The background of the slide is a grayscale axial MRI scan of the abdomen, showing the liver, kidneys, and adrenal glands. A yellow rectangular box is superimposed over the center of the image, containing the title text.

# 3D DUAL ECHO: más allá de la esteatosis y los adenomas adrenales

**Autores:** M.I. Rossi Prieto, Ana Benítez Vázquez, Carlos Luis Peñalver Paolini, Karina Paola Rodríguez Rosales, Luis Herraiz Hidalgo y Vicente Martínez de Vega Fernández.

**Servicio de Radiodiagnóstico. Quirón Salud.  
Complejo Rúber Juan Bravo, Madrid.**



# OBJETIVOS DOCENTES

---

- Describir las ventajas de la secuencia 3D dual echo frente a su equivalente en 2D.
- Explicar los principios físicos de la secuencia 3D dual echo.
- Aplicar los efectos físicos de la secuencia 3D dual echo en el diagnóstico de diversas patologías.



## REVISIÓN DEL TEMA

---

- La RM detecta la presencia de grasa en una lesión, lo que limita considerablemente el diagnóstico diferencial.
- No todos los tejidos o lesiones tienen la misma proporción y el mismo tipo de grasa. Gracias a esta diferencia determinamos qué tipo de secuencias debemos utilizar para anular apropiadamente estos tejidos.
- En nuestro trabajo queremos profundizar en la **secuencia T1 en fase y fuera de fase (3D dual echo)**, explicar cuáles son sus principales ventajas sobre el resto de secuencias que detectan grasa y, sobre su equivalente en 2D.

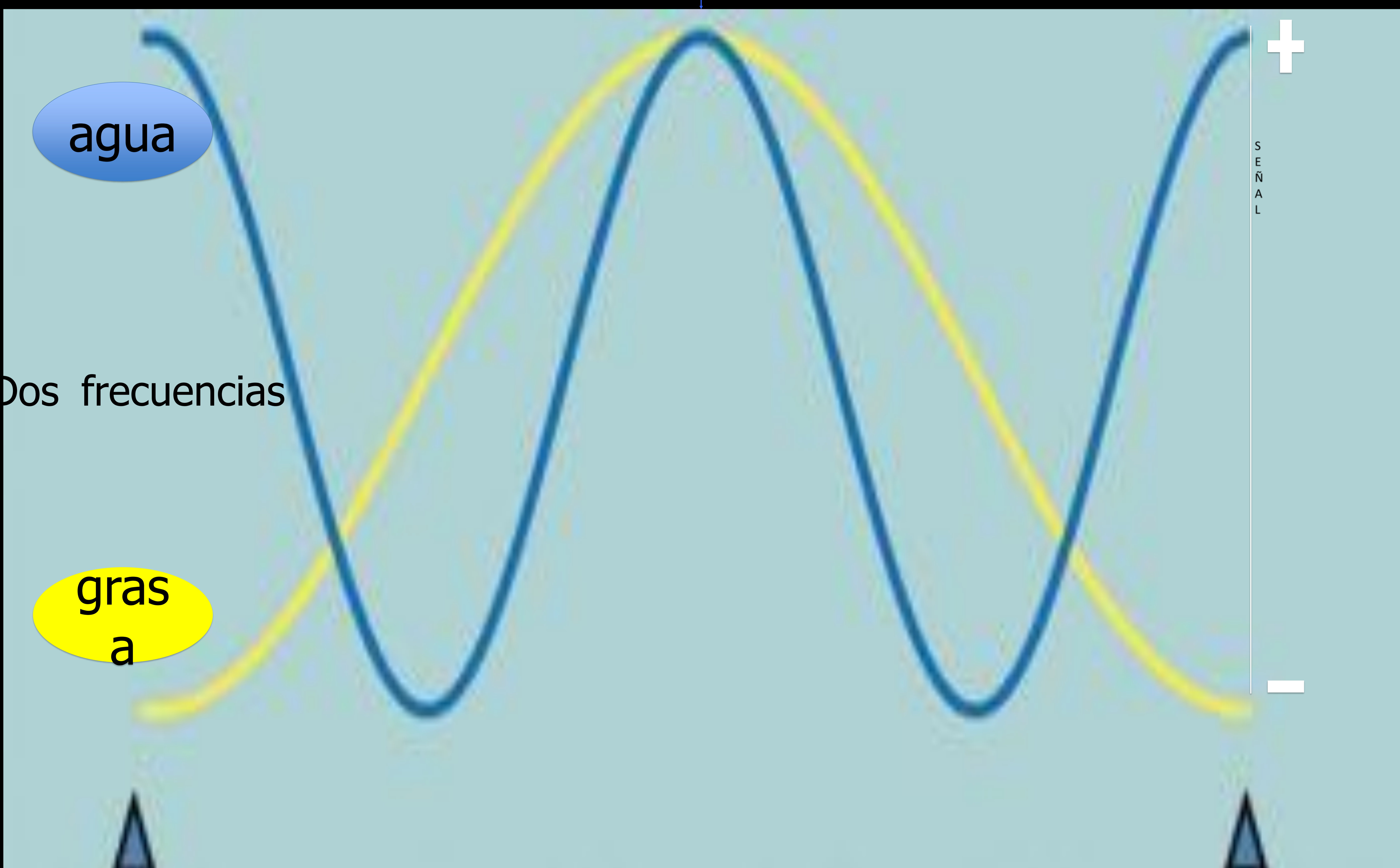


## Fundamentos físicos de la secuencia en fase y fuera de fase.

Al aplicar un pulso de RF el vector de magnetización transversal está en fase porque tanto los protones del agua como los protones de la grasa tienen la misma orientación (mayor señal). Al tener los protones de grasa y agua una frecuencia de precesión diferente, al cabo de un tiempo (tiempo de eco) sus vectores estarán en sentido opuesto (fuera de fase) y el vector suma resultante será de menor magnitud (menor señal).

En otro momento, ambos vectores volverán a coincidir y de nuevo estarán en fase y su vector suma será mayor y tendrá mayor señal.

En fase



Fuera de fase

Fuera de fase

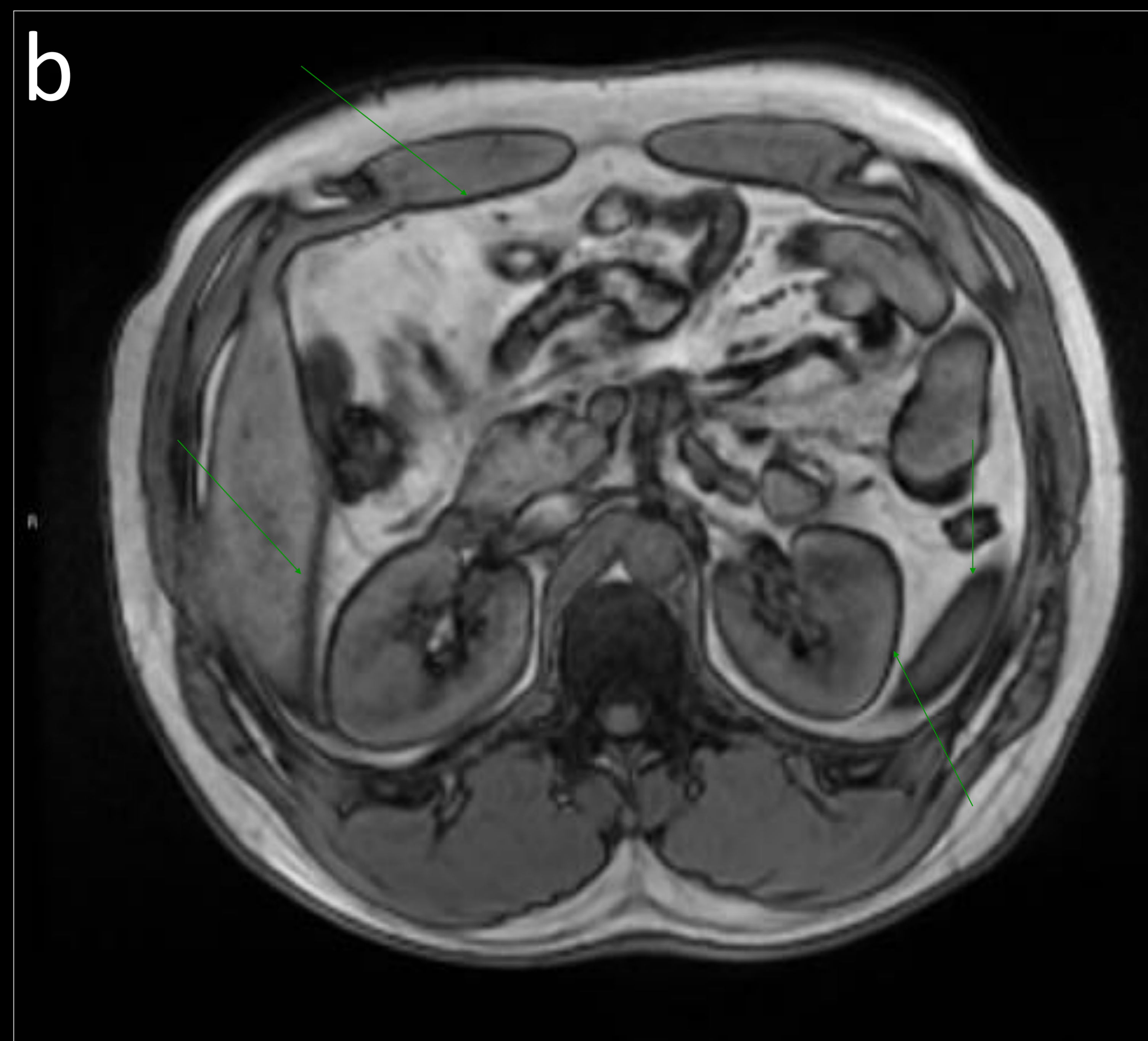
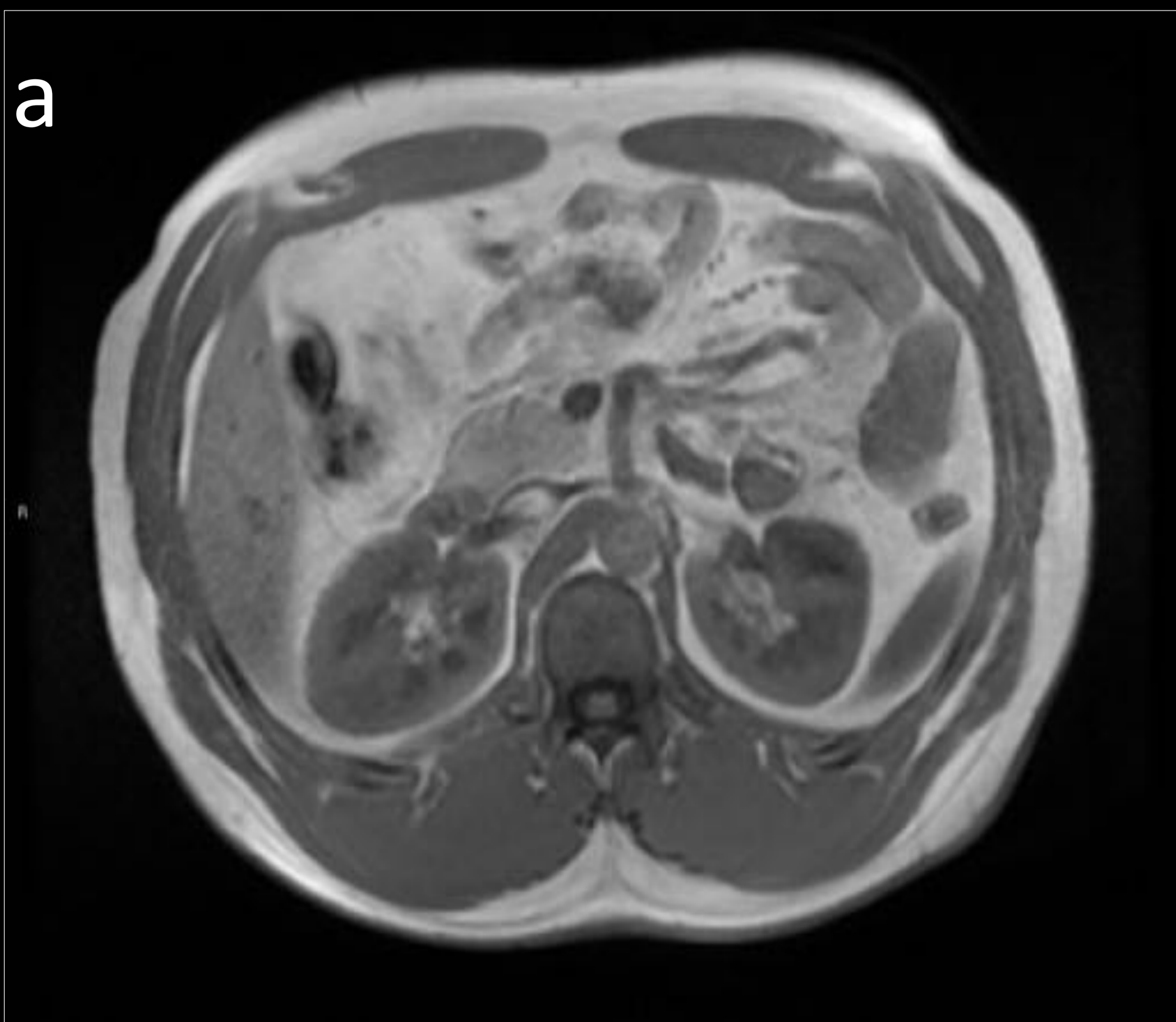


- Permite detectar lesiones que muestren grasa coexistiendo con agua, es decir, que presenten **grasa microscópica**.
- No debe utilizarse como secuencia postcontraste ya que la captación de la lesión puede no evidenciarse o incluso se puede producir un incremento paradójico de la supresión grasa; este problema es más acusado cuando la lesión está dentro de tejidos con alto contenido graso, como en la mama.



## Artefacto en tinta china

- La secuencia en fuera de fase se reconoce por este artefacto.
- Línea negra en el borde de las estructuras por la pérdida de señal en la interfase grasa-agua.
- Se produce porque los voxels en esta interfase contiene tanto grasa como agua y, la señal de estos dos protones se cancelan mutuamente, produciendo un voxel de baja intensidad de señal.

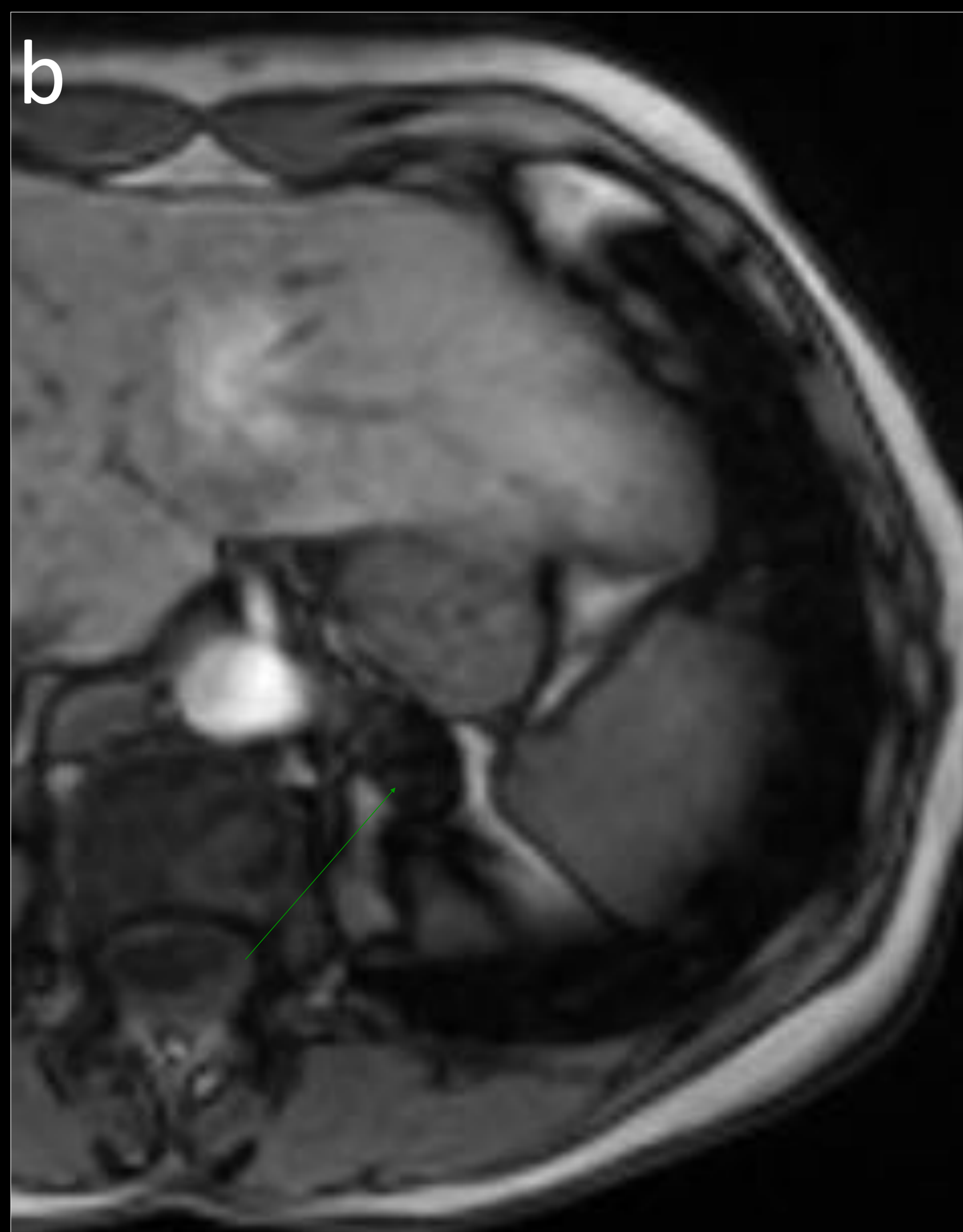
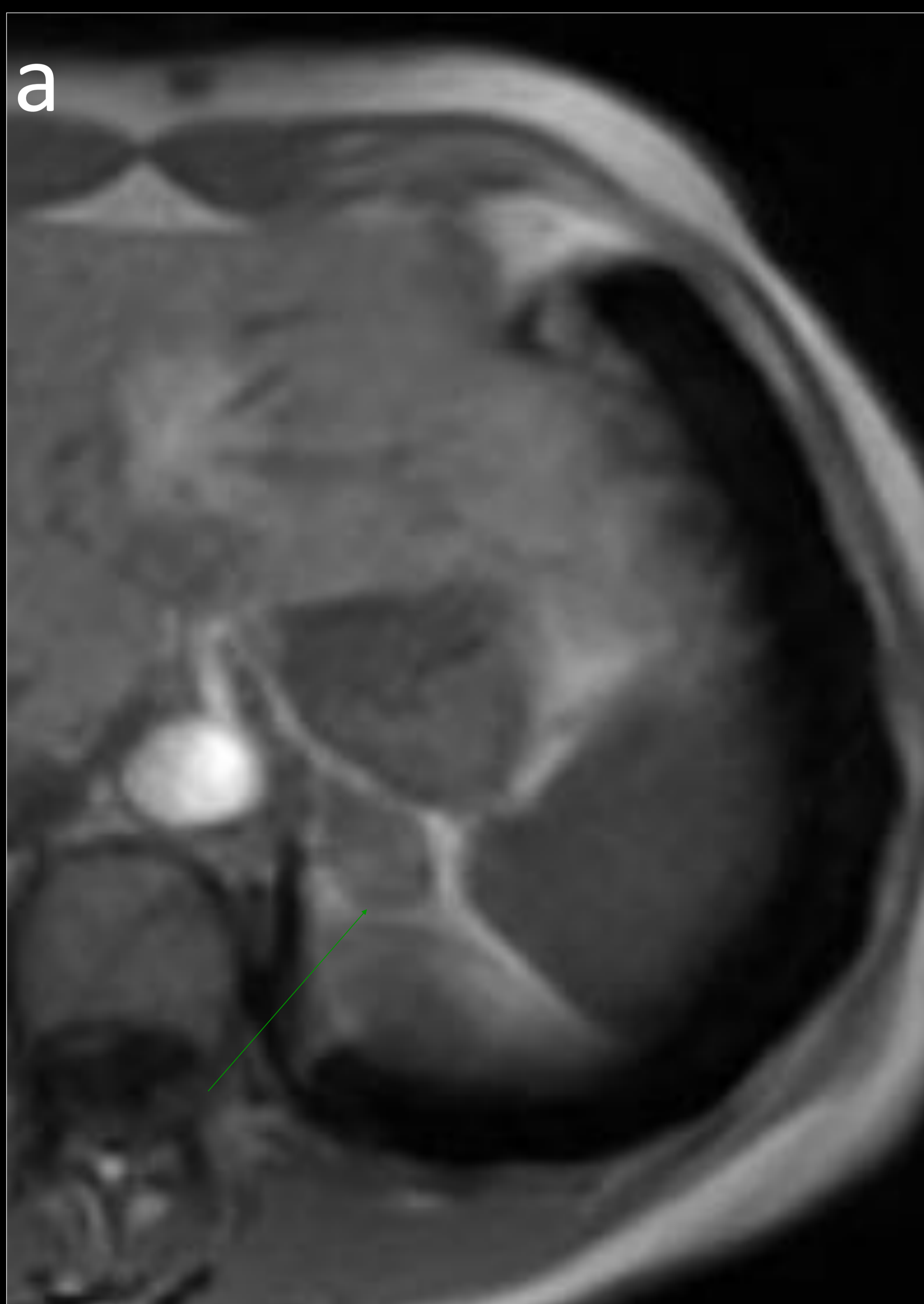


**Artefacto en tinta china** (flechas verdes) en la interfase agua (órganos)-grasa en la secuencia T1 en fuera de fase (b).



## VENTAJAS

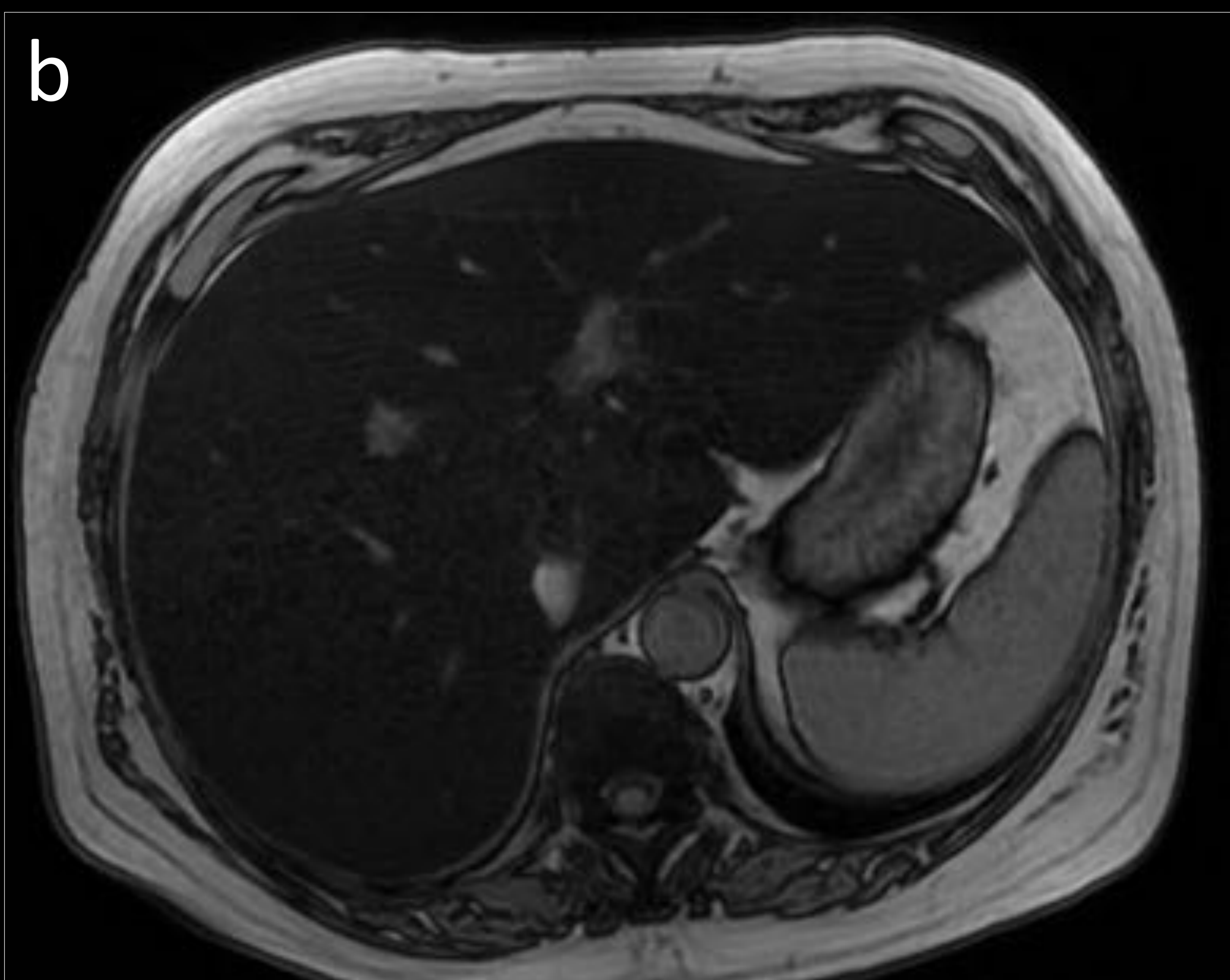
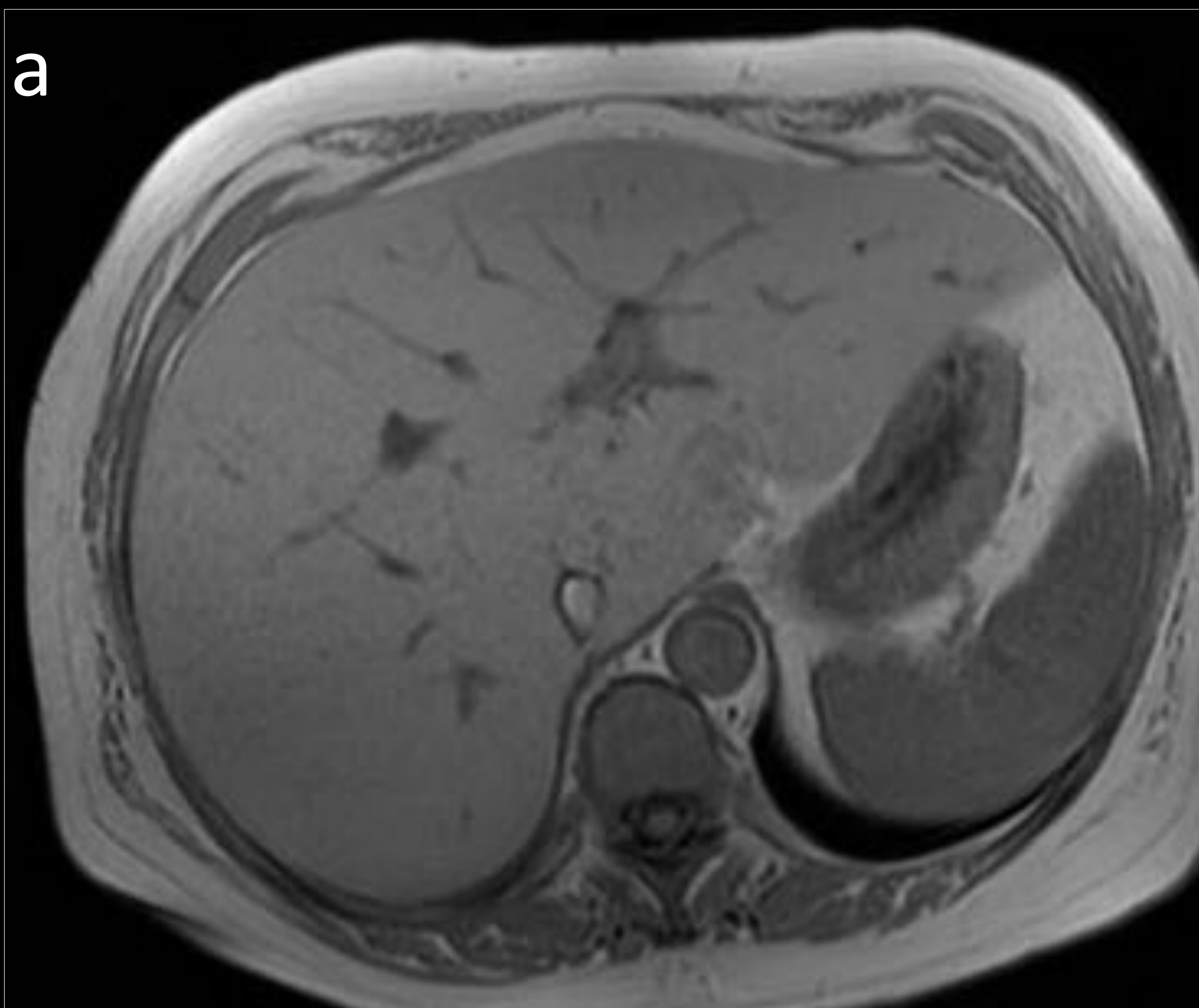
- Técnica rápida y sencilla.
- Diagnostica lesiones que muestran grasa coexistiendo con agua (adenomas suprarrenales o hepáticos, esteatosis...).



