muestra el pulso de gradiente ideal. Al medio (G_{eddy}) se muestra el pulso distorsionado por las corrientes parásitas. Abajo se visualiza el pulso “premeditadamente distorsionado” (Φ_{eddy}). Nótese que al “sumar” los pulsos $G_{\text{eddy}} + \Phi_{\text{eddy}}$, la resultante será la gradiente ideal $G(t)$. La sofisticación de este método radica en el monitoreo en tiempo real del gradiente distorsionado (Eddy), el análisis de su perfil, y la modificación en la corriente a aplicar a la bobina de gradiente para distorsionarla y así compensar la distorsión del gradiente Eddy.

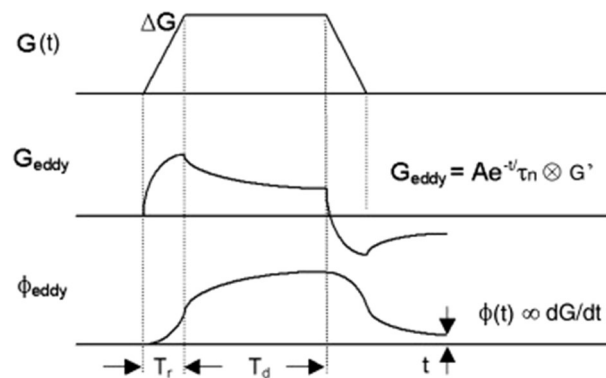


Figura 37: Eddy currents compensation

Artefacto de No linealidad de las gradientes

El artefacto de No linealidad de las gradientes se presenta cuando no se trabaja con la zona lineal de las gradientes. En la [Figura 38](#) se ve la zona lineal de las gradientes, derivada de que las gradientes en realidad no son perfectamente lineales, solo una zona de la gradiente generada por bobinas de gradientes opuestas es lineal.

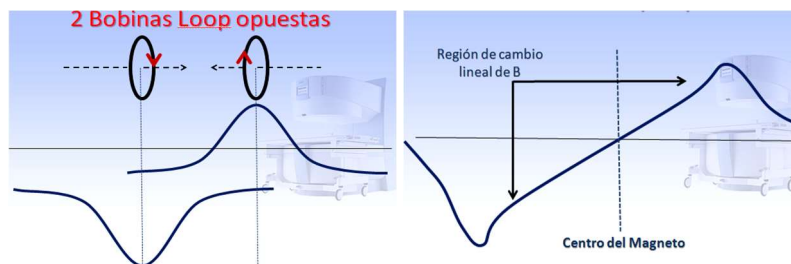


Figura 38: Zona lineal de la gradiente

La No linealidad y la distorsión geométrica están siempre relacionadas.

La idea, entonces, es trabajar siempre en la zona lineal de la gradiente, sin embargo, cuando se selecciona anchos de banda muy amplios se corre el riesgo de trabajar con la zona no lineal de la gradiente. Esta situación puede ocurrir normalmente cuando se trabaja con FOVs al límite del FOV máximo del equipo, que varía en los equipos actuales entre los 500 y 600 mm.

En la Figura 39 se esquematiza la distorsión geométrica asociada a no linealidad de las gradientes.

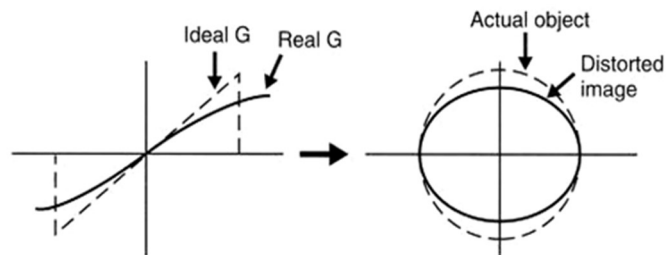


Figura 39: No linealidad de las gradientes y distorsión geométrica

Este artefacto se manifiesta como distorsión geométrica de la imagen. La secuencia más sensible a este artefacto es la EPI, por el abuso y gran alternancia de gradientes, aunque puede presentarse en cualquier secuencia (aunque GRE es altamente sensible a este artefacto).