**Adenoma adrenal** (flechas verdes). Nódulo adrenal izquierdo con caída de la señal en la secuencia T1 en fuera de fase (b) respecto a la secuencia T1 en fase (a), que confirma la presencia de grasa microscópica del adenoma.



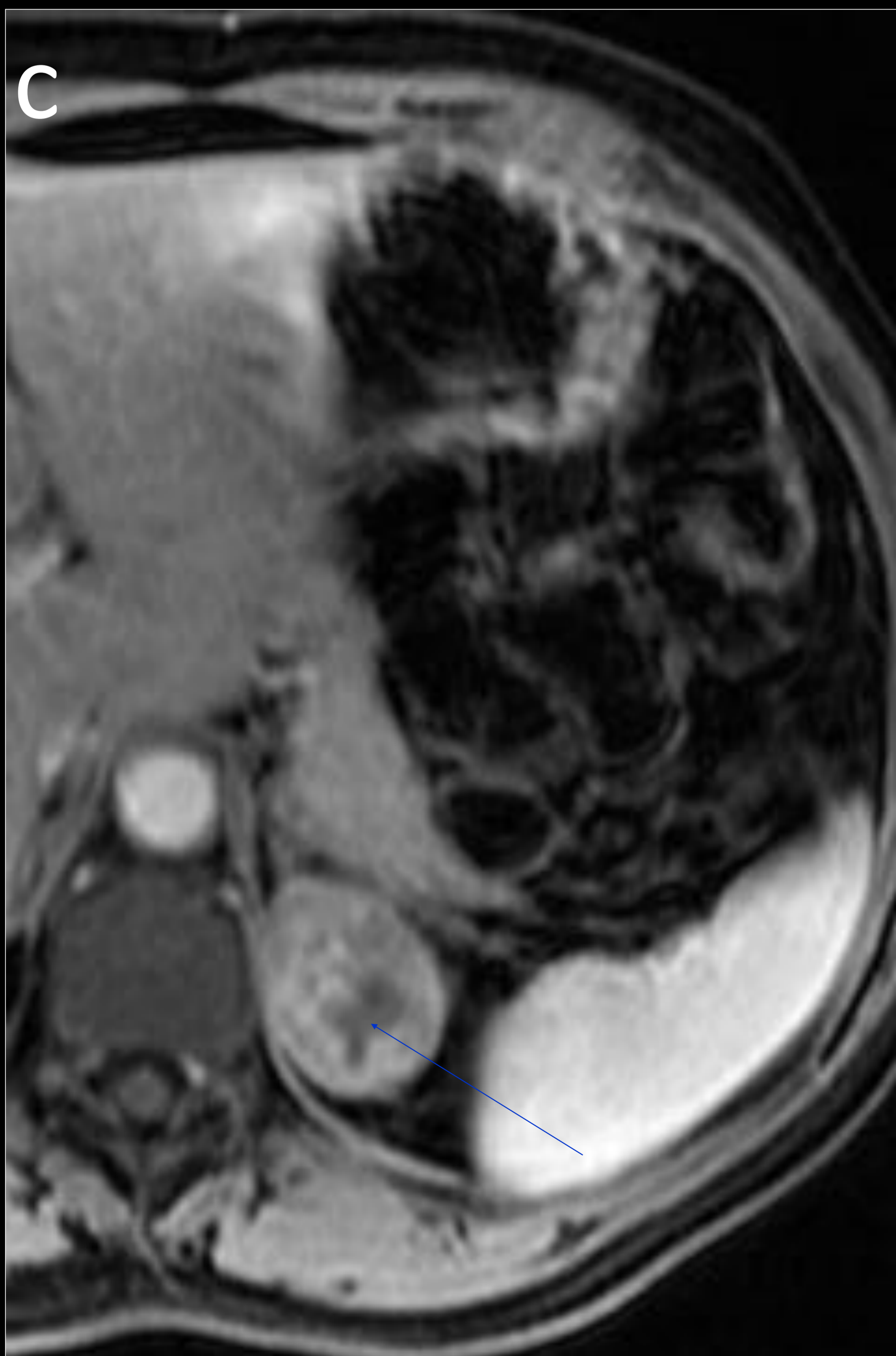
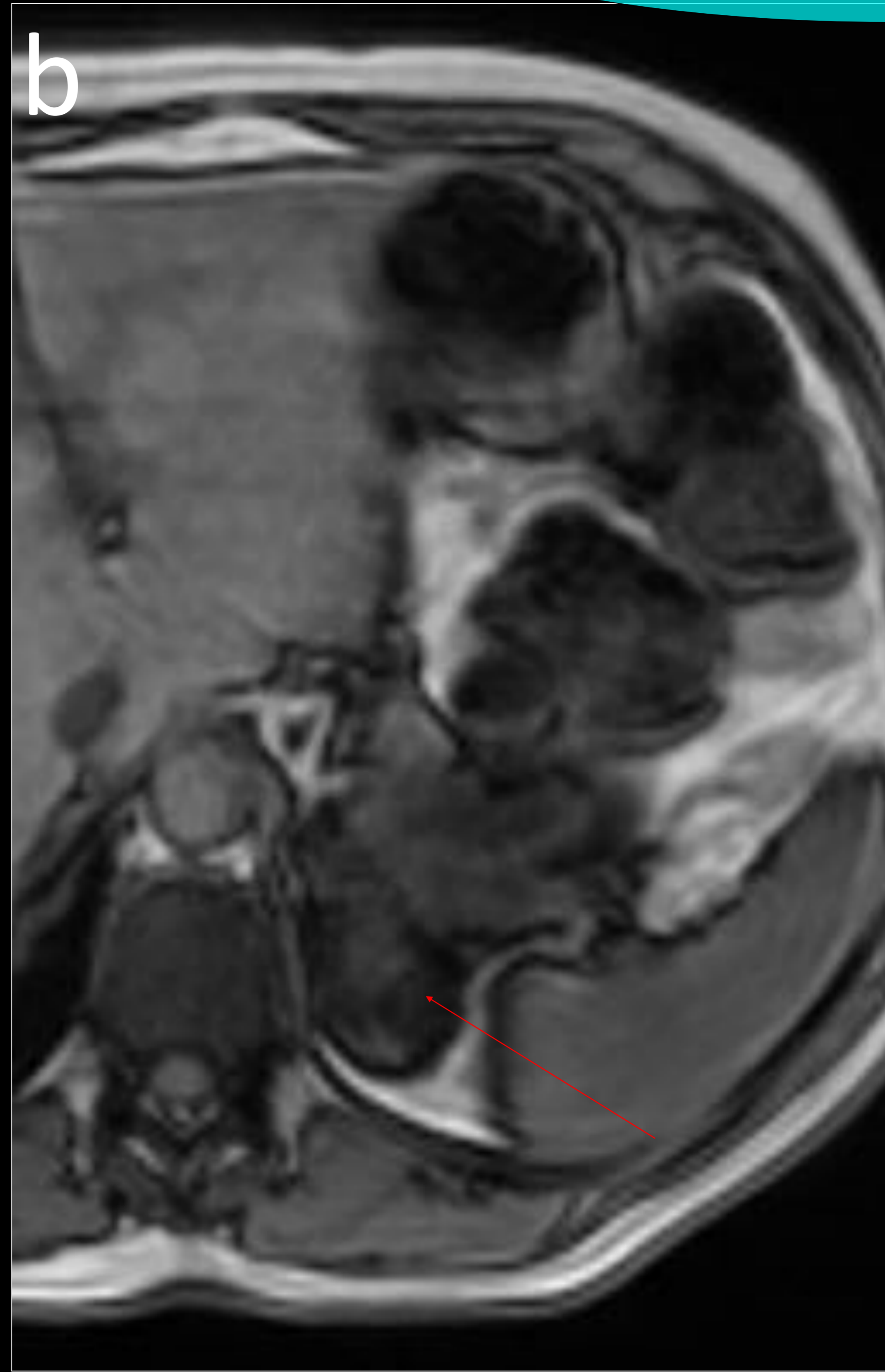
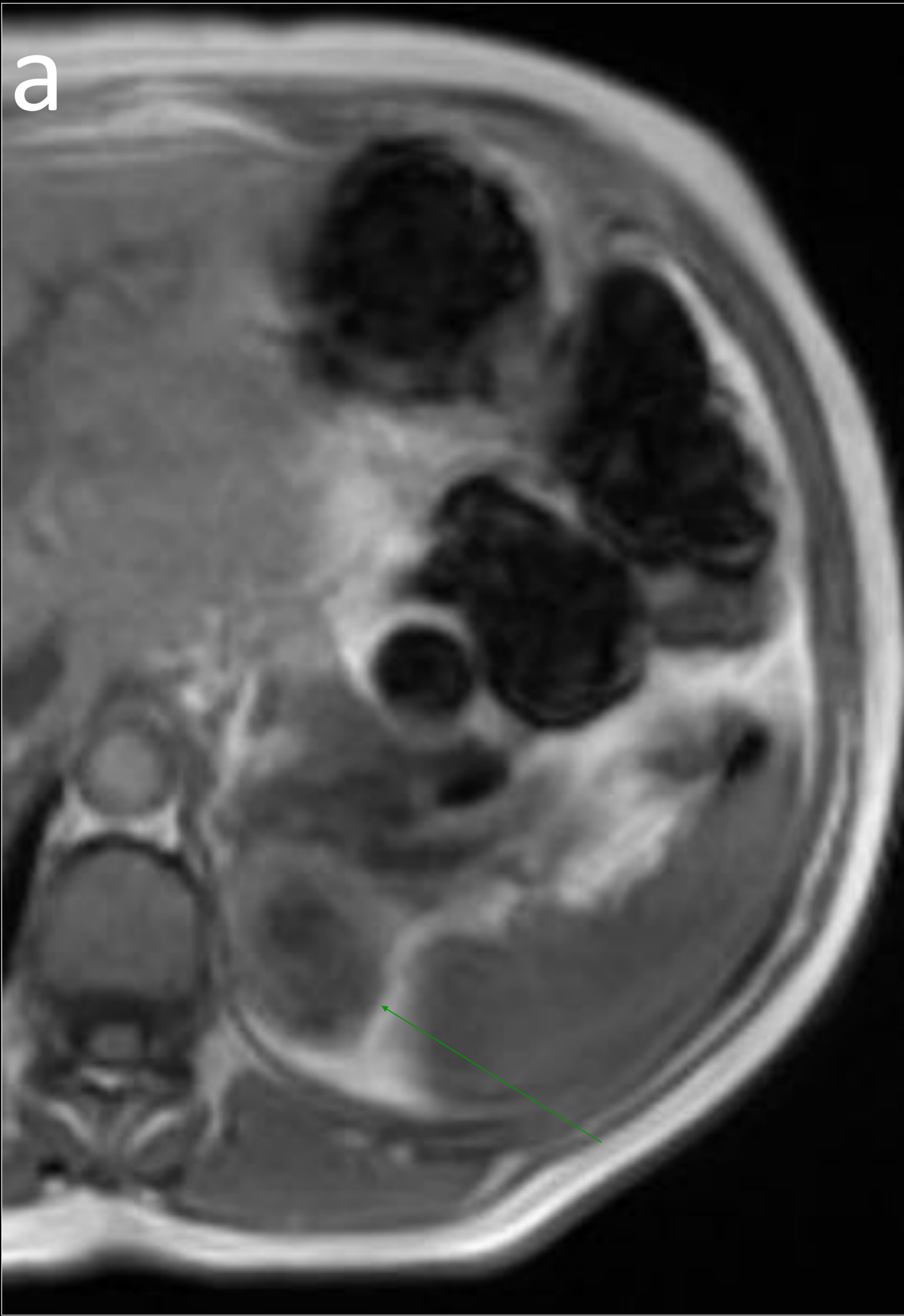
## Esteatosis hepática



**Esteatosis hepática.** Se observa caída de la señal del parénquima hepático en la secuencia T1 en fuera de fase (b) respecto a la secuencia T1 en fase (a) que indica infiltración por grasa microscópica.



## Carcinoma adrenal



### **Carcinoma adrenal.**

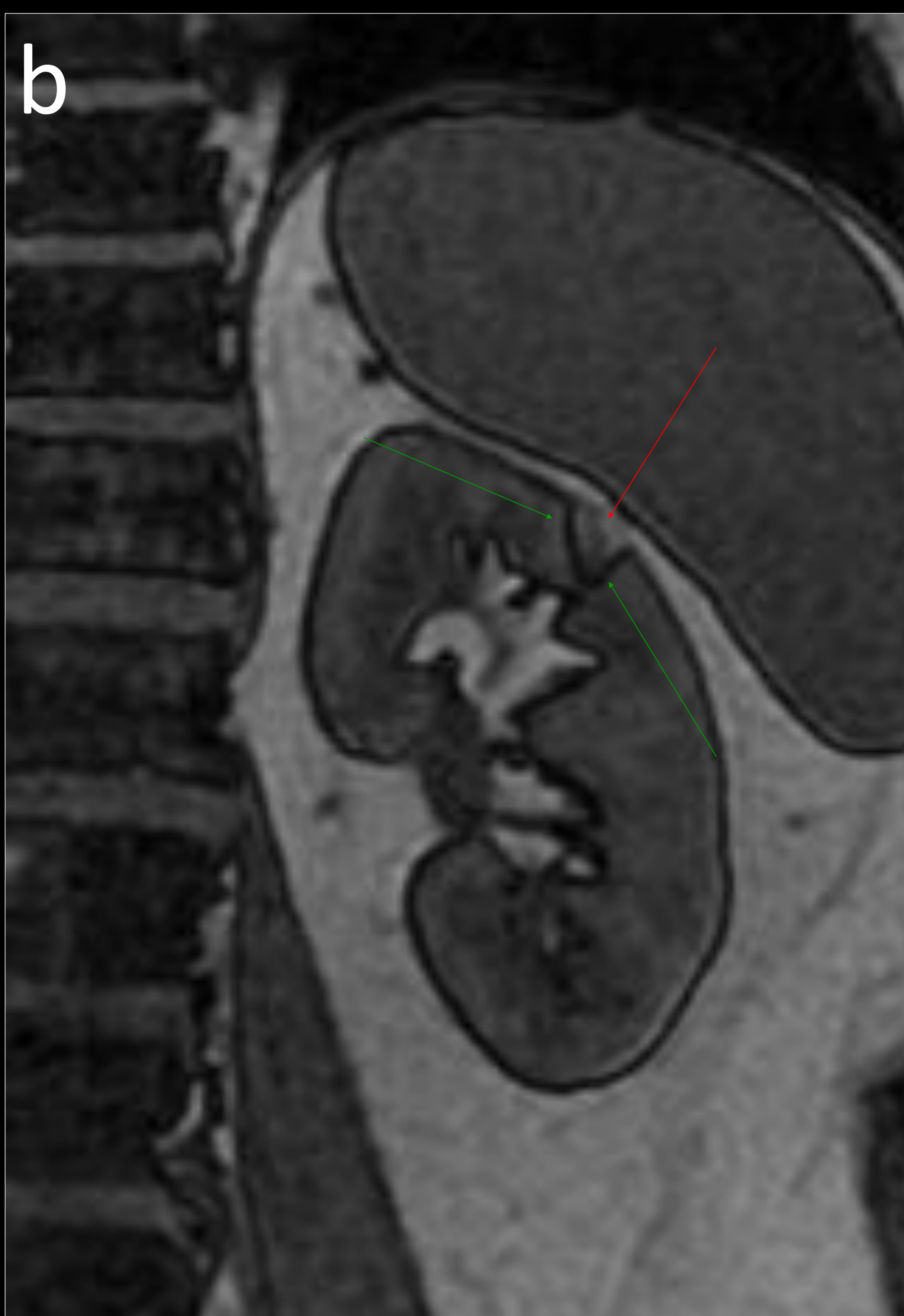
Nódulo adrenal izquierdo en la secuencia T1 en fase (flecha verde en a) que muestra zonas con caída de la señal en la secuencia T1 en fuera de fase (flecha roja en b) que indica la presencia de grasa microscópica y, realce heterogéneo tras la administración de contraste iv (flecha azul en c) que confirma que se trata de un carcinoma adrenal.



- Determina la presencia de grasa macroscópica en el interior de una lesión.

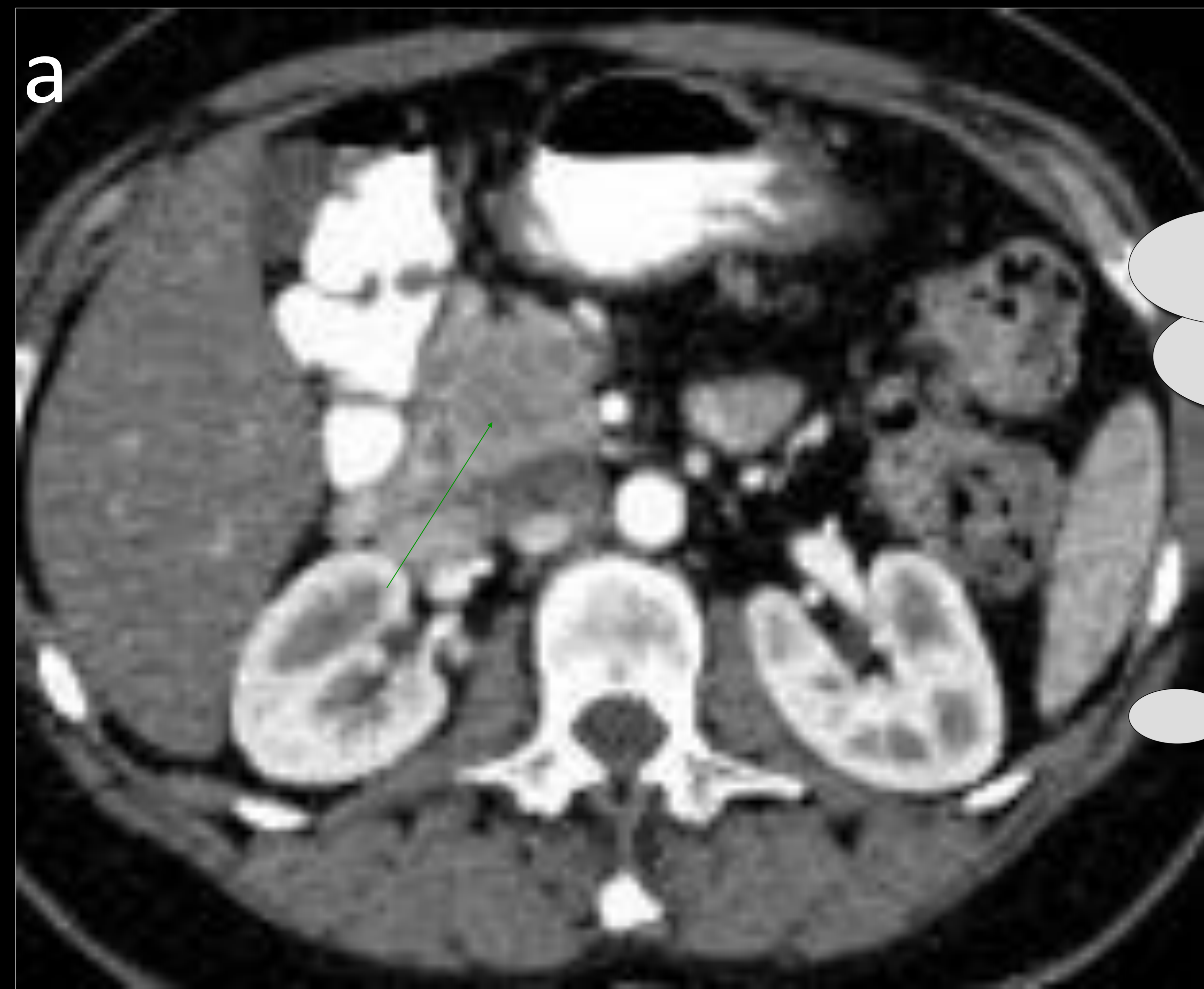


Artefacto  
en tinta  
china

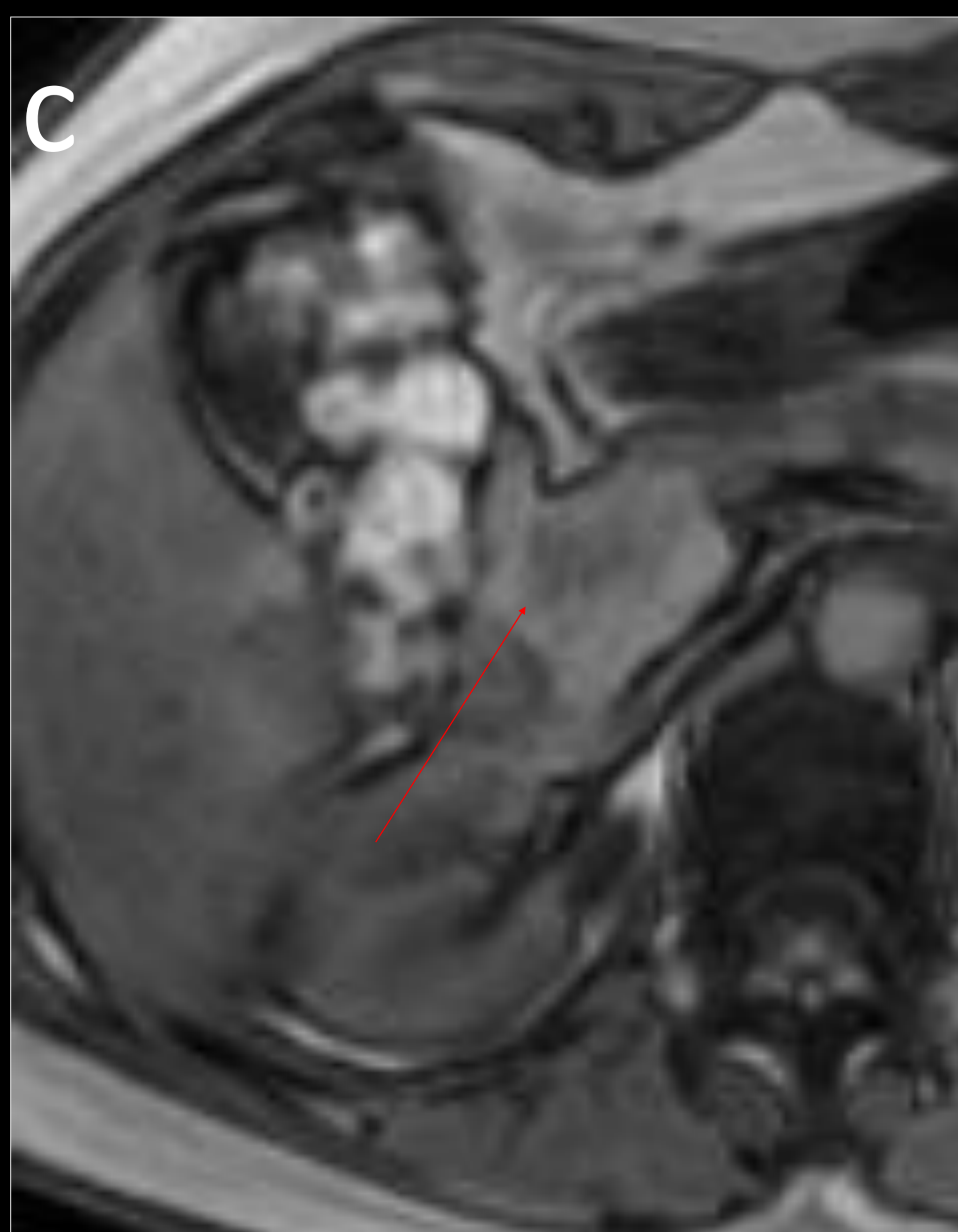
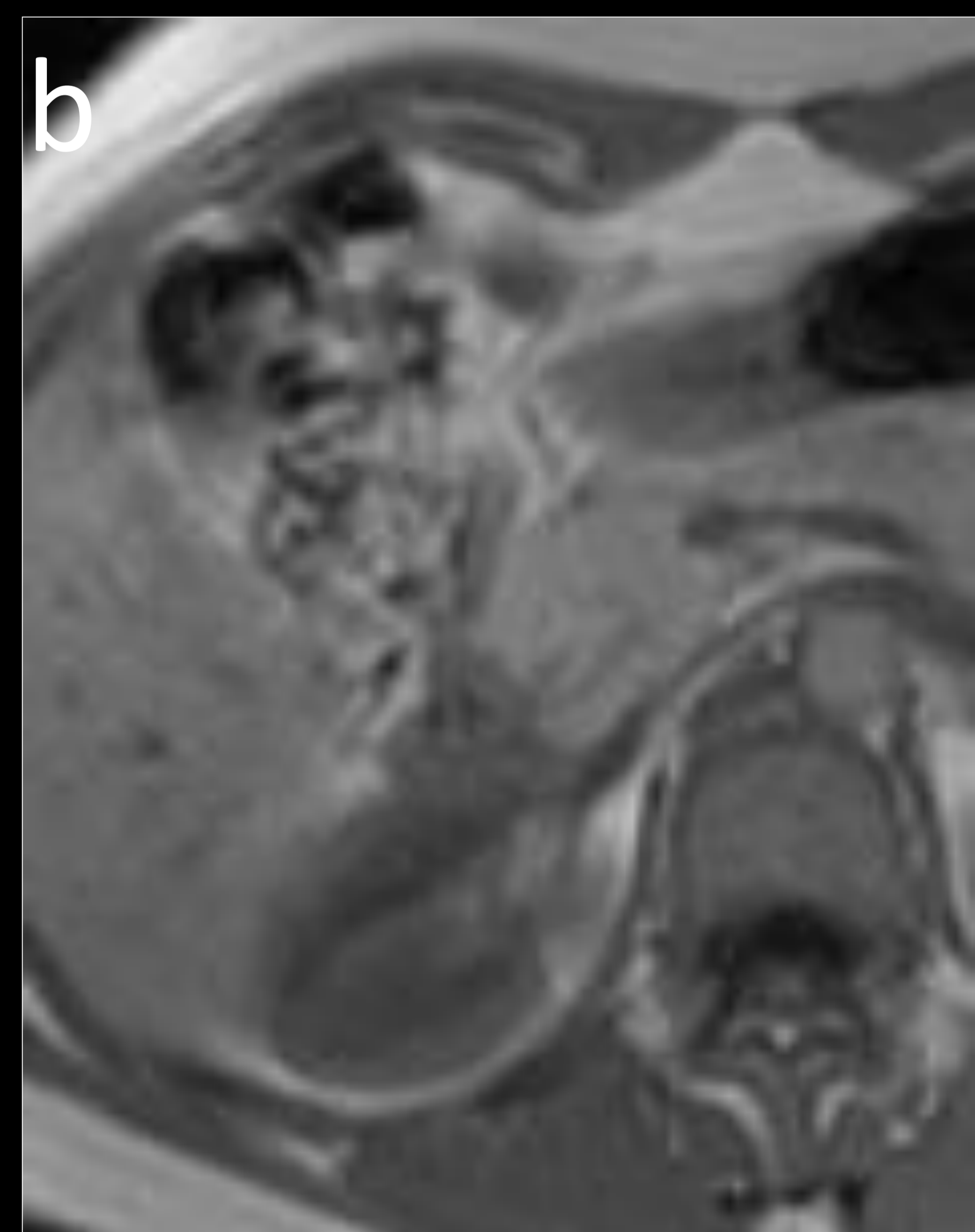


**Artefacto en tinta china** (flechas verdes). En la secuencia en fuera de fase (b) observamos la línea hipointensa en la interfase grasa-agua, es decir, en la interfase entre la lesión con grasa macroscópica (flecha roja) y el órgano del que depende (riñón), sin pérdida de señal de la lesión con grasa macroscópica (angiomiolipoma).





Caracteriza  
pseudolesiones



a) Hallazgo incidental en TC abdominal de un área hipodensa en la cabeza de páncreas sospechosa de malignidad (flecha verde). En la secuencia T1 en fuera de fase (c) observamos caída de la señal en la cabeza pancreática (flecha roja) que indica la presencia de grasa microscópica sin evidencia de restricción de la difusión (flecha azul en d) ni realce, por lo que corresponde a **infiltración grasa focal en páncreas**.



## 3D Dual echo

### **Una adquisición, exámenes más fáciles, aumenta la confianza diagnóstica:**

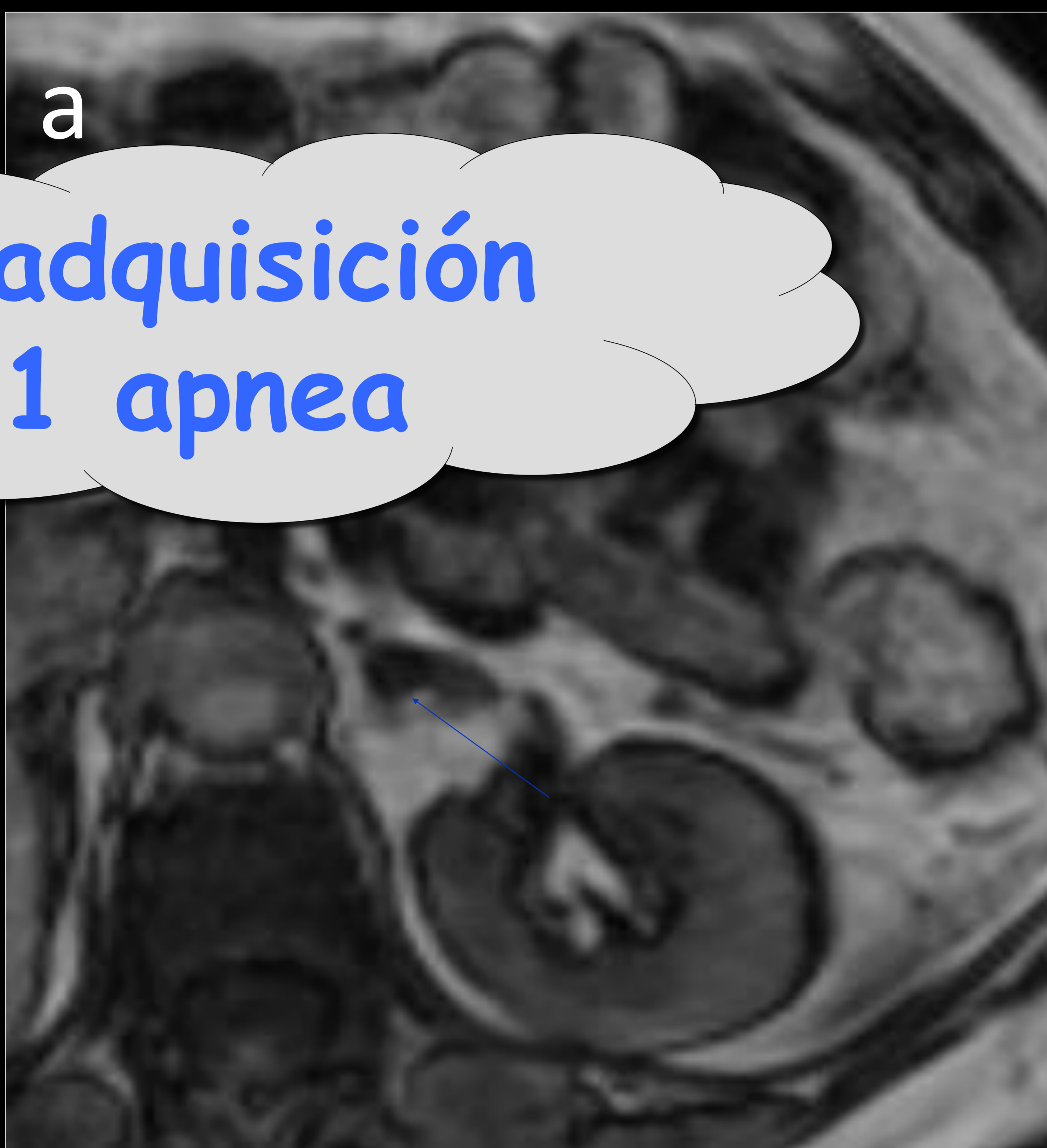
- Adquiere las imágenes en la misma adquisición y con una única apnea.
- Reduce los fallos por incapacidad para mantener la apnea.
- Evita la repetición de secuencias, aumenta la productividad.
- Obtiene imágenes de mayor resolución.
- Registro perfecto entre las imágenes de las dos fases de la secuencia (una apnea).
- Aumenta la relación señal/ruido hasta en un 30% (en comparación con la técnica 2D equivalente) para una mayor resolución espacial.
- Reduce los espacios entre cortes y así permite detectar y visualizar lesiones realmente pequeñas.
- Minimiza los efectos de volumen parcial ya que mejora la resolución por corte.



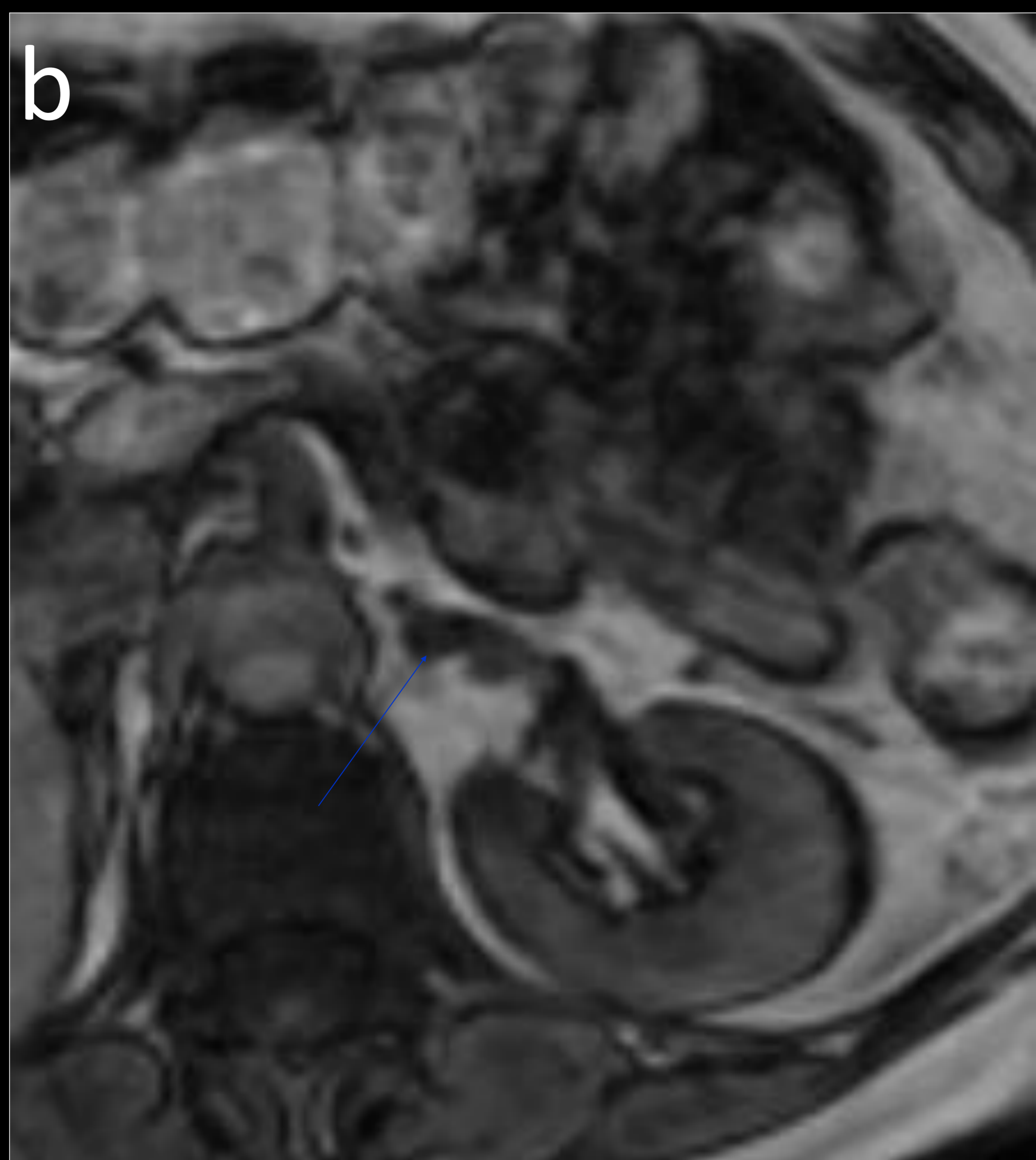
3D

a

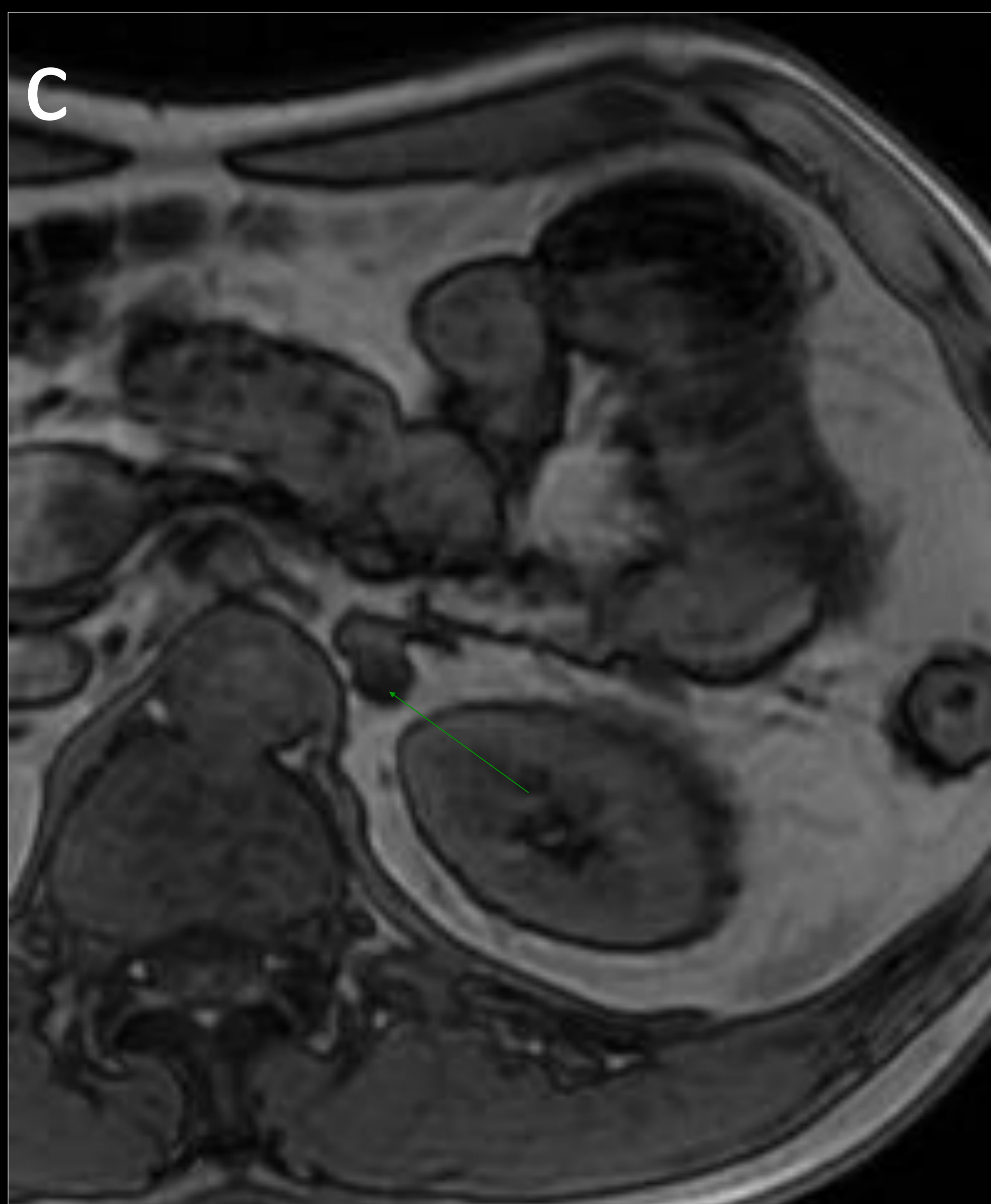
1 adquisición  
1 apnea



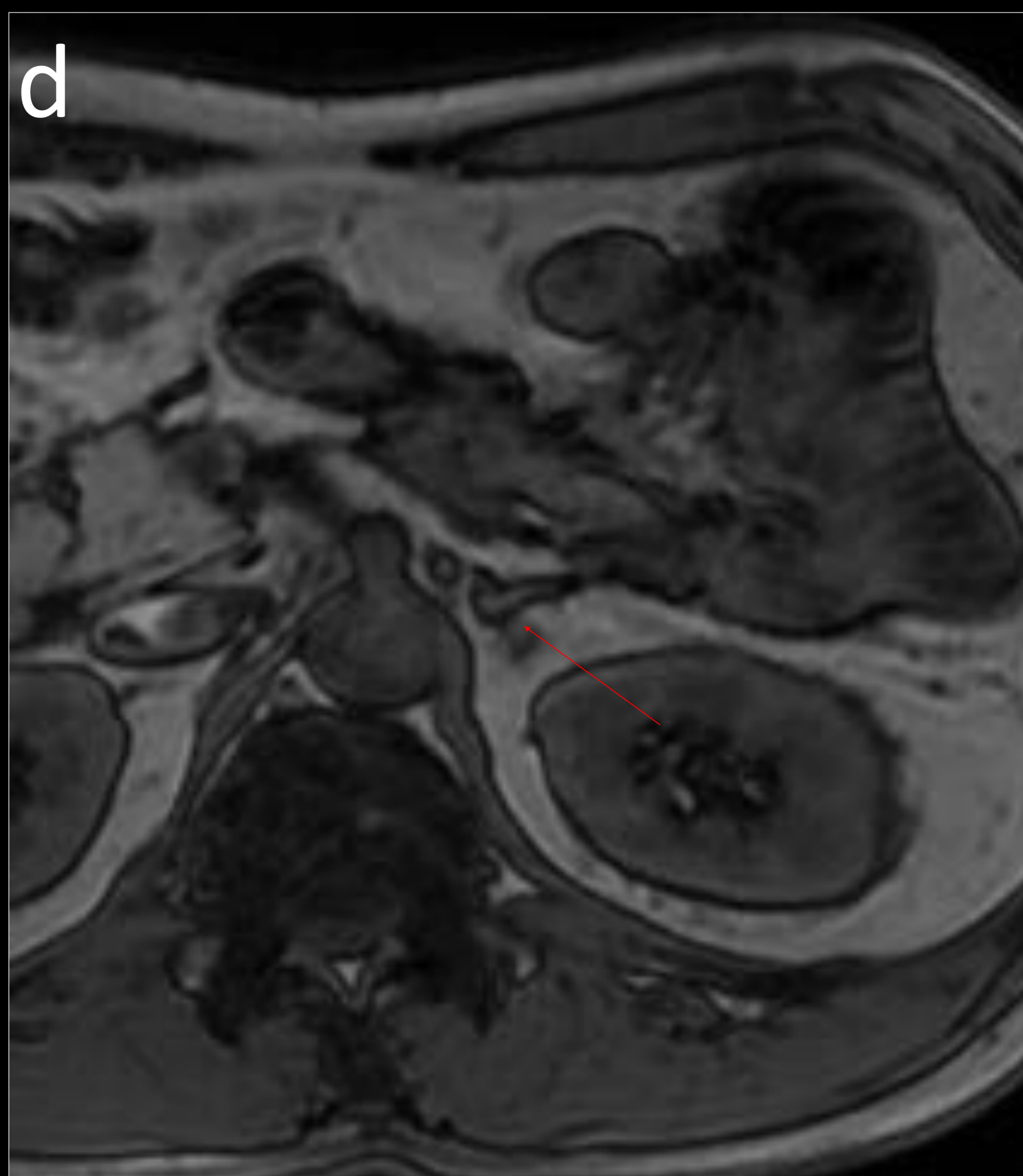
b



c



d



2D

**3D Dual echo.** En las secuencias en fuera de fase en 2D (c y d) únicamente observamos el adenoma en un corte del estudio (flecha verde), no siendo capaces de distinguirlo en el siguiente corte (flecha roja). Mientras que en su equivalente en 3D (a y b) observamos un pequeño adenoma en dos cortes distintos del estudio (flechas azules), lo que permite detectar lesiones muy pequeñas que pueden pasar desapercibidas en el 2D.

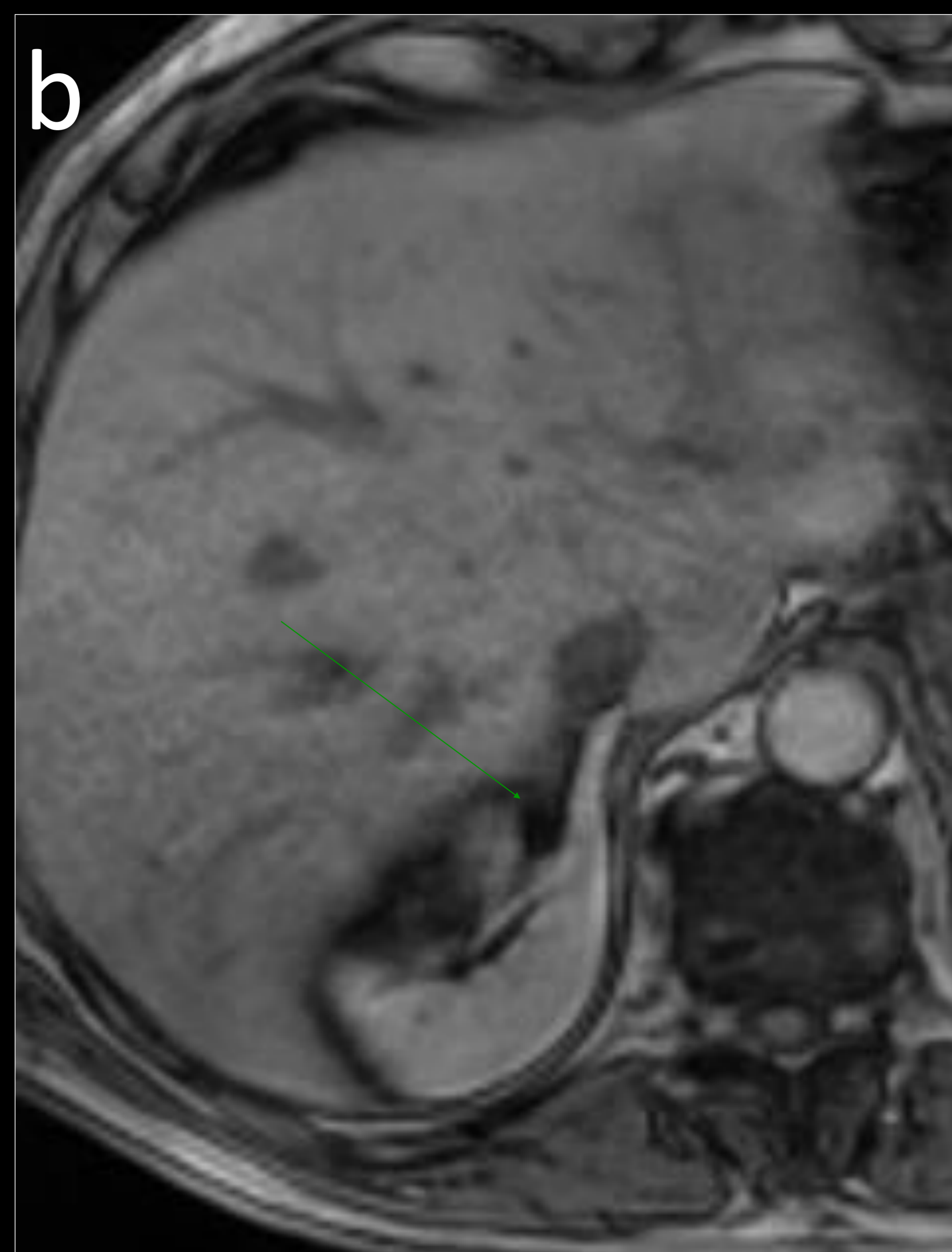


3D

a



b

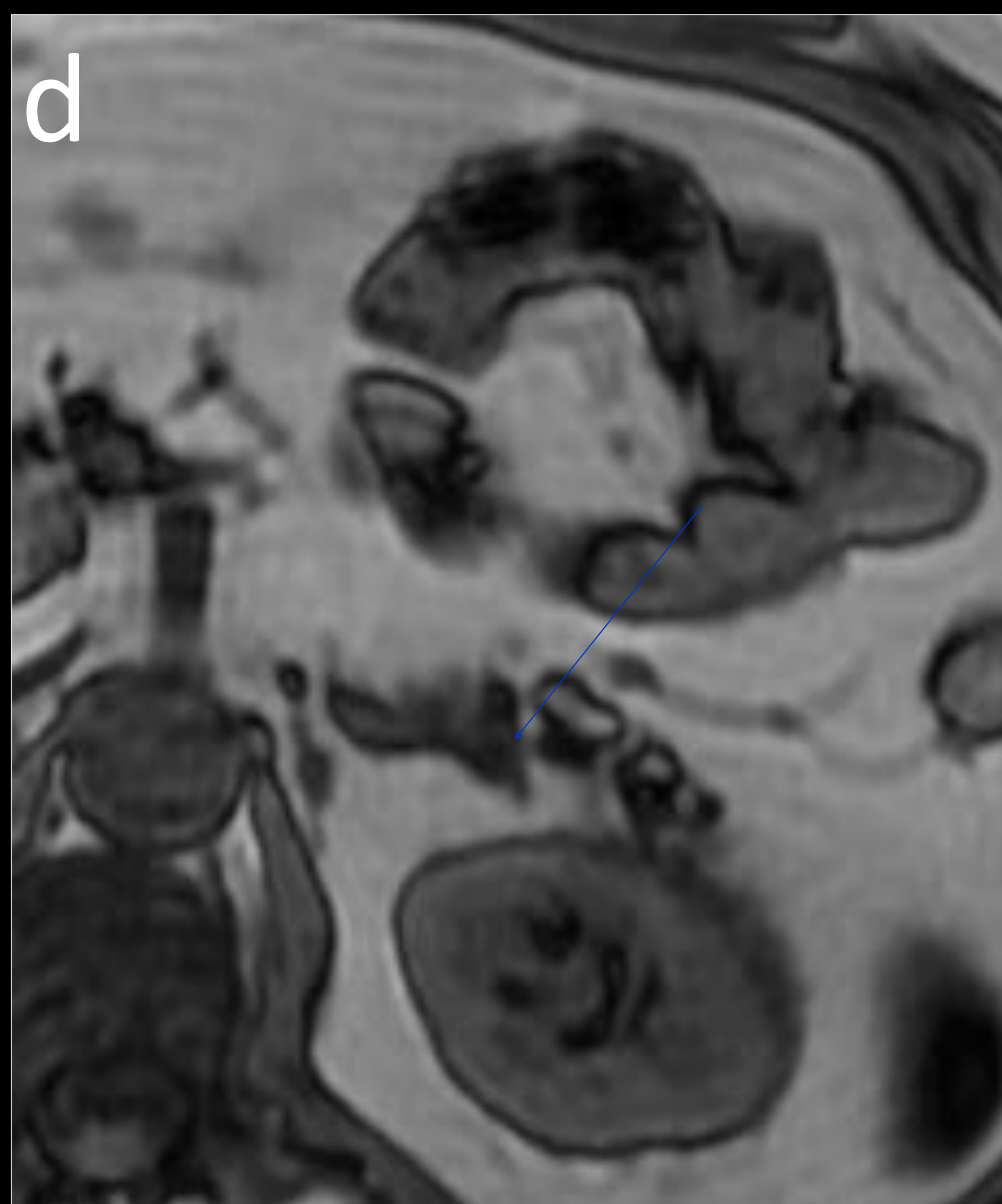


1 adquisición  
1 apnea

c



d



2D

**3D Dual echo.** En el 3D dual echo existe un perfecto registro entre las dos fases de la secuencia que permite detectar un pequeño adenoma adrenal derecho (flechas verdes en a y b). Sin embargo, en su equivalente en 2D, vemos un nódulo adrenal izquierdo en la secuencia T1 en fase (flecha roja en c), pero no logramos visualizar con tanta definición la imagen nodular en la secuencia T1 en fuera de fase (flecha azul en d) ya que no existe un registro tan perfecto entre las dos fases de la secuencia.