En la Figura 40 se ven ejemplos de distorsión geométrica debido a no linealidad de las gradientes.

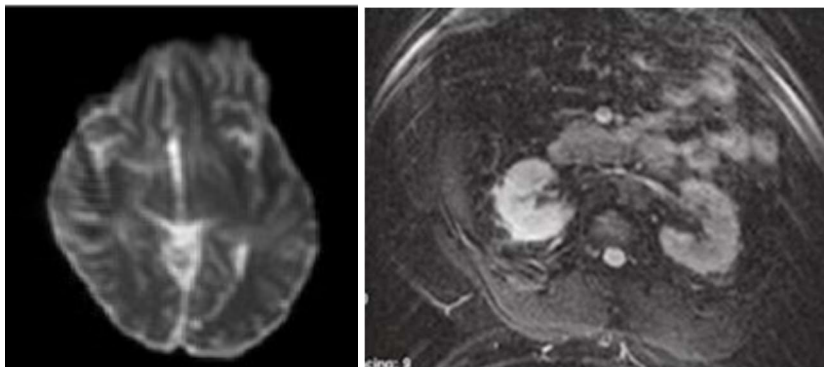


Figura 40: Distorsión geométrica secundaria a no linealidad de las gradientes

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DEGRADANDO LA IMAGEN EN FORMA GLOBAL, AUNQUE TIENE MAYOR IMPACTO EN EL SENTIDO DE LA FASE

Estrategias para corregir el artefacto de No linealidad

Es incorregible por parte del operador, cuando se debe a falla en la cadena de generación, amplificación y modulación de las gradientes, sumado a que es difícil de diferenciar de otros artefactos que se asocian a distorsión geométrica de la imagen. La única sugerencia posible es evitar el uso de FOVs extremos, cercanos al FOV máximo del equipo, ya que esto implica el uso de una mayor área del gradiente, que usa la zona no lineal de ésta.

6. Artefactos relacionados con el procesamiento de datos.

Los artefactos relacionados con el procesamiento de datos son errónea, y habitualmente atribuidos a problemas relacionados con las RF. Los artefactos relacionados con el procesamiento de datos no pueden ser mitigados, ya que se relacionan con componentes del equipamiento (sistema de reconstrucción de imágenes). Habitualmente se presentan de manera aleatoria y no revisten mayor preocupación.

Crisscross striations (Artefacto de Espiga o Spikes)

El artefacto de espiga ocurre debido a que muchas veces hay errores en la conversión análogo-digital de la señal de RM, lo que produce la aparición de espigas en el Espacio-K. Las espigas son picos únicos de altísima señal, que pueden formarse en cualquier punto del Espacio-K. Esta espiga cambia completamente el patrón de la imagen, el cual se ve con rayas se denomina “patrón en cotelé” (*Crisscross striations*)

El efecto de la espiga en la imagen dependerá de su ubicación en el Espacio-K: Mientras más periféricas se ubiquen las espigas en el Espacio-K, el patrón en la imagen será de rayas más seguidas y delgadas. Si una espiga se ubica en una zona más central, las rayas son menos numerosas, pero más anchas.

En la Figura 41 se ve este efecto. En la imagen superior la espiga está en situación más central del Espacio-K. En la imagen inferior, la espiga se ubica en una región más periférica.

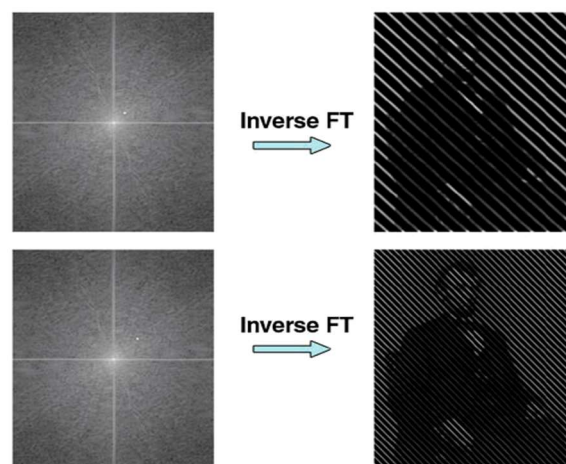


Figura 41: Spikes y Estrias Crisscross

En las Figuras sucesivas (42, 43 y 44) se ven ejemplos de espigas en imágenes de RM