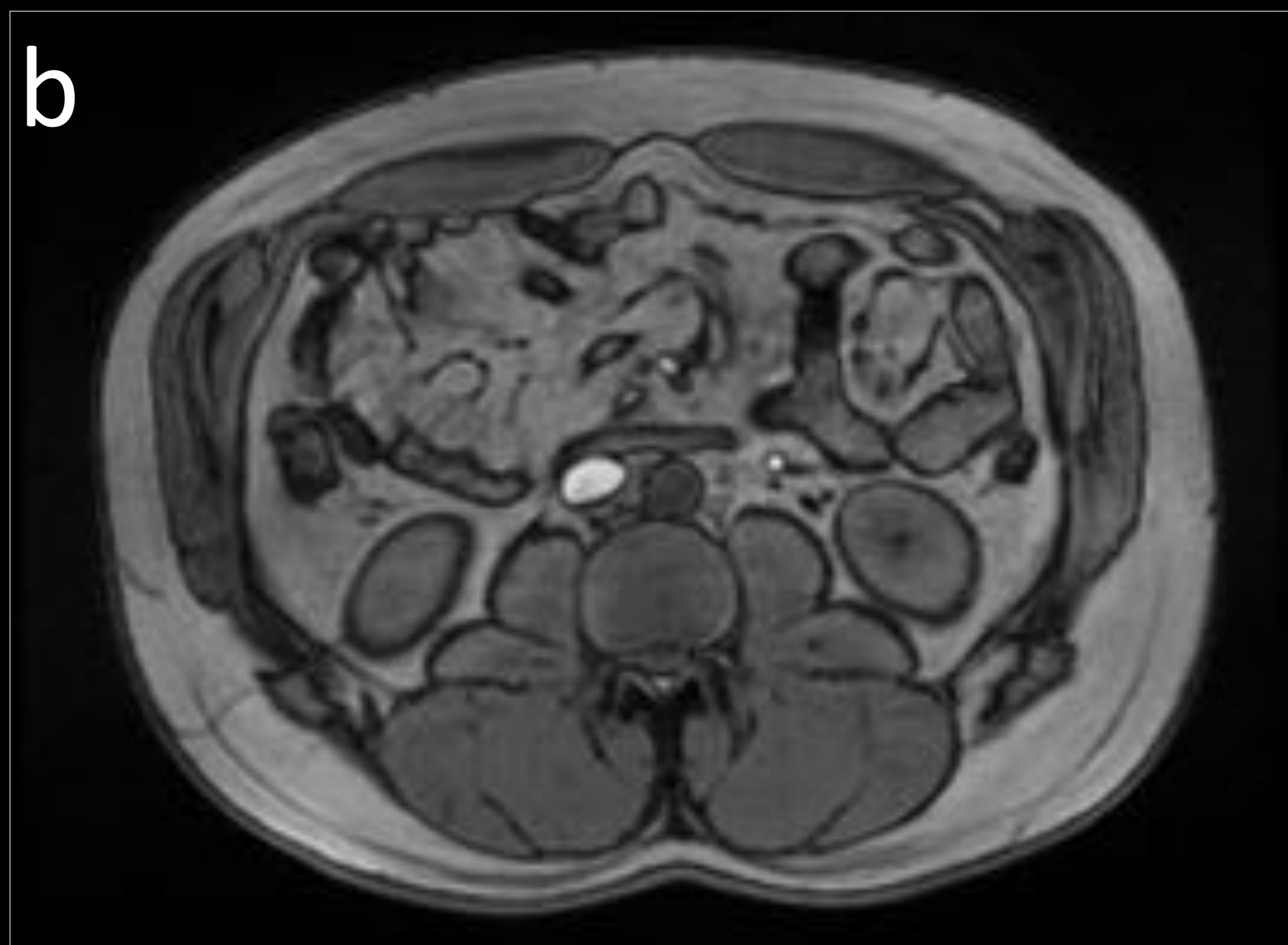
## EFECTOS Y ARTEFACTOS DEL 3D DUAL ECHO

- Las secuencias T1 eco de gradiente en fase y fuera de fase se han utilizado clásicamente para detectar esteatosis hepática y lesiones con contenido graso microscópico gracias al **artefacto de desplazamiento químico** (artefacto de tinta china).
- Sin embargo, gracias al **efecto T2\* con tiempos de eco largo**, podemos caracterizar enfermedades por depósito de hierro y de hemosiderina.
- Además, ya que los **artefactos de susceptibilidad magnética** son más pronunciados en las secuencias eco de gradiente que en las imágenes spin echo, podemos detectar no sólo objetos metálicos, sino también estructuras que contienen aire.



## **ESTEATOSIS HEPÁTICA: artefacto de desplazamiento químico**

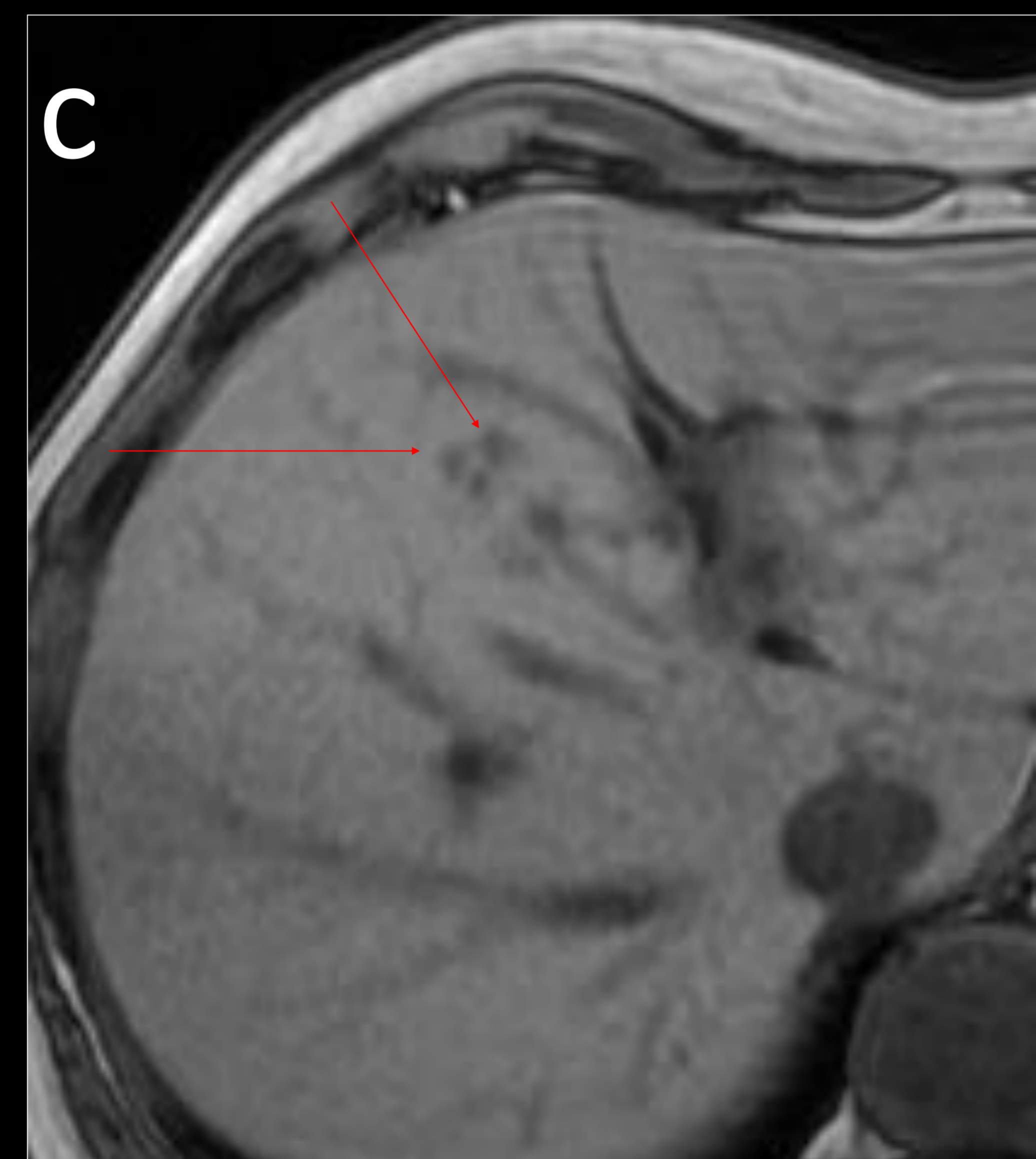
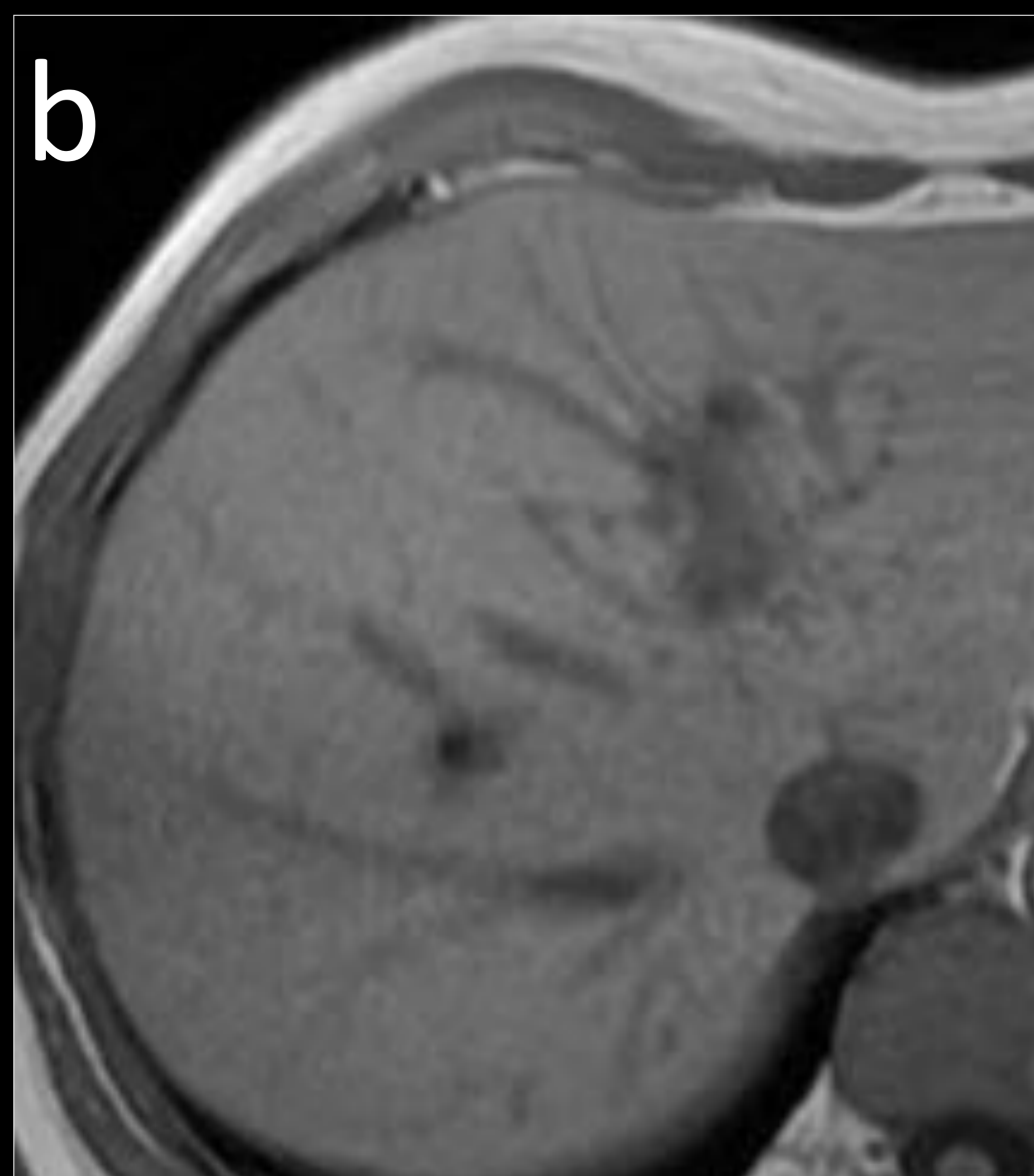
- La intensidad de señal en las imágenes en "fuera de fase" refleja la magnitud del vector magnético, pero no su fase. Así, la intensidad mostrada es el valor absoluto de la diferencia entre las señales de agua y grasa. Por esto, tejidos que contienen principalmente protones de grasa (ej. grasa subcutánea), muestran muy poca o nula caída de señal (<10% de caída en comparación con la intensidad de señal de las imágenes "en fase").



La señal de la grasa subcutánea permanece hiperintensa en la secuencia en fase (a) y en fuera de fase (b).

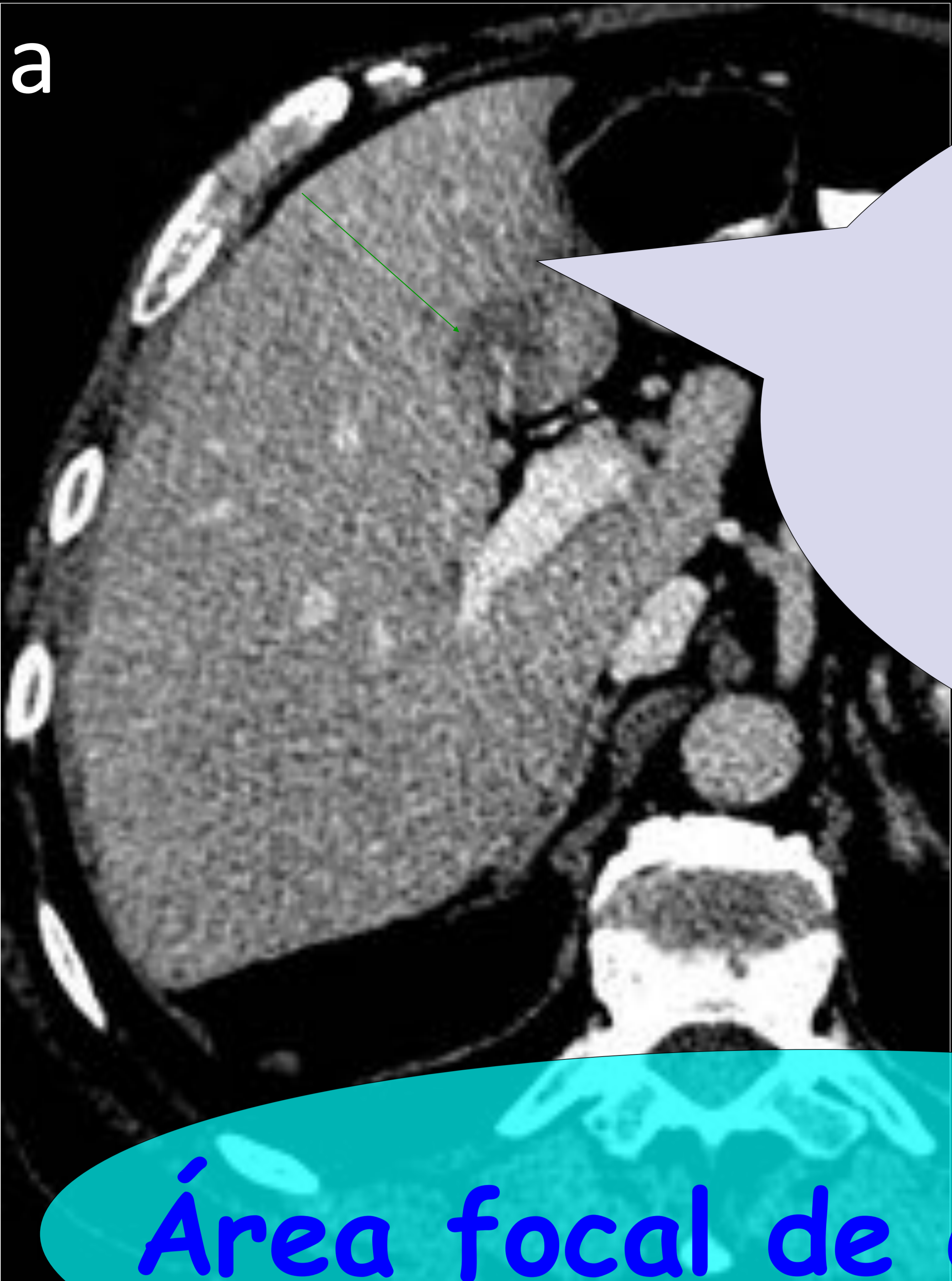


- La **esteatosis hepática** está causada por el acúmulo de triglicéridos en el citoplasma de los hepatocitos. Es más frecuente difusa, pero a veces podemos encontrar áreas focales de esteatosis.
- **Localizaciones típicas de esteatosis focal o áreas de respeto:**
  - región anterior a la vena porta derecha.
  - fosa vesicular.
  - adyacente al ligamento falciforme.
  - región subcapsular.



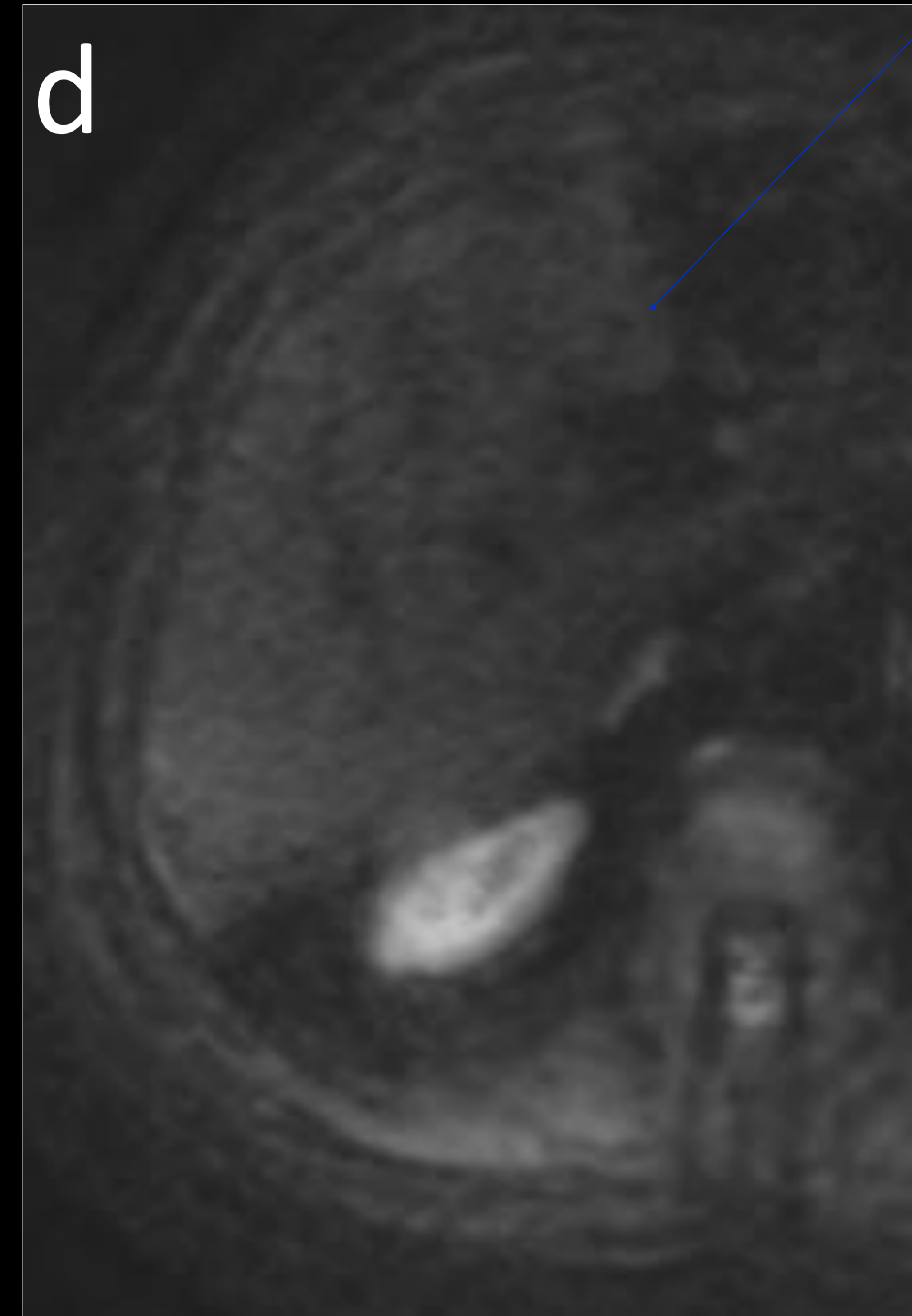
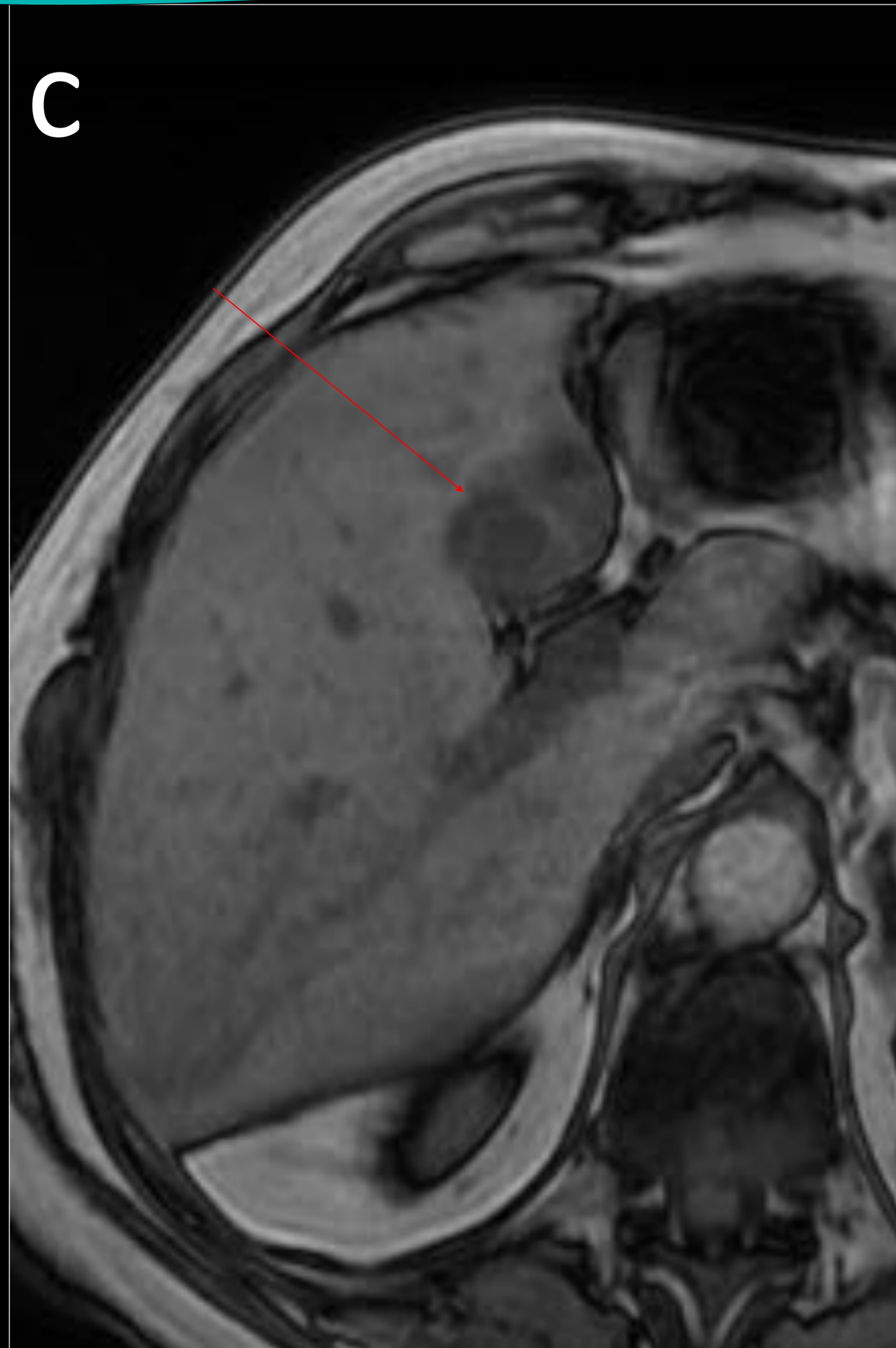
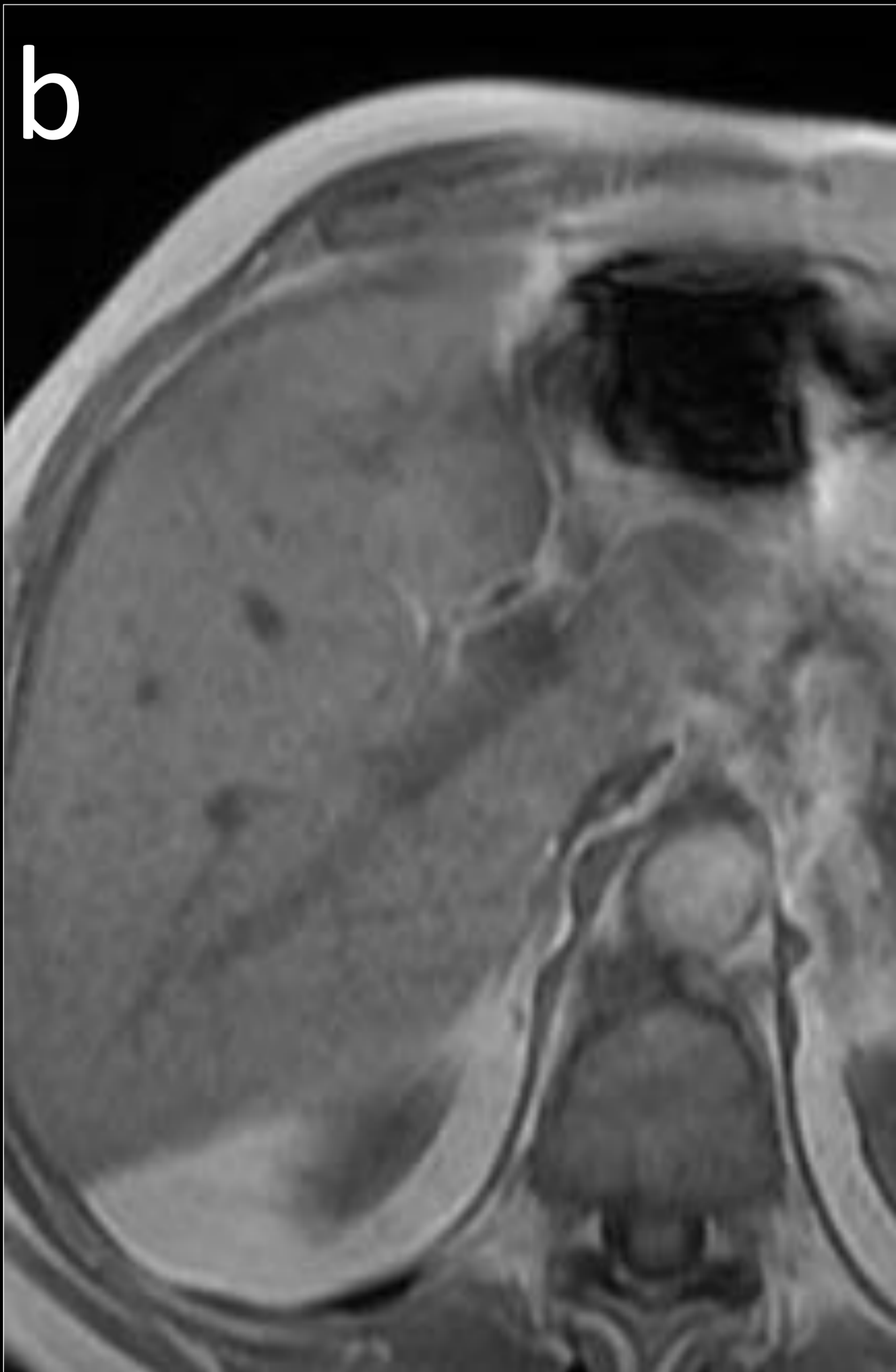
**Áreas focales de esteatosis.** a) Lesiones milimétricas en TC abdominal (flechas verdes), con caída de su señal (flechas rojas) en la secuencia T1 en fuera de fase (c), que indica la presencia de grasa microscópica.





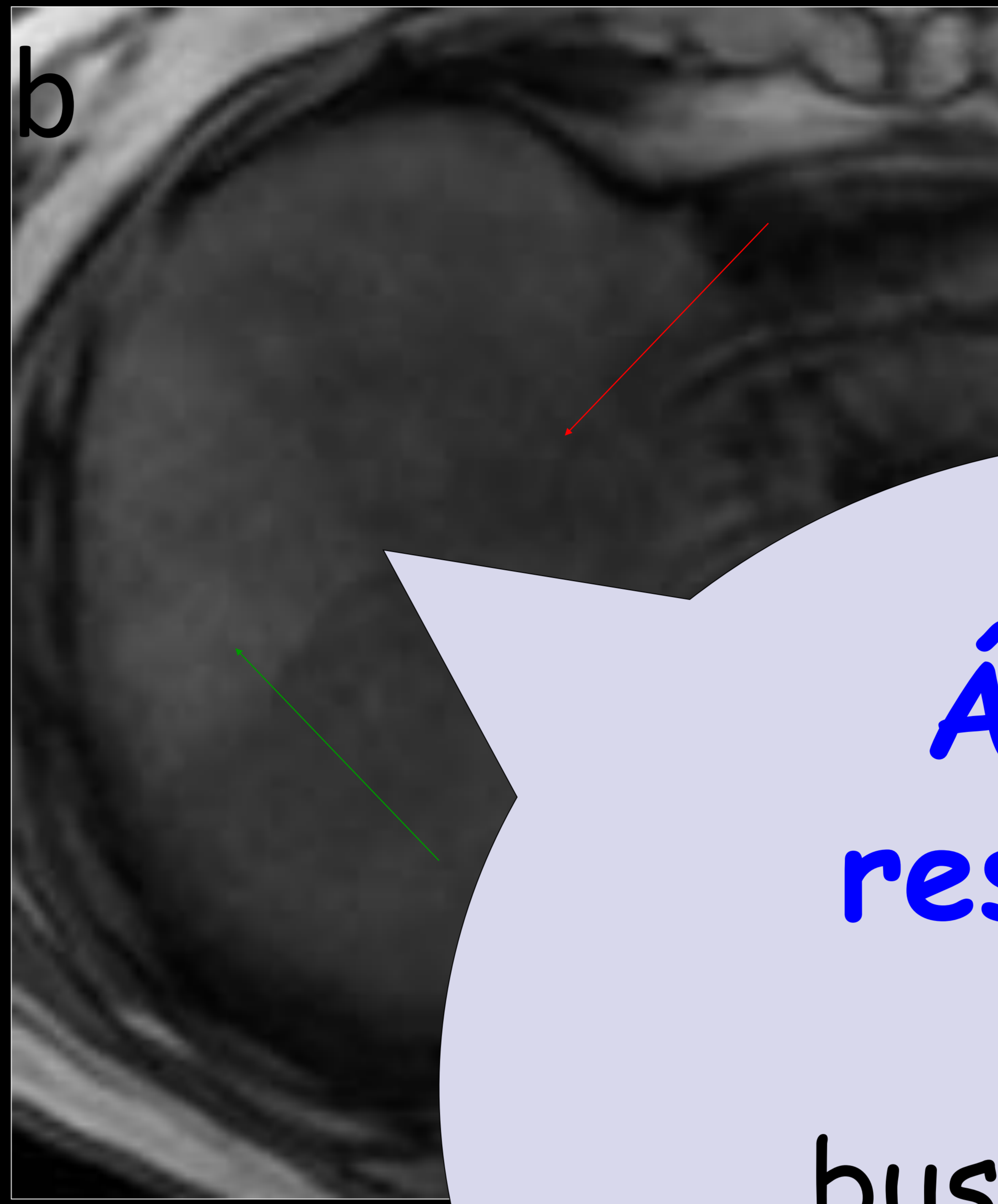
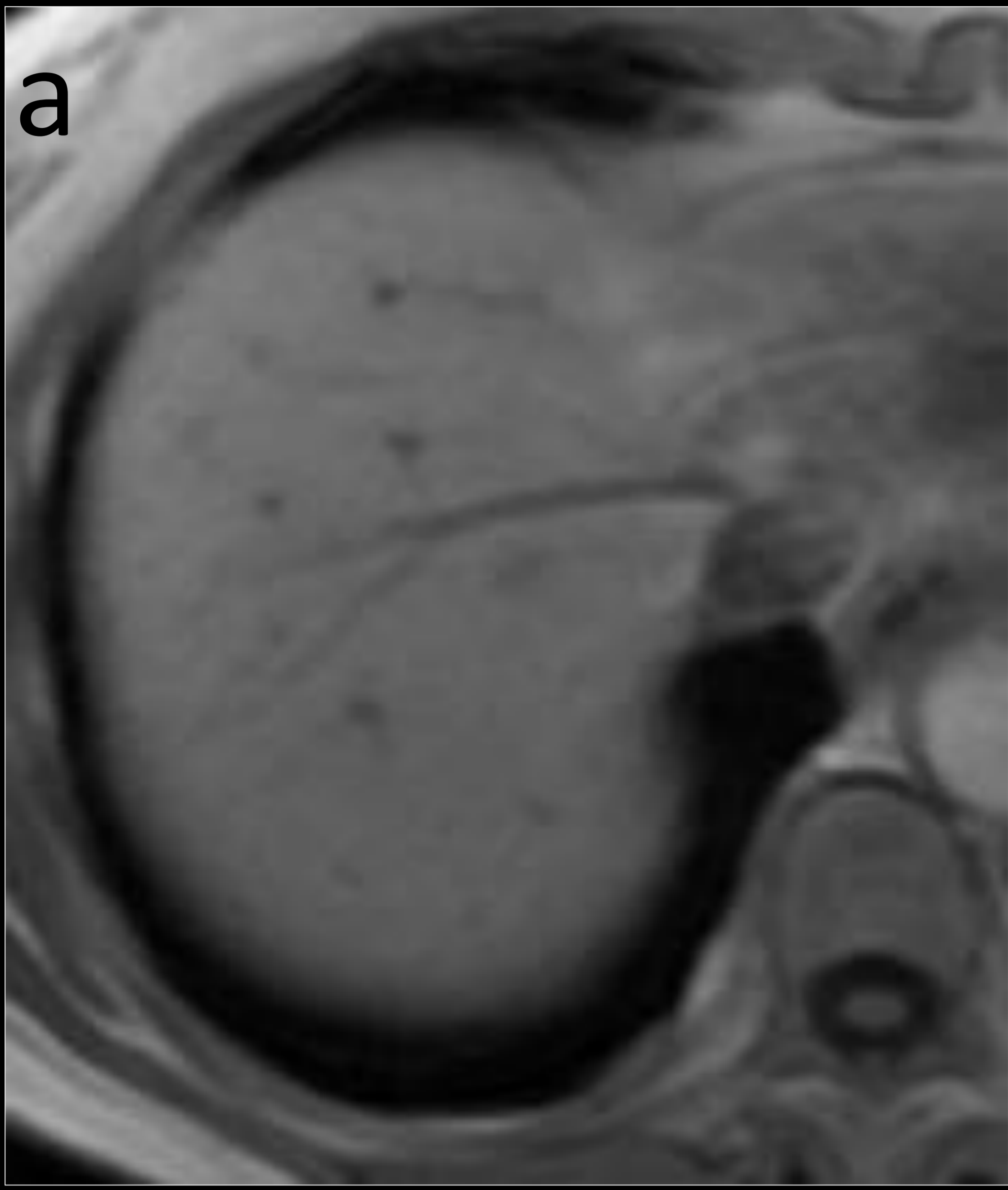
**En áreas focales de esteatosis o respeto:**  
no hay efecto de masa, ni desplazamiento de estructuras vasculares.

**Área focal de esteatosis**



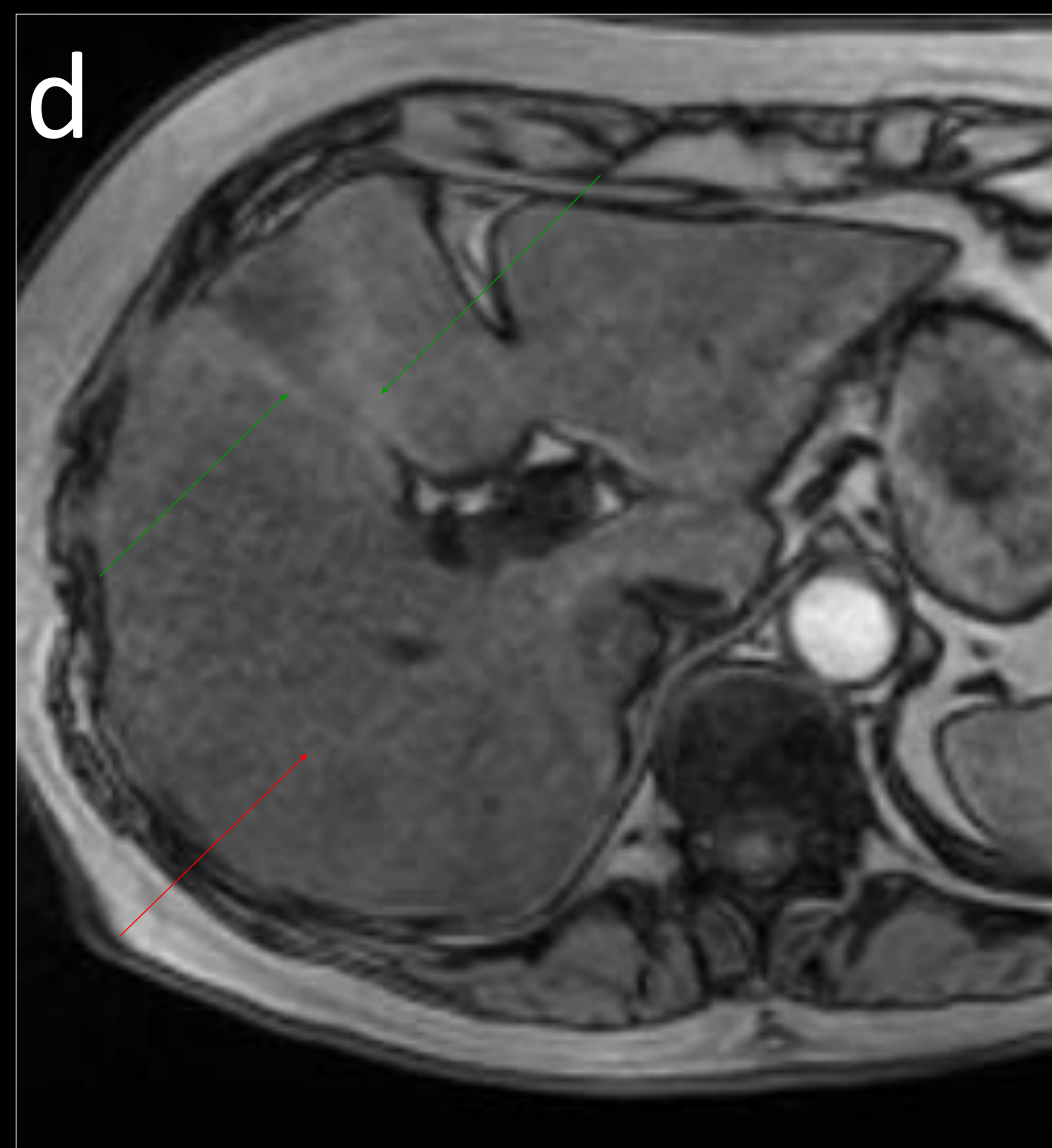
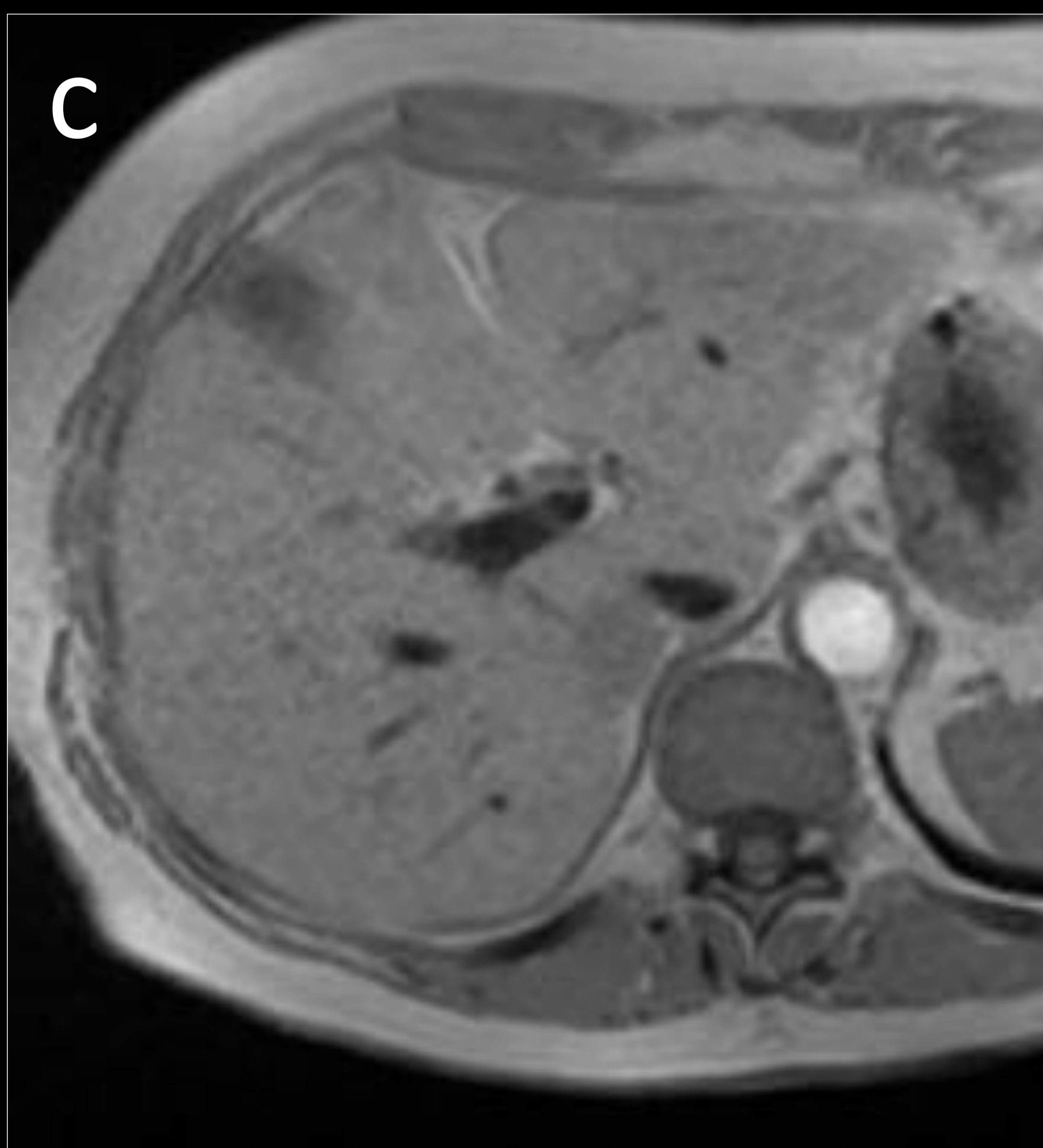
**Área focal de esteatosis.** a) Lesión nodular en segmento IV en TC abdominal (flecha verde). En la secuencia T1 en fuera de fase (c), observamos caída focal de la señal (flecha roja) que indica la presencia de grasa microscópica, así como ausencia de restricción de la difusión (flecha azul en d).





**Área de respeto en cuña:**  
buscar tumor subyacente cerca del área de respeto

**Áreas de respeto**

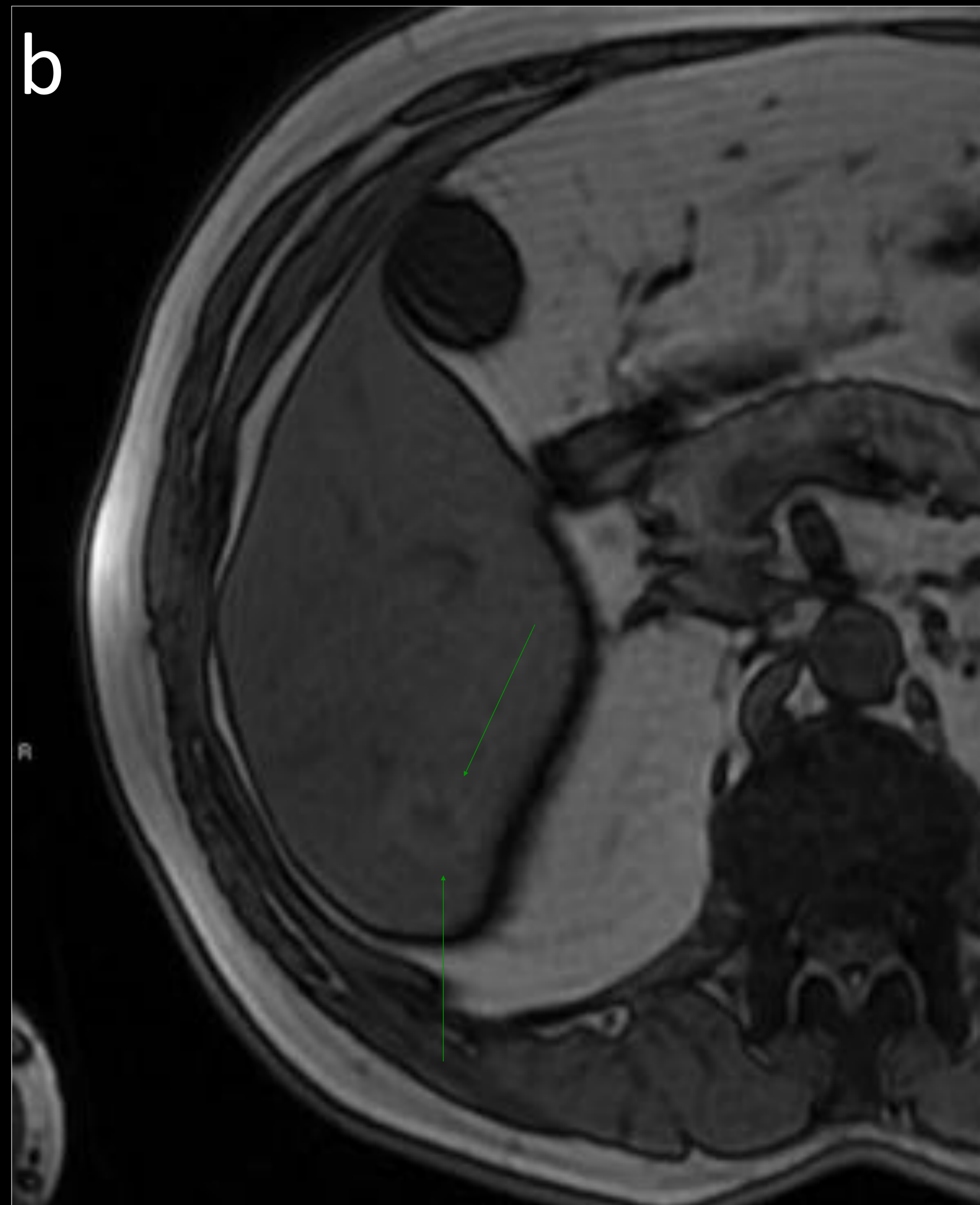
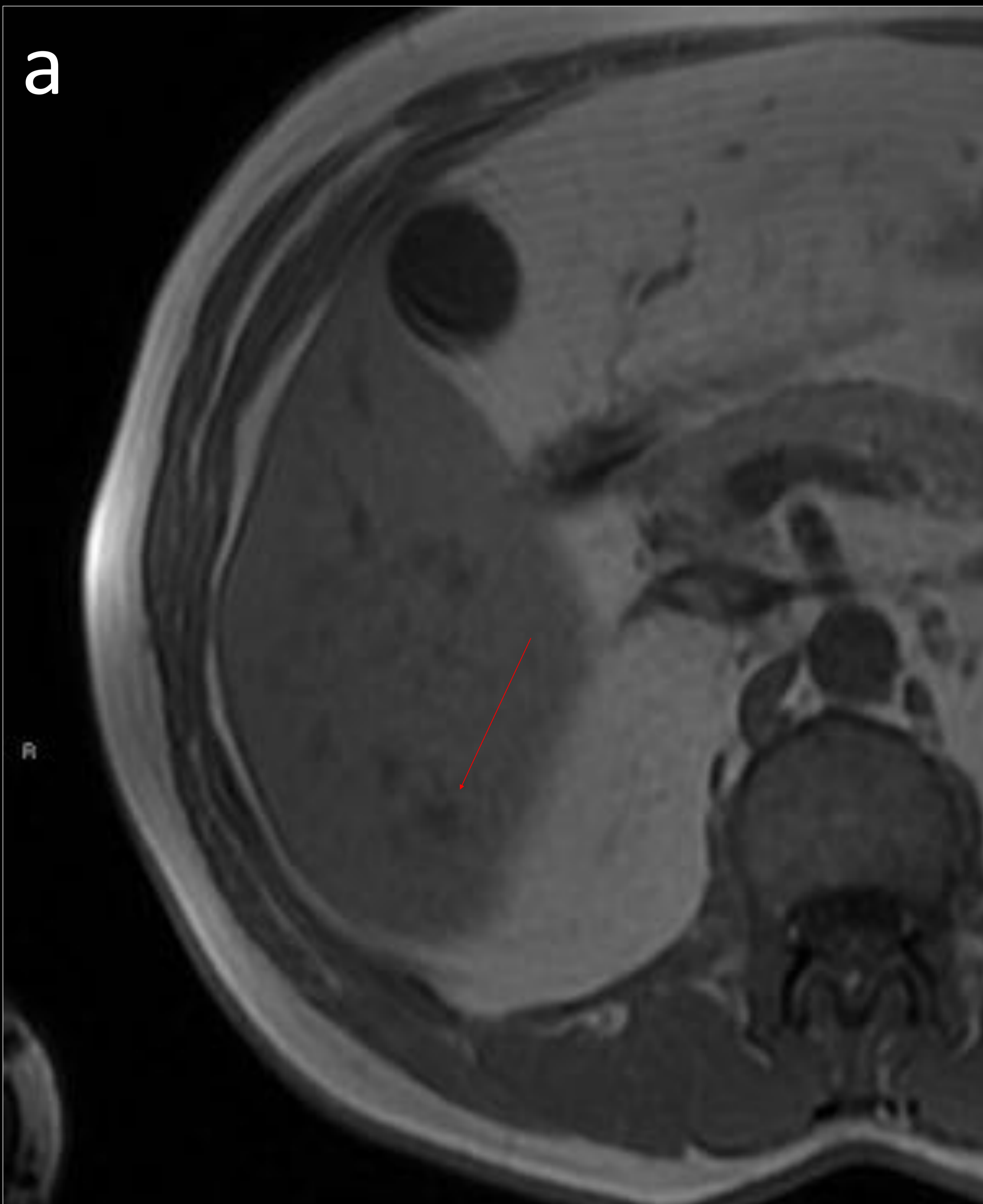


**Áreas de respeto.** En las secuencia T1 en fuera de fase (b y d), observamos un área hiperintensa que corresponde al área de respeto de esteatosis (flechas verdes), mientras que el resto del parénquima hepático muestra una caída de la señal debido a la presencia de grasa microscópica (flechas rojas).



- Alrededor de masas hepáticas benignas y malignas.

Grasa peritumoral  
en hígados  
esteatósicos



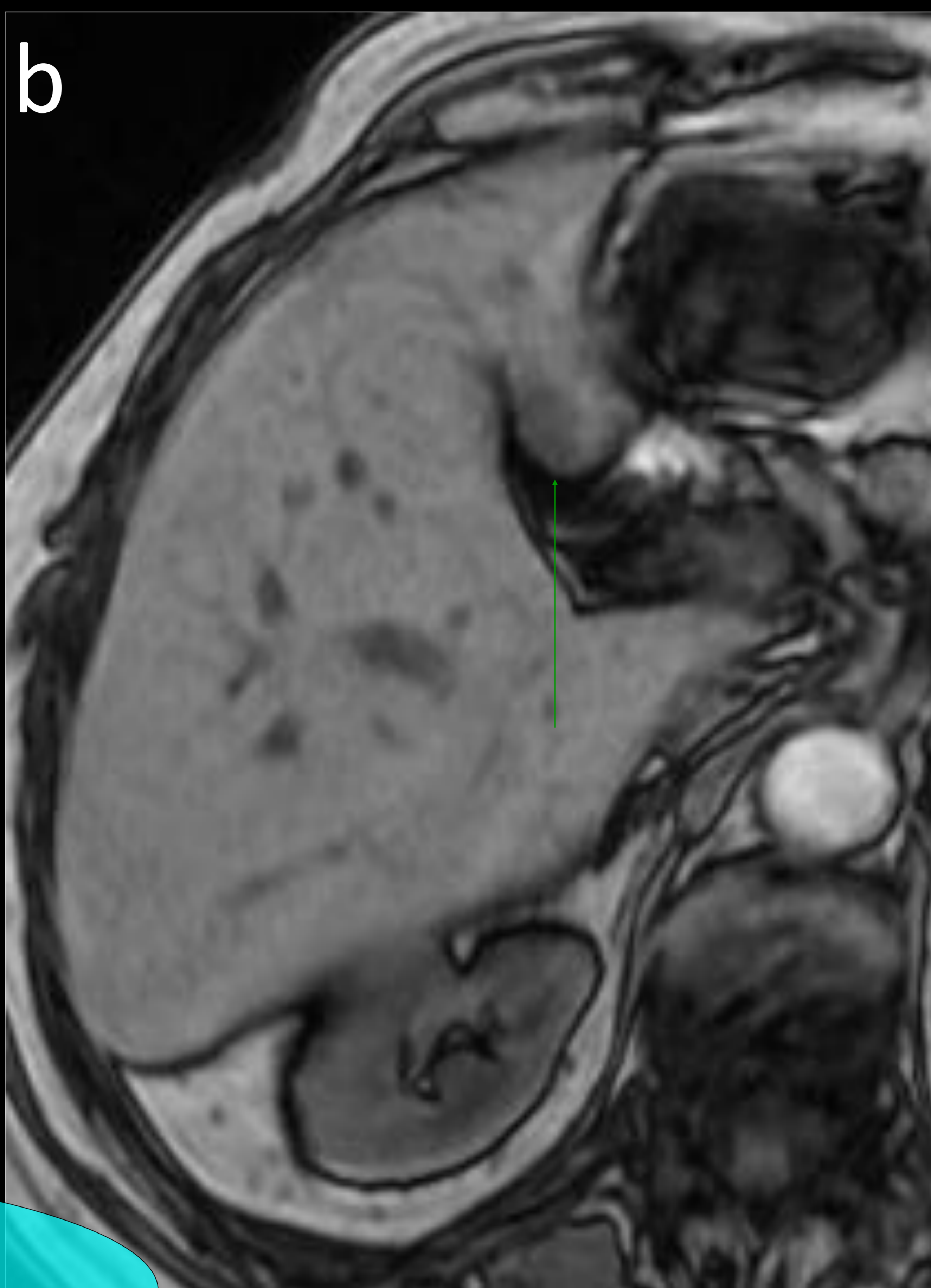
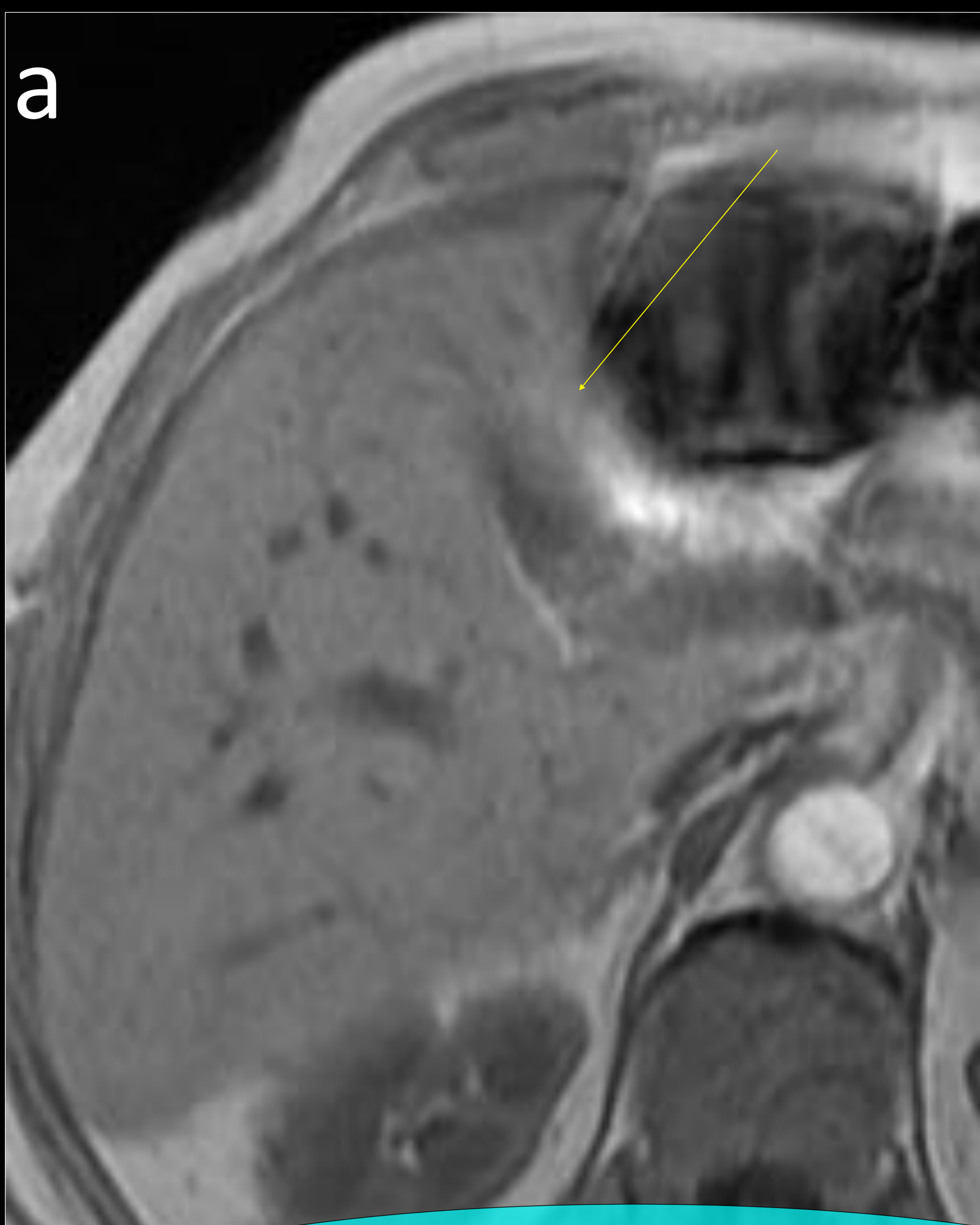
**Grasa peritumoral.** En la secuencia T1 en fuera de fase (b), observamos un anillo hiperintenso (flechas verdes) rodeando una lesión focal, angioma, (flecha roja en la secuencia en fase, a) que corresponde a la grasa peritumoral preservada en un hígado esteatósico.



- La caracterización de **lesiones focales hepáticas** como el hepatocarcinoma y el adenoma, puede mejorar utilizando el artefacto de desplazamiento químico. Estas lesiones pueden contener agua y grasa en el mismo voxel y, puede detectarse en las secuencias "en fase" y "fuera de fase".

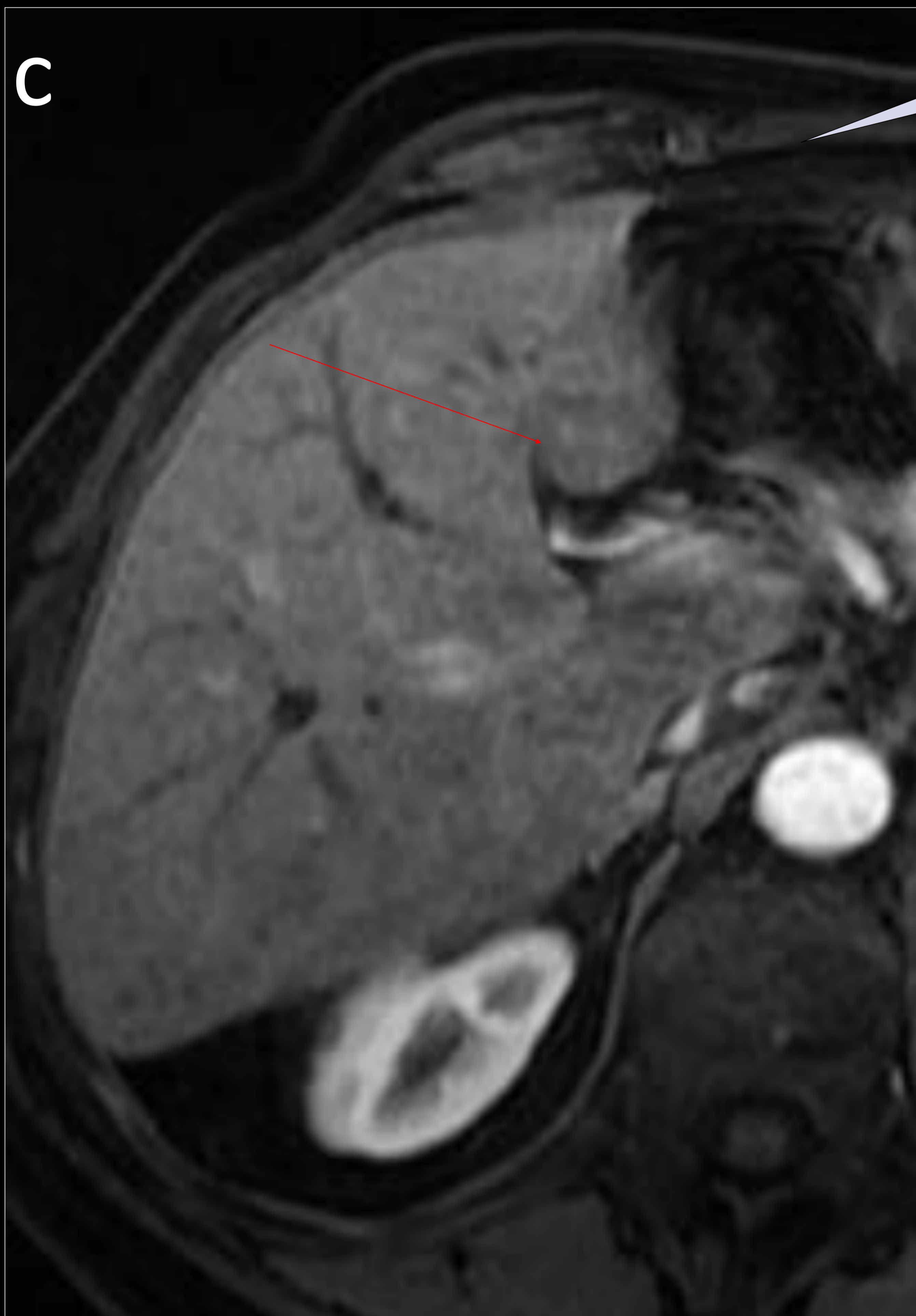
El análisis del realce tras la administración de gadolinio iv permite diferenciar estas lesiones hipervasculares de áreas de esteatosis focal, ya que ésta última muestra un patrón de realce igual al del parénquima hepático.





**Esteatosis focal**

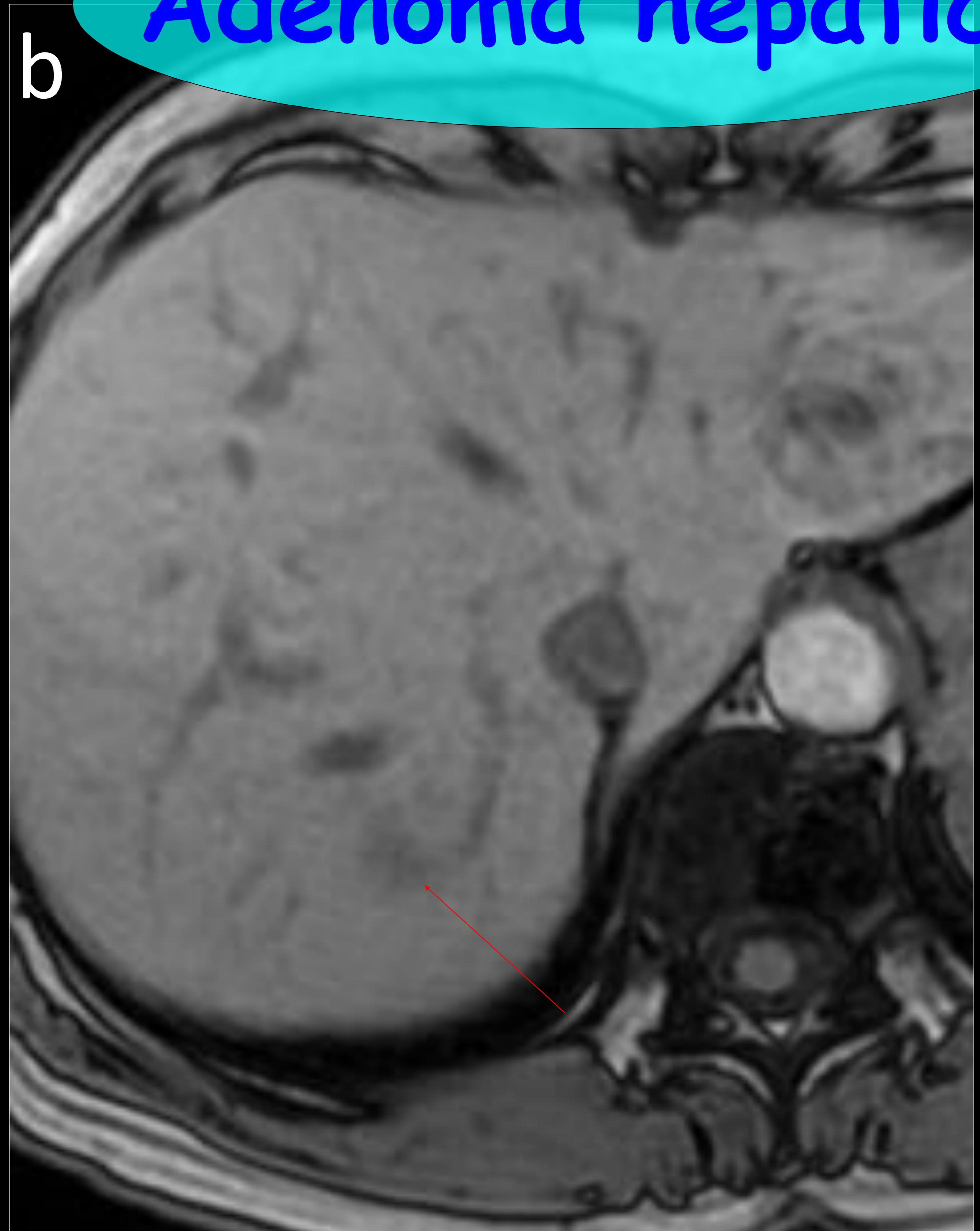
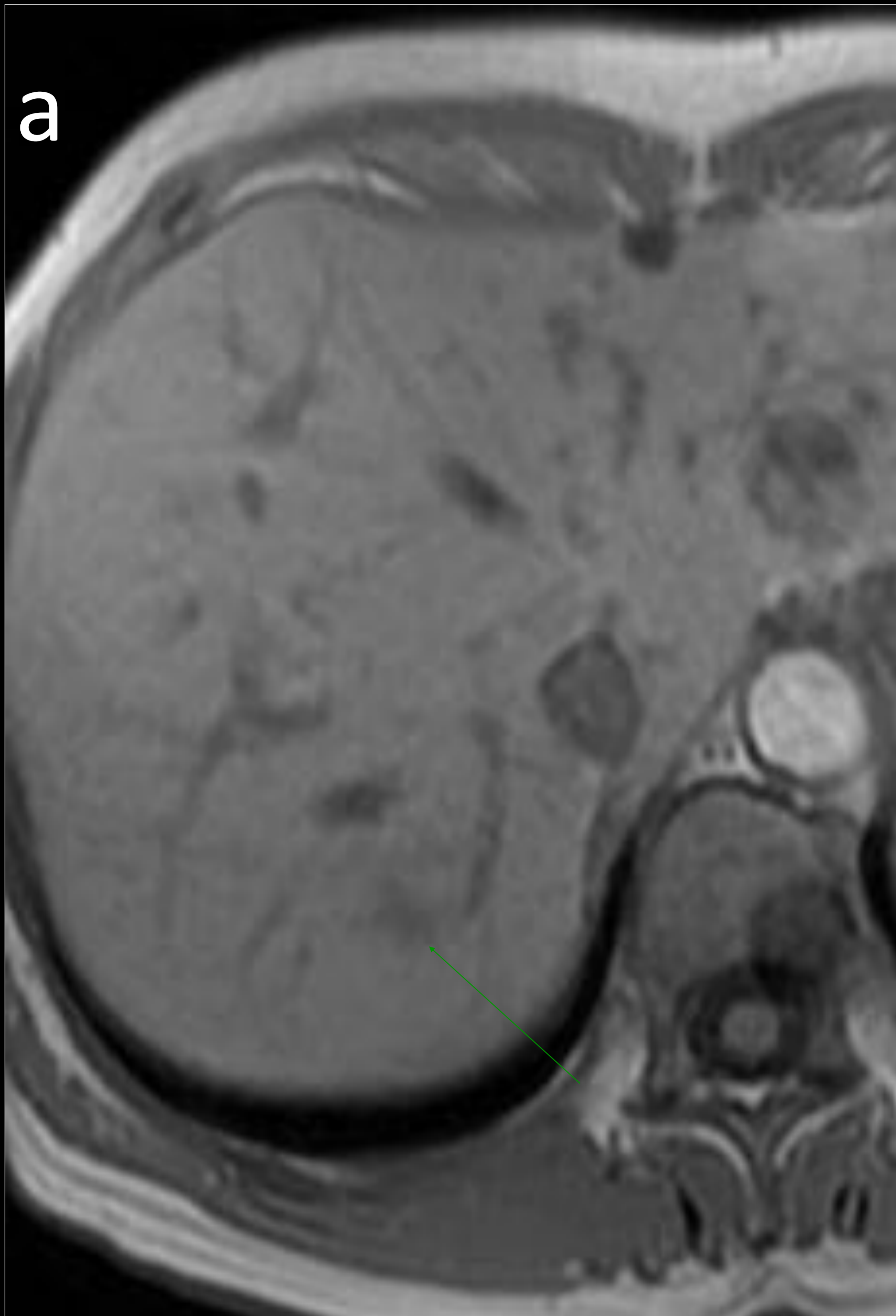
Patrón de realce!!



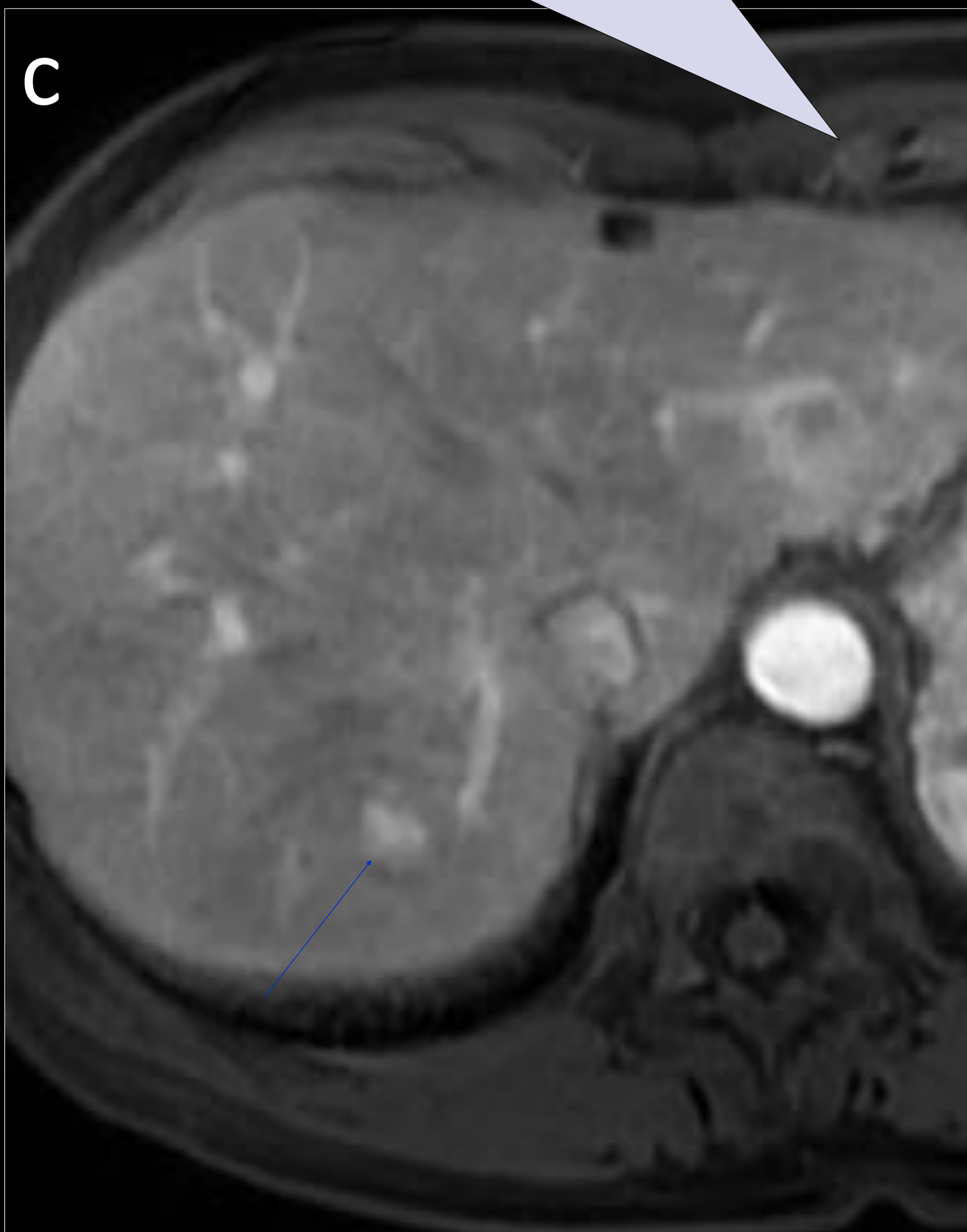
**Esteatosis focal.** En la secuencia T1 en fuera de fase (flecha verde en b), se observa una lesión con mayor caída de la señal respecto a la secuencia en fase (flecha amarilla en a) que indica grasa microscópica. Tras la administración de contraste iv se observa un realce similar al resto del hígado (flecha roja en c) que indica que se trata de un área de esteatosis focal.



## Adenoma hepático



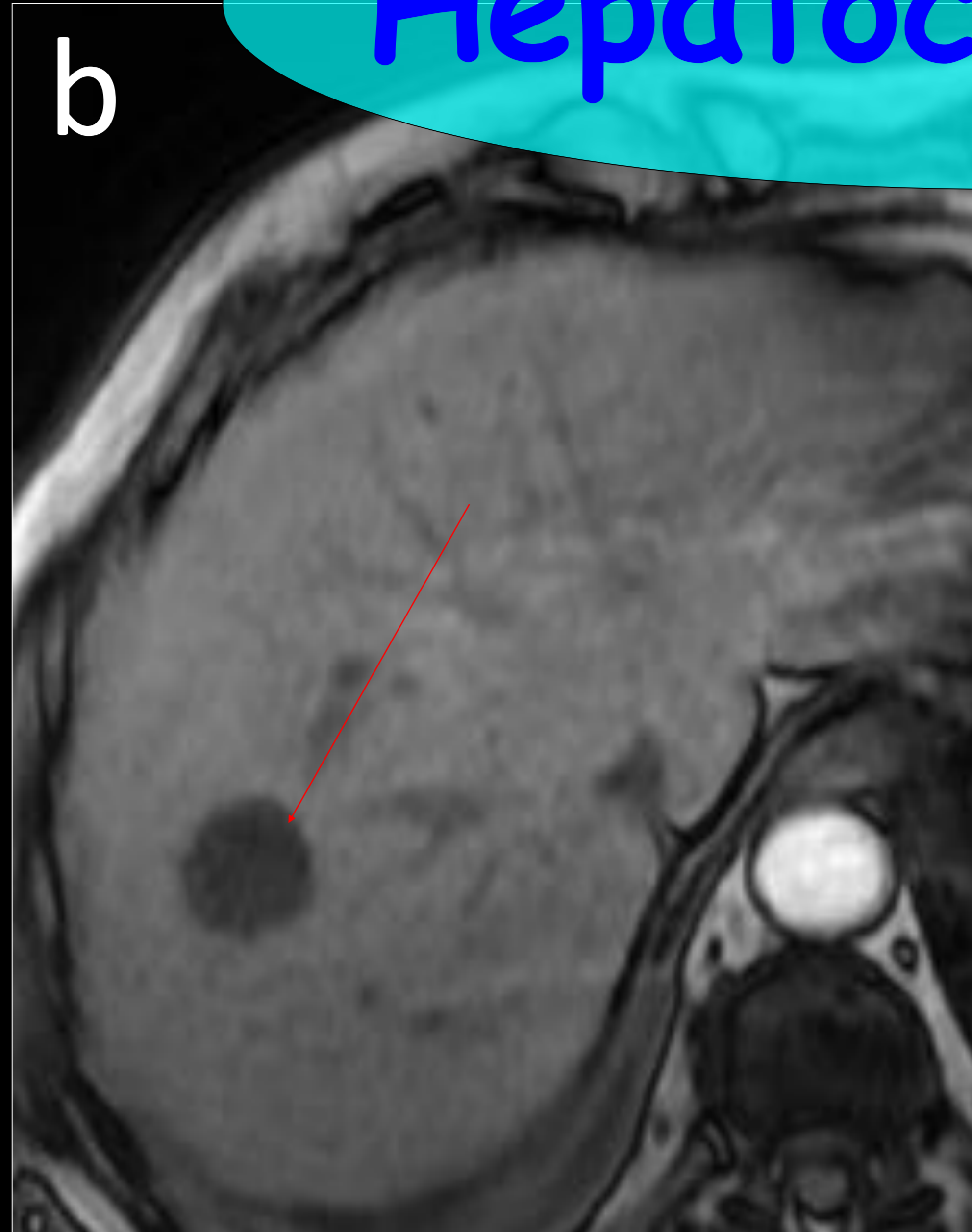
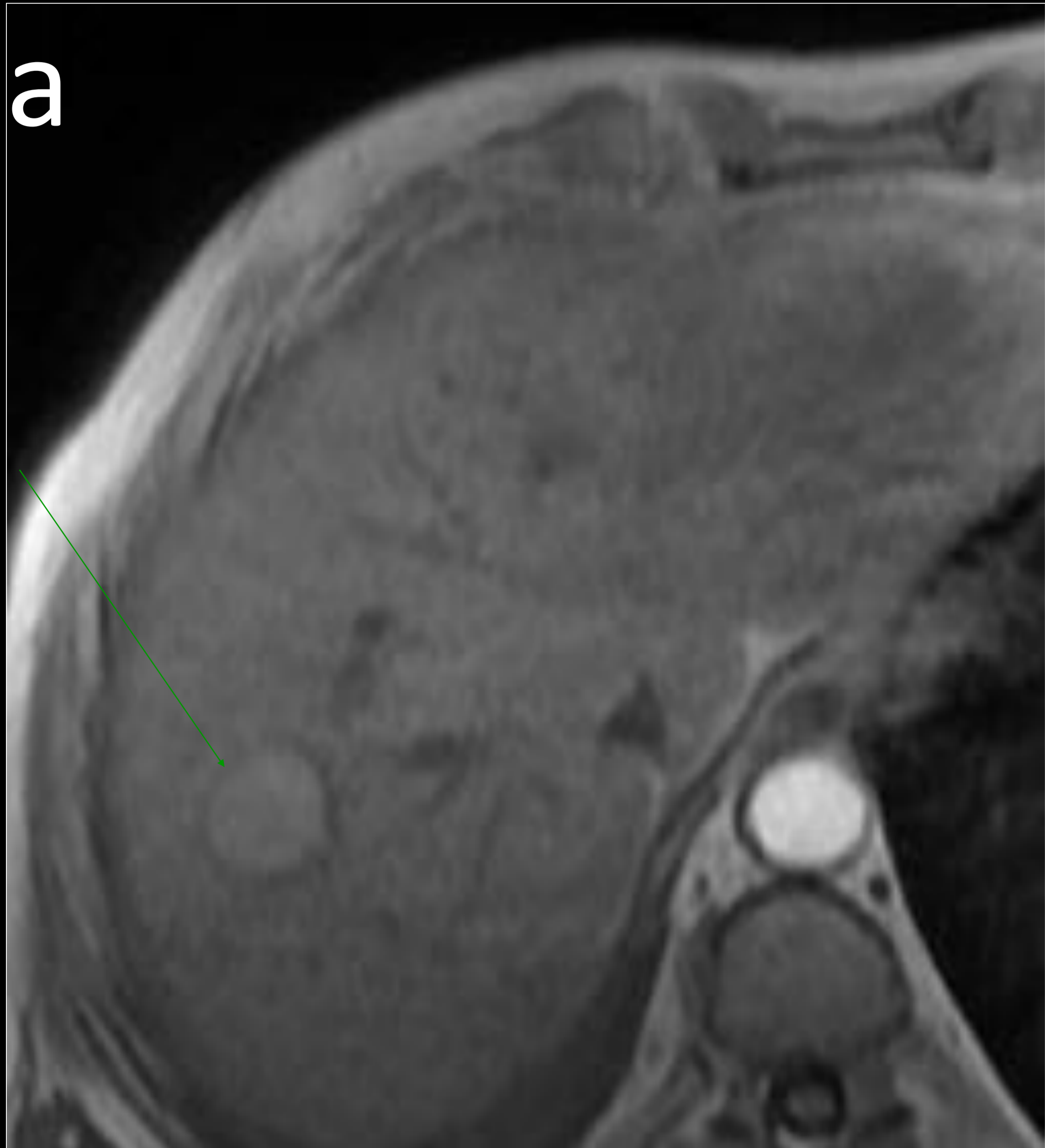
Patrón de realce!!



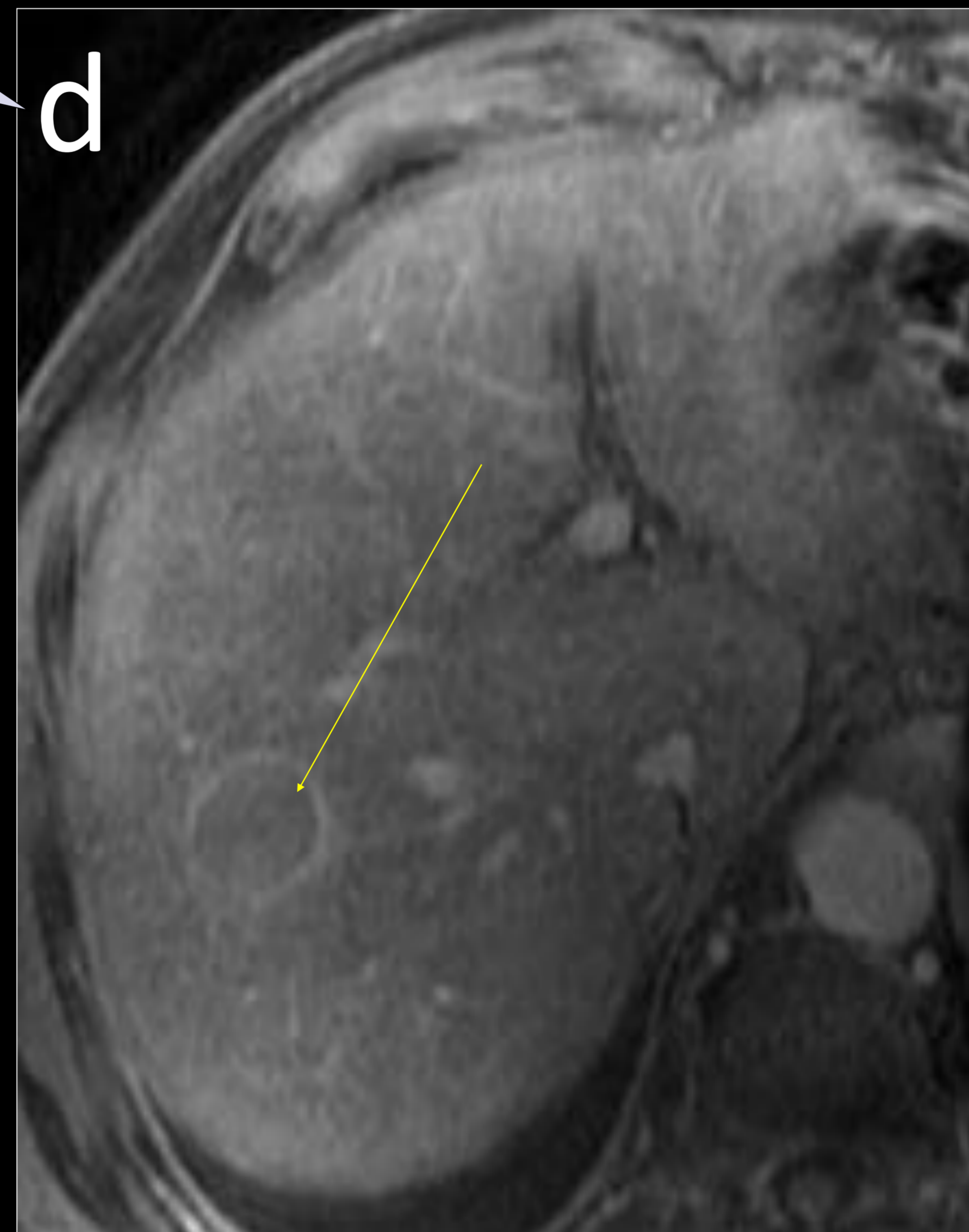
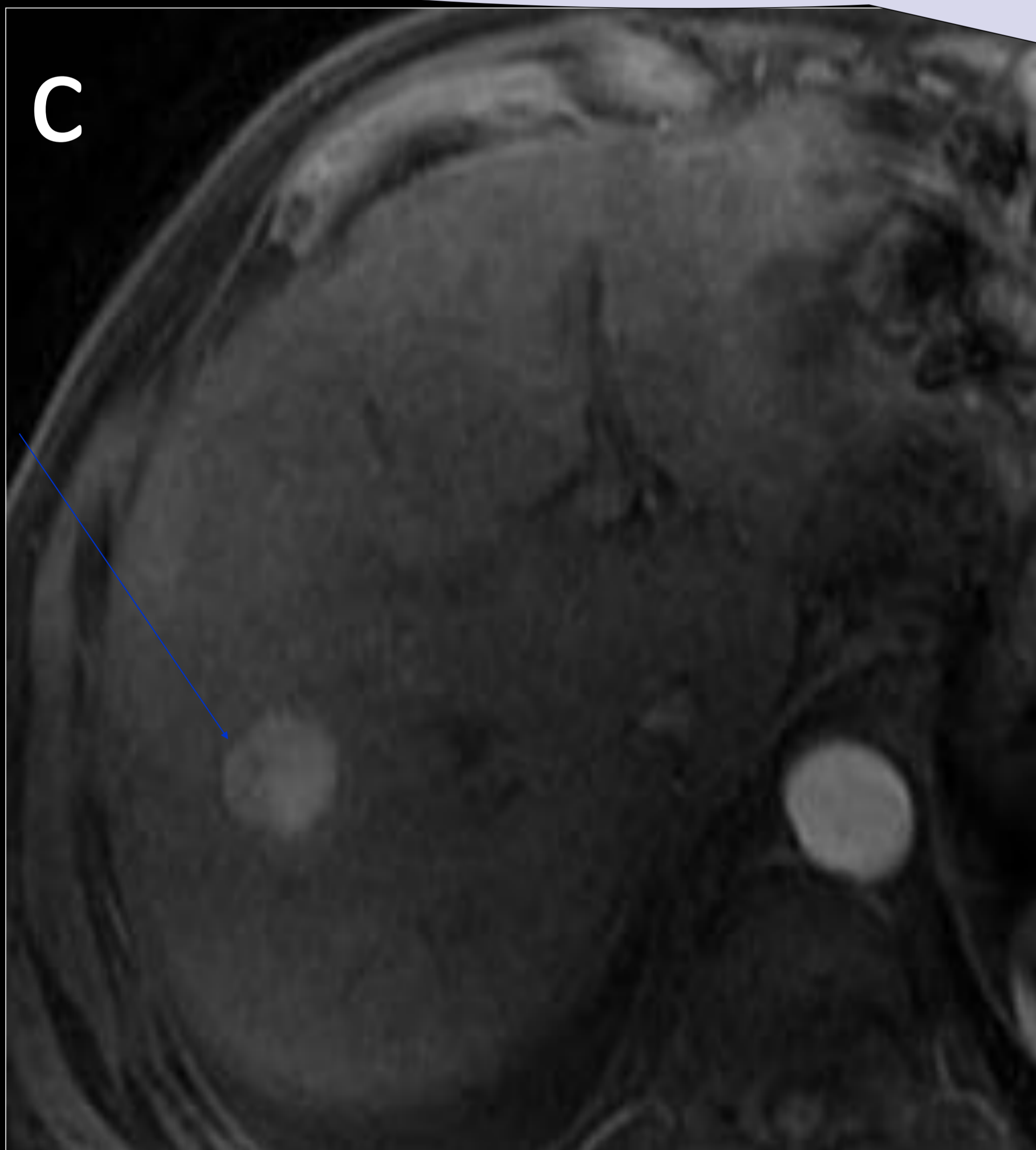
**Adenoma hepático.** En la secuencia T1 en fuera de fase (flecha roja en b), se observa una lesión con mayor caída de la señal respecto a la secuencia en fase (flecha verde en a) que indica grasa microscópica. A diferencia de la esteatosis, presenta realce tras la administración de contraste iv (flecha azul en c) que confirma que se trata de una lesión hipervascular, adenoma.



## Hepatocarcinoma



Patrón de realce!!



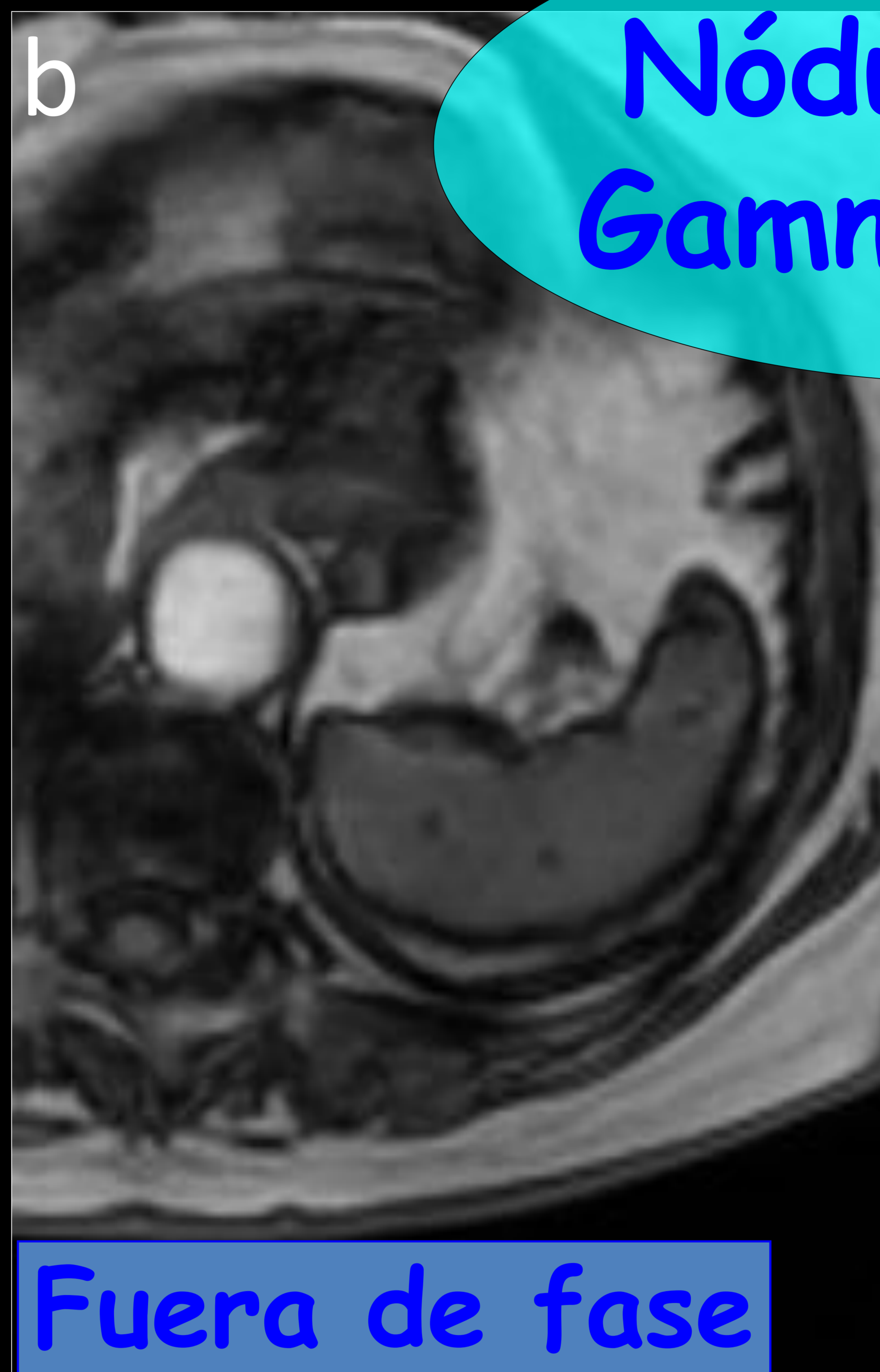
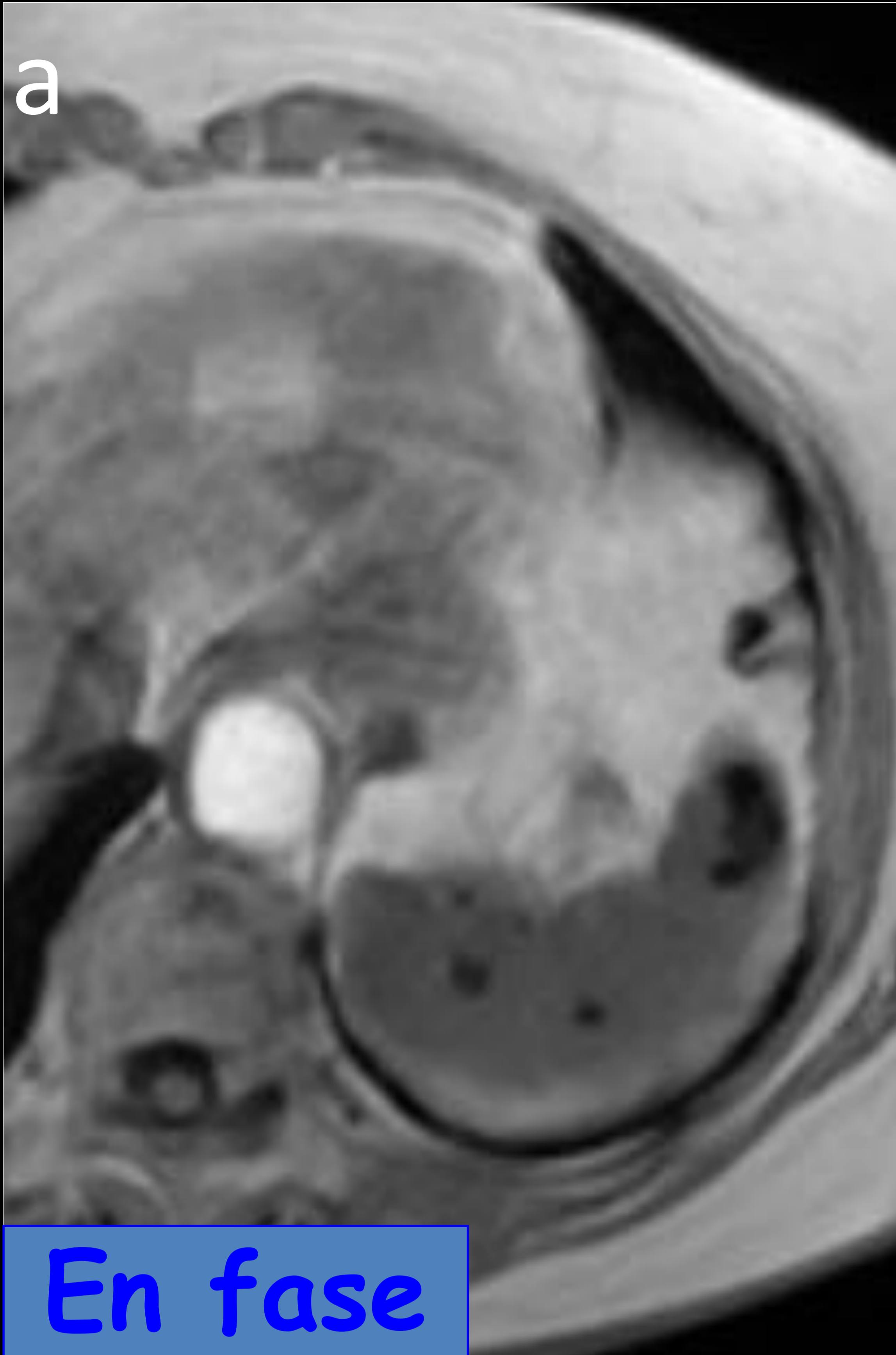
**Hepatocarcinoma.** En la secuencia T1 en fuera de fase (flecha roja en b), se observa una lesión con mayor caída de la señal respecto a la secuencia en fase (flecha verde en a) que indica grasa microscópica. A diferencia de la esteatosis, presenta realce tras la administración de contraste iv (flecha azul en c), con lavado y cápsula hipercaptante en fase posterior del estudio dinámico (flecha amarilla en d), que confirma que se trata de una lesión hipervasculare, hepatocarcinoma.



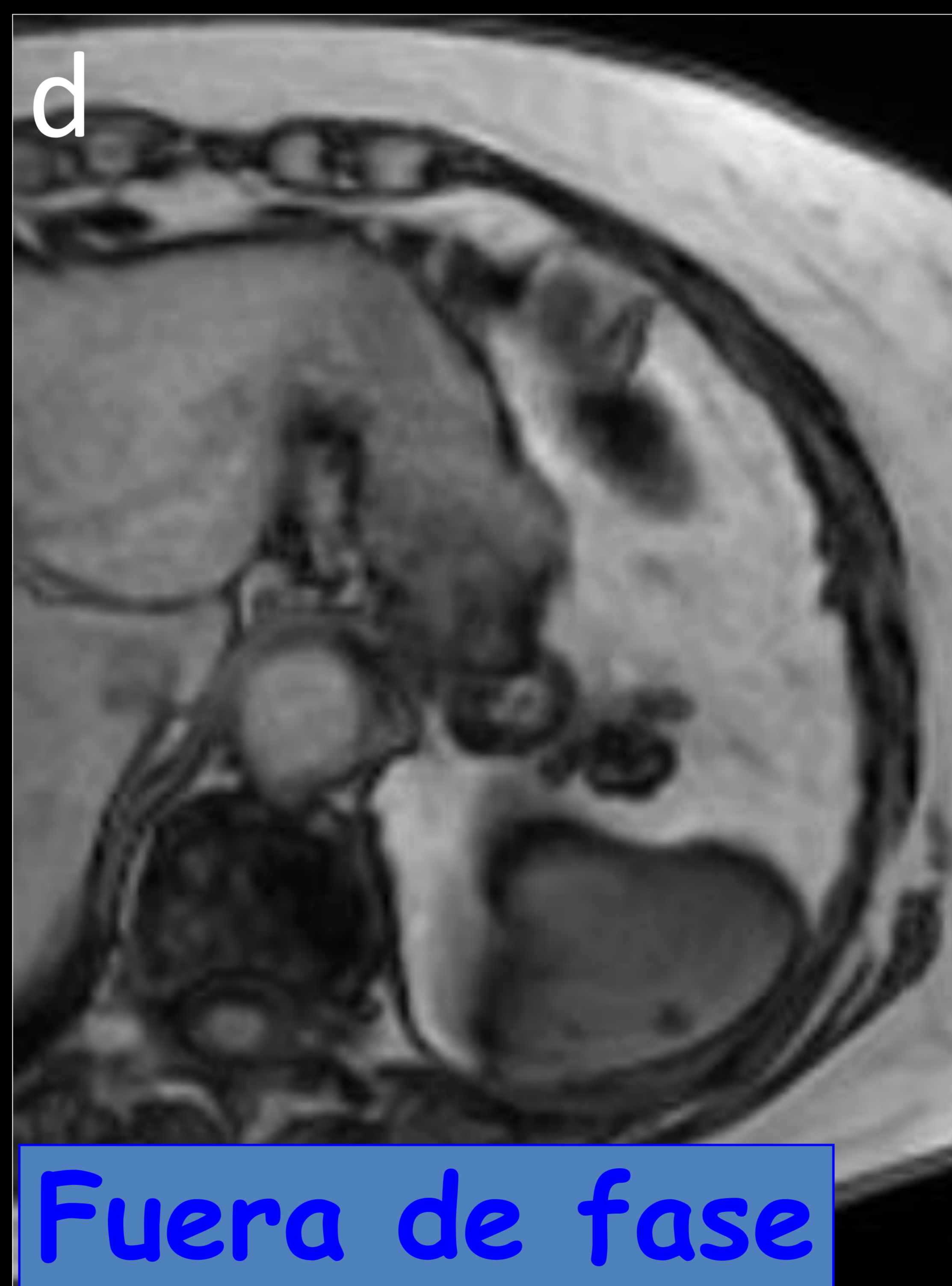
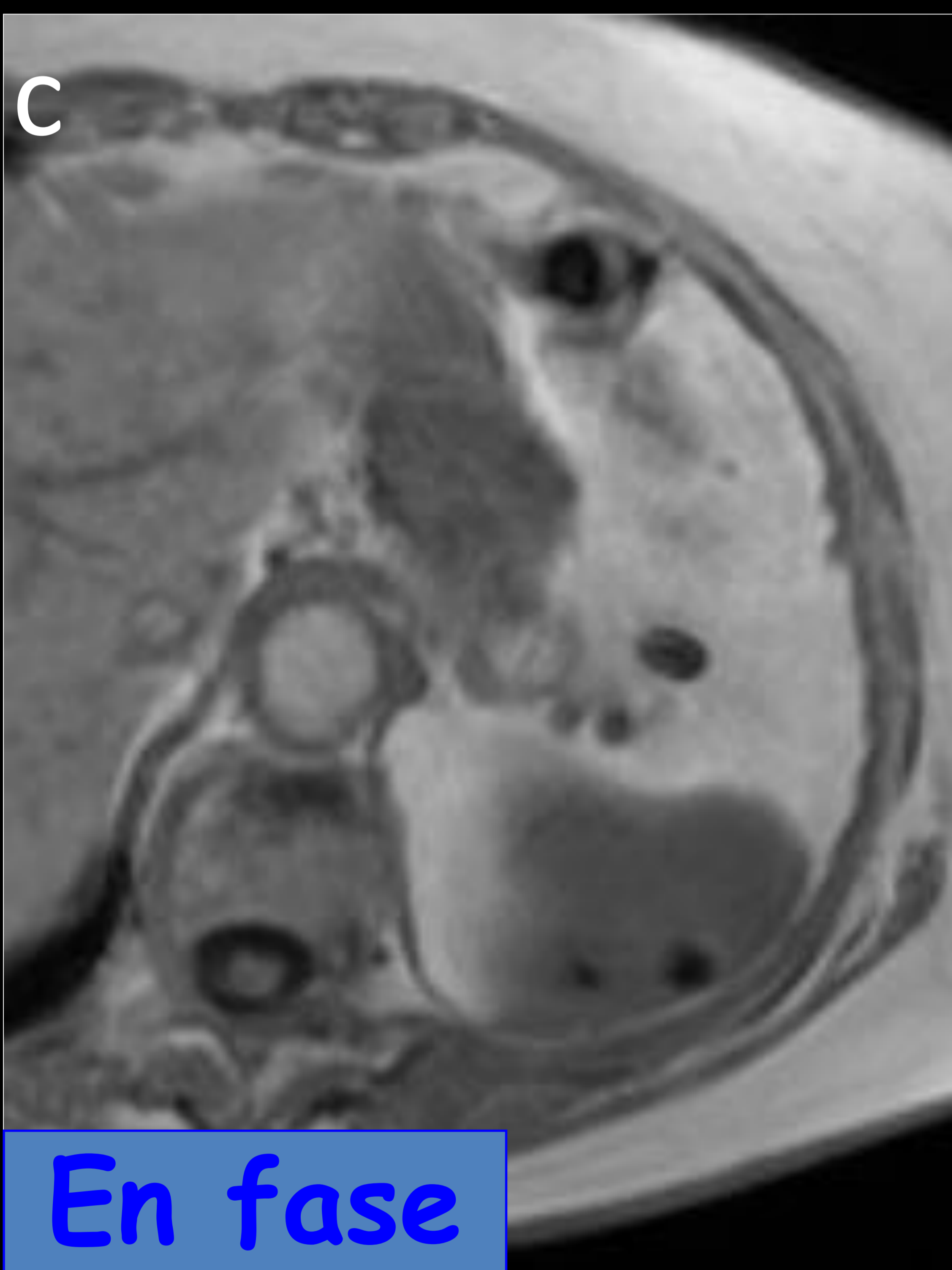
## **EFFECTOS T2\* PRONUNCIADOS EN IMÁGENES CON TIEMPOS DE ECO LARGOS**

- Este efecto permite caracterizar:
  - enfermedades por depósito de hierro (hemocromatosis).
  - depósitos de hemosiderina (nódulos de Gamna Gandy del bazo).
- En las enfermedades por depósito de hierro, la intensidad de señal del parénquima hepático disminuye en la imagen con tiempo de eco más largo debido a la continua caída de la magnetización transversa.
- La caída de la intensidad de la señal debido a los efectos T2\* es opuesta a la caída de la intensidad de señal debido a la esteatosis si la imagen en fuera de fase se adquiere en un tiempo de eco más corto que la correspondiente imagen en fase.
- Así, la intensidad de señal del parénquima hepático en las imágenes "en fase" y "fuera de fase" puede ser teóricamente idéntica en pacientes que presenten simultáneamente esteatosis hepática y hemocromatosis.





Nódulos de  
Gamna Gandy

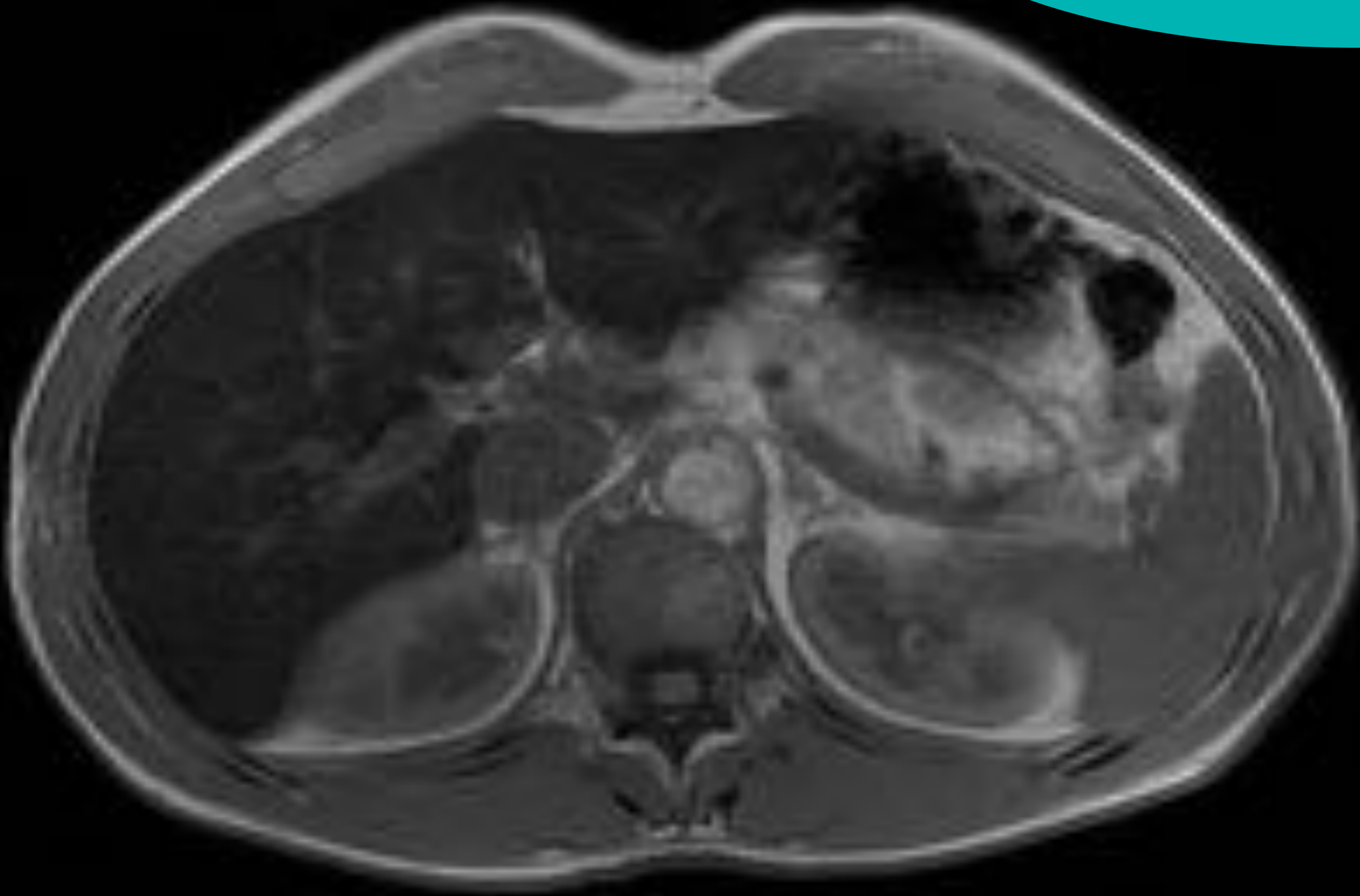


**Nódulos de Gamna Gandy.** Nódulos hipointensos en el bazo en las secuencias T1 en fase y fuera de fase, que corresponden a depósitos focales de hemosiderina. Este efecto es más pronunciado en la secuencia T1 en fase.

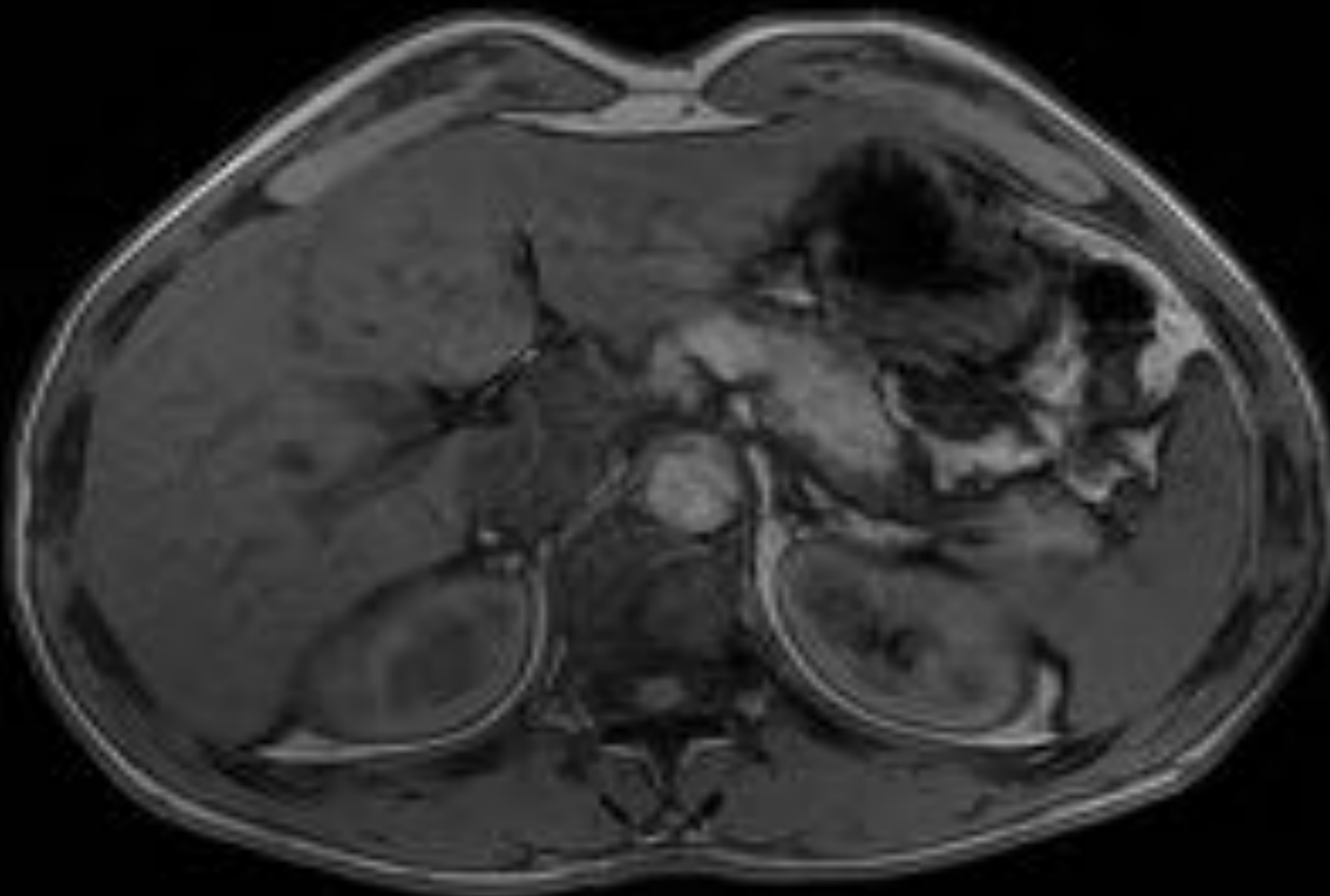


## Hemocromatosis

a



b

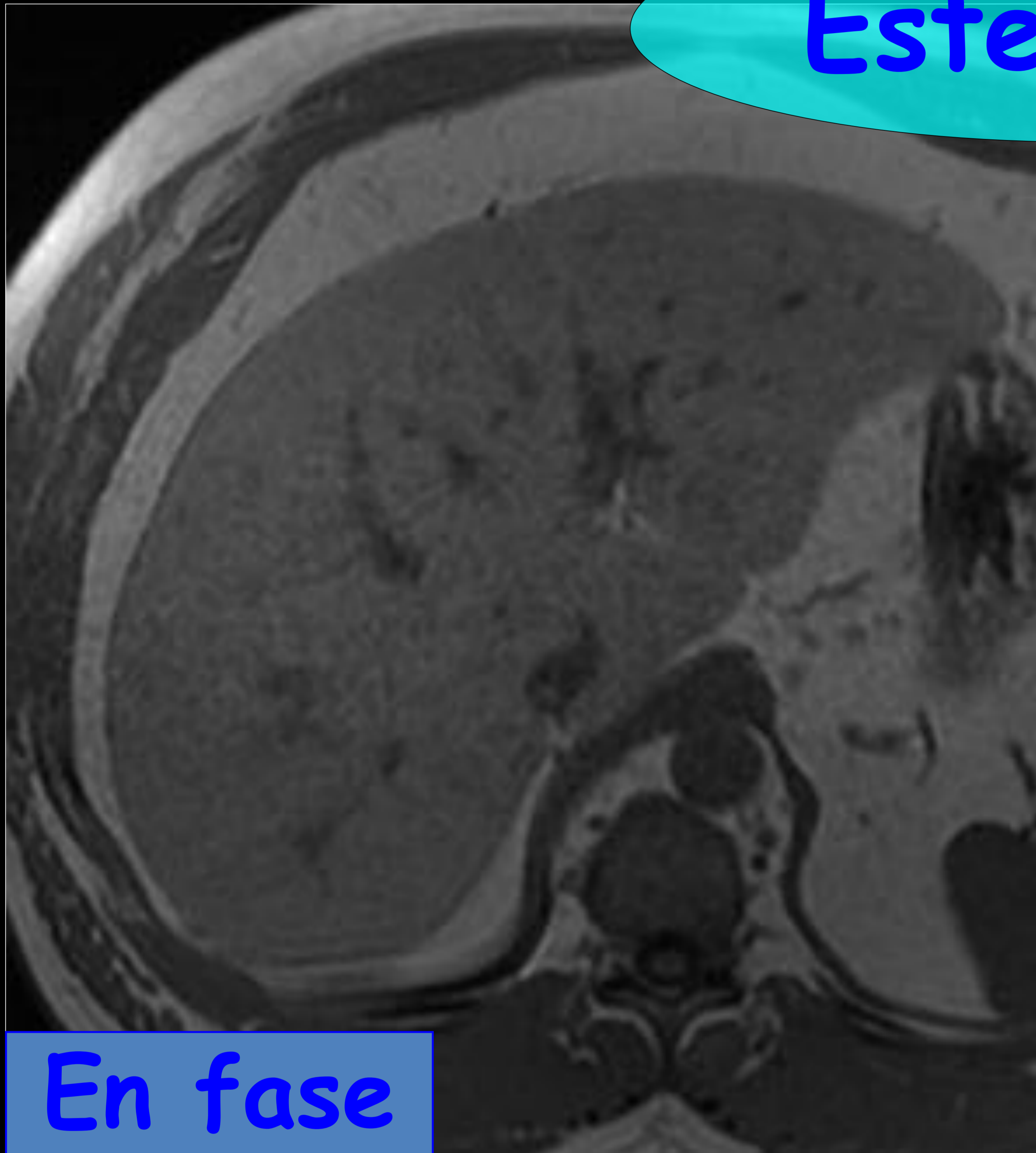


**Hemocromatosis.** En la secuencia T1 en fase (a), observamos una disminución de la intensidad de señal del hígado respecto a la secuencia T1 en fuera de fase (b), debido al depósito de hierro, al contrario de lo que ocurre en la esteatosis hepática.



## Esteatosis

Cae la señal en "Fuera de fase"



Cae la señal en "Fase"

## Hemocromatosis



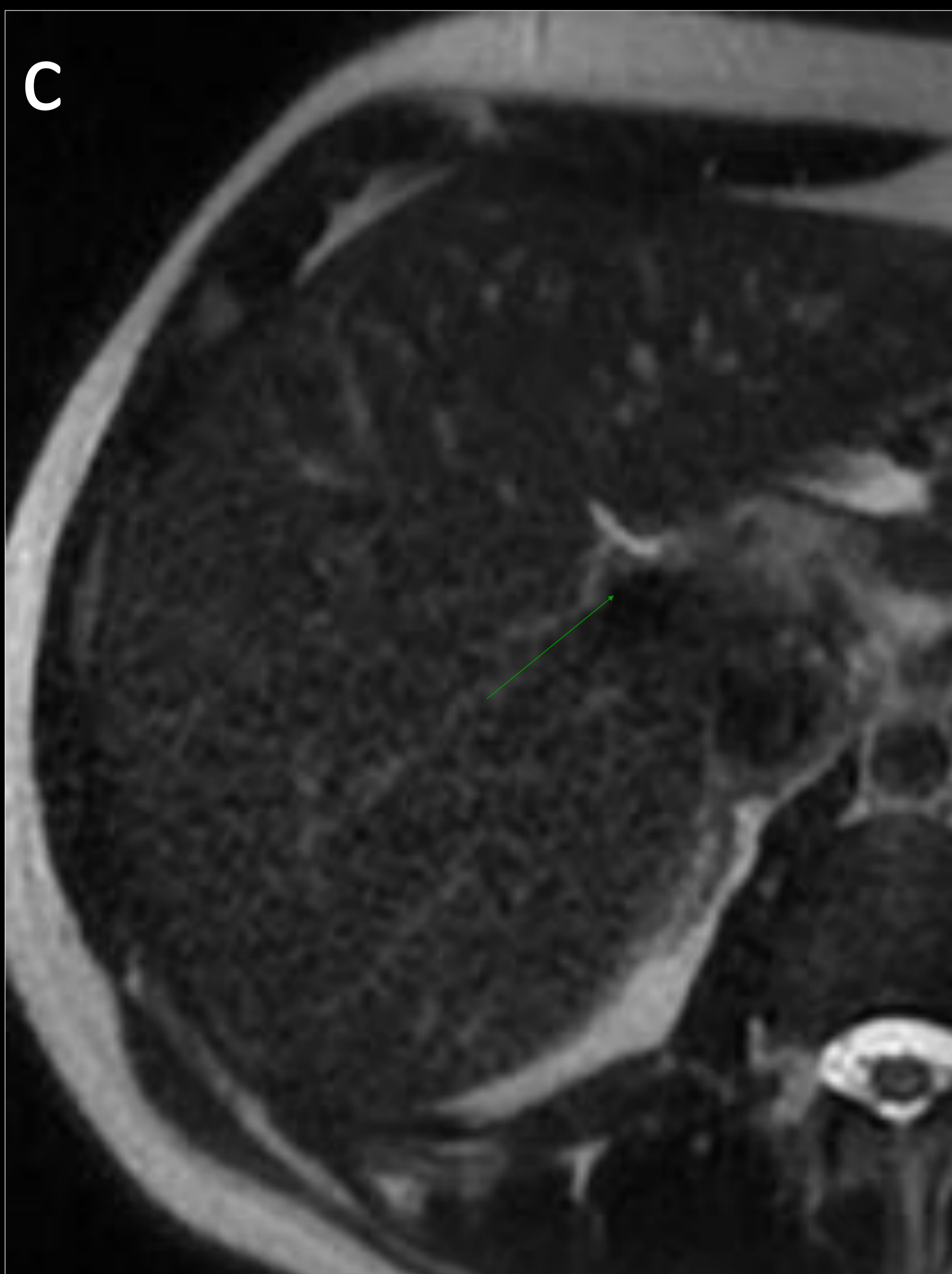
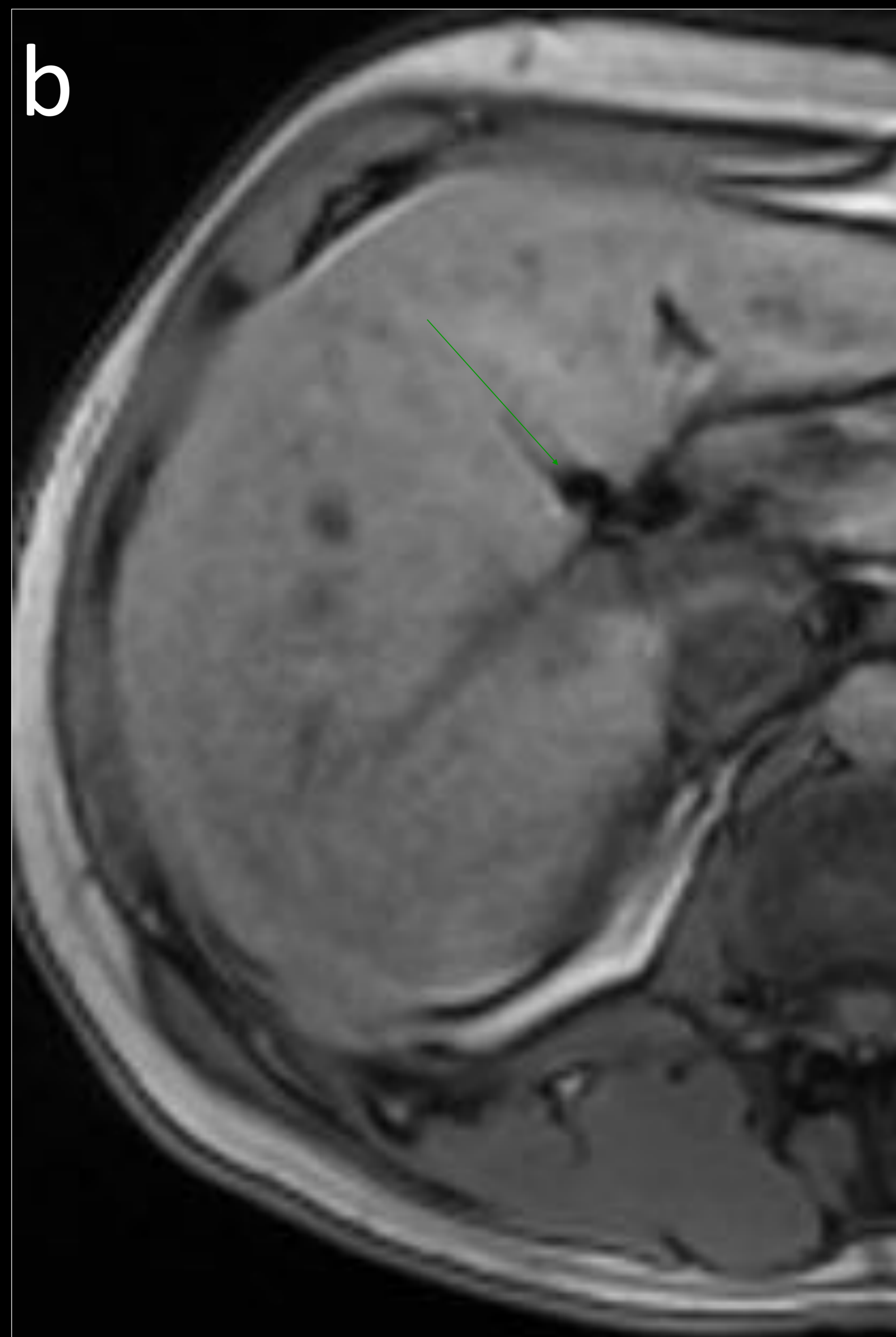
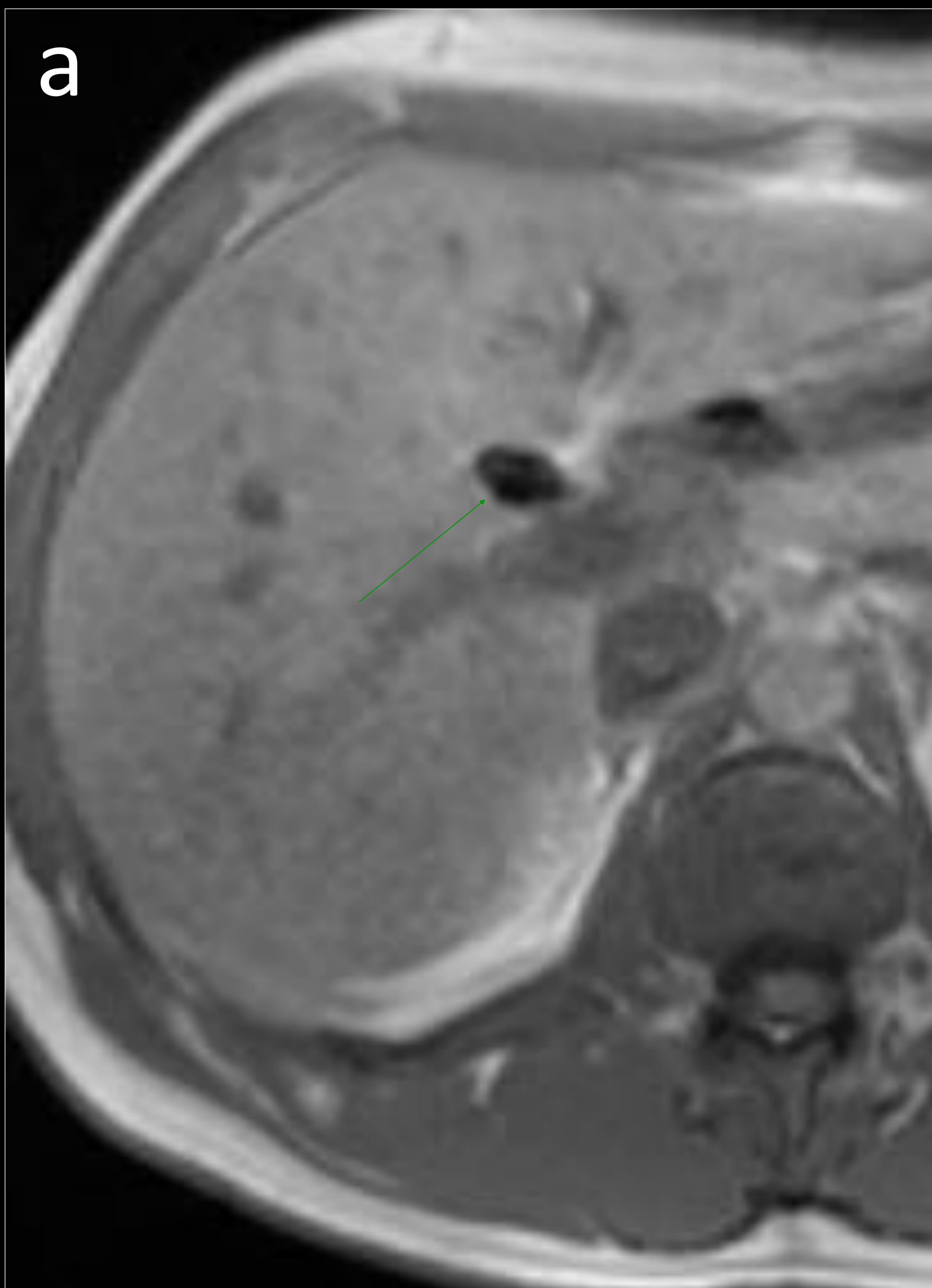


## **ARTEFACTOS DE SUSCEPTIBILIDAD PRONUNCIADOS EN IMÁGENES CON TIEMPOS DE ECO LARGOS**

- La susceptibilidad magnética es la medida en que un material se magnetiza cuando se introduce en un campo magnético.
- Los artefactos de susceptibilidad ocurren como resultado de variaciones en la intensidad del campo magnético que ocurre cerca de las interfases de materiales de diferente susceptibilidad magnética.
- Los **artefactos de susceptibilidad** tienen las siguientes **características**:
  - Son más pronunciados en imágenes eco de gradiente que en fast spin eco debido a la falta del pulso de refase de  $180^\circ$ .
  - Aumentan con el tiempo de eco en las imágenes eco de gradiente debido a la continua caída de la magnetización transversa.
  - Aumentan con el tamaño del voxel debido a un mayor cambio de la magnetización neta local de la intensidad del campo magnético en cada voxel.



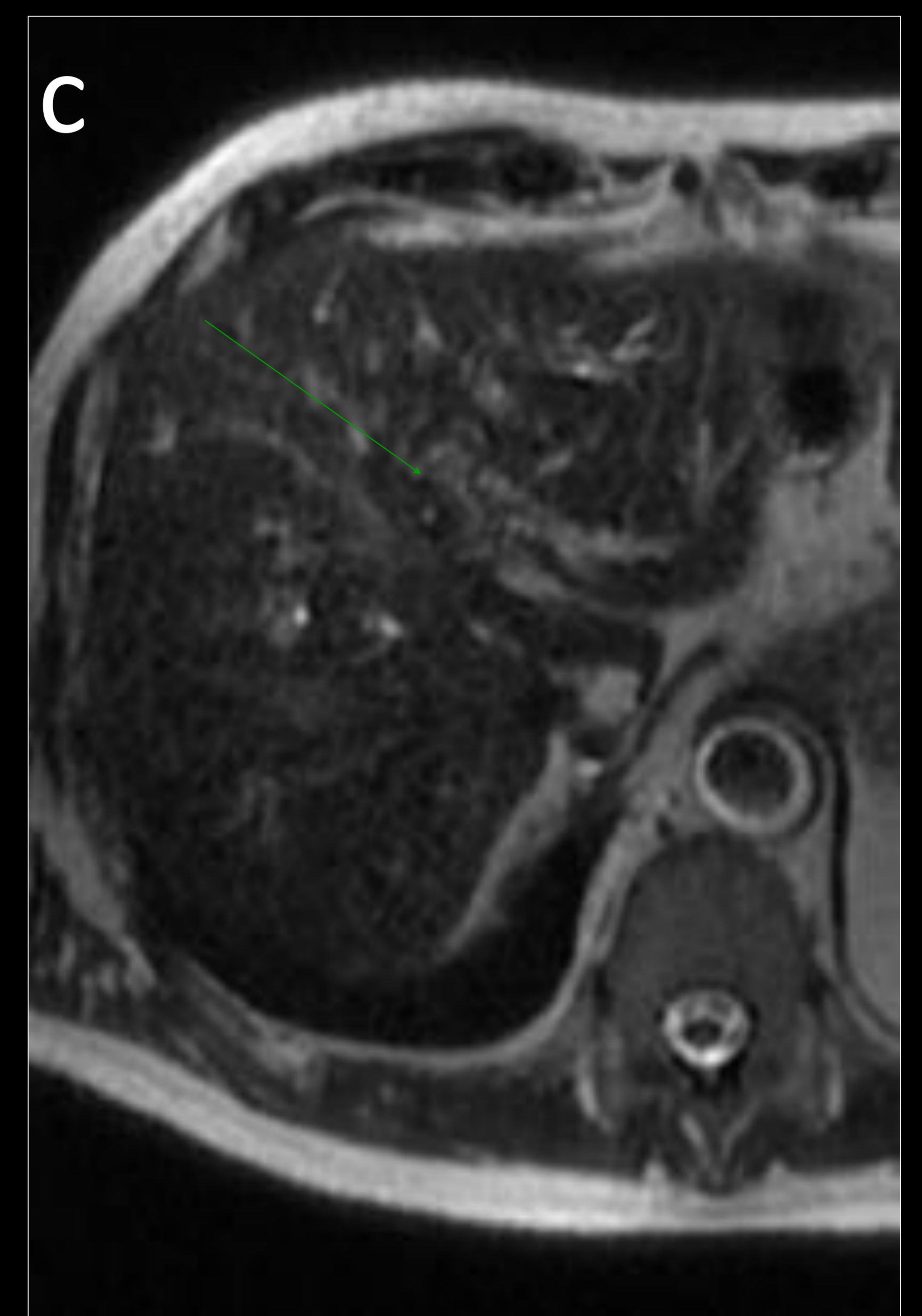
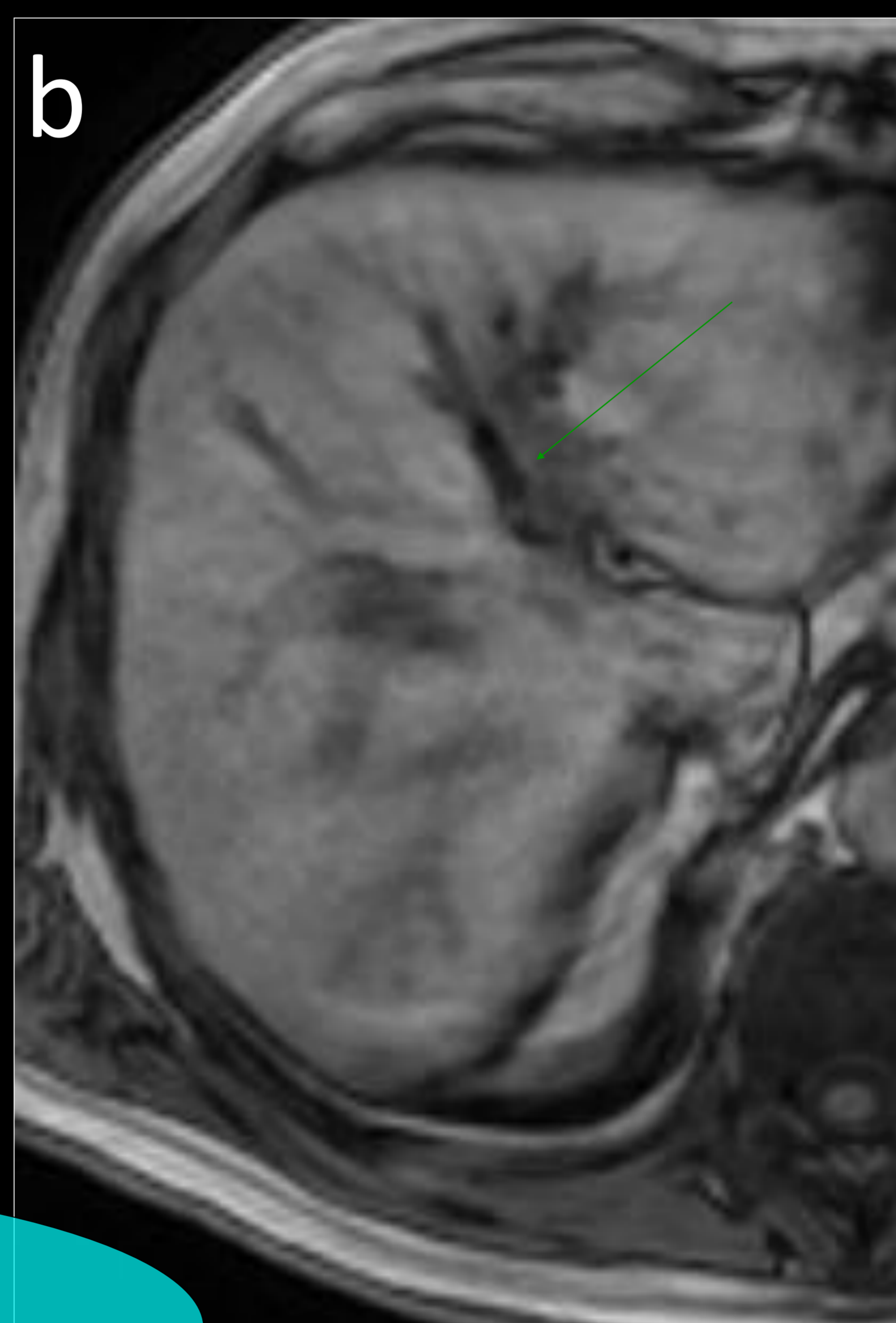