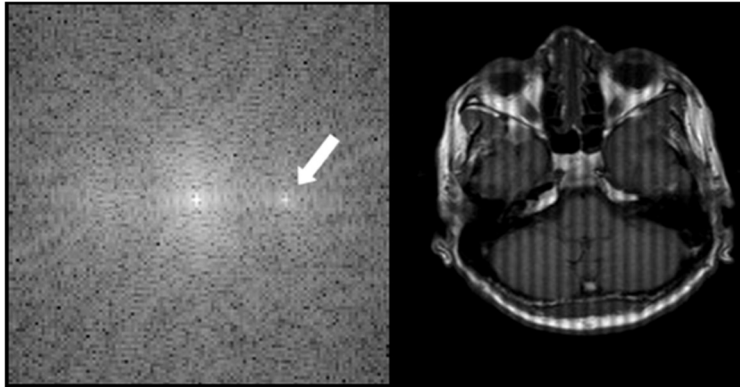


Figura 42: Spikes y Estrias Crisscross

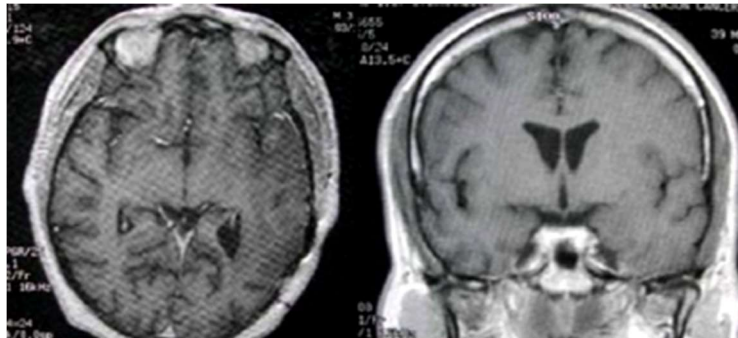


Figura 43: Spikes y Estrias Crisscross

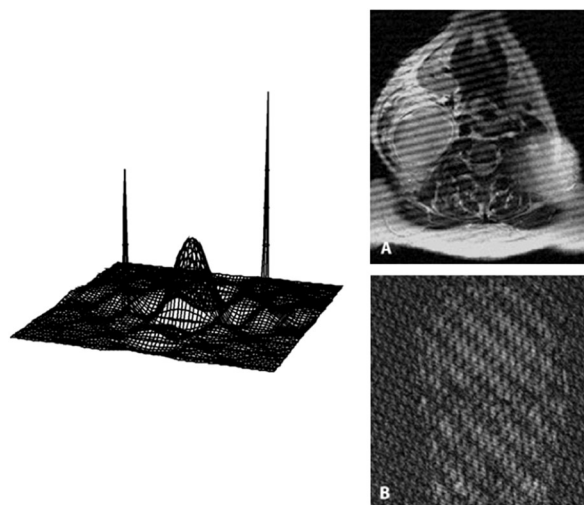


Figura 44: Spikes y Estrias Crisscross. Imagen A obtenida con una espiga de ubicación periférica. Imagen B obtenida con una espiga de ubicación central

ESTE ARTEFACTO SE MANIFIESTA INDEPENDIENTE DEL SENTIDO DE LA FASE Y DE LA FRECUENCIA, DEGRADANDO LA IMAGEN EN FORMA GLOBAL.

Soluciones para corregir el artefacto de Espigas

Es incorregible por parte del operador. Siempre se debe a una falla aleatoria del convertidor análogo digital (ADC converter) o del PC de reconstrucción de imágenes (Sistema IRS).

Habitualmente puede comprometer a una o más imágenes de la misma adquisición. Solo se debe repetir la secuencia, y lo más probable es que no se repita el artefacto.

Si aumenta la frecuencia de que ocurra, se debe contactar al servicio técnico, ya que puede deberse a disfunción de algún componente del sistema de reconstrucción de imágenes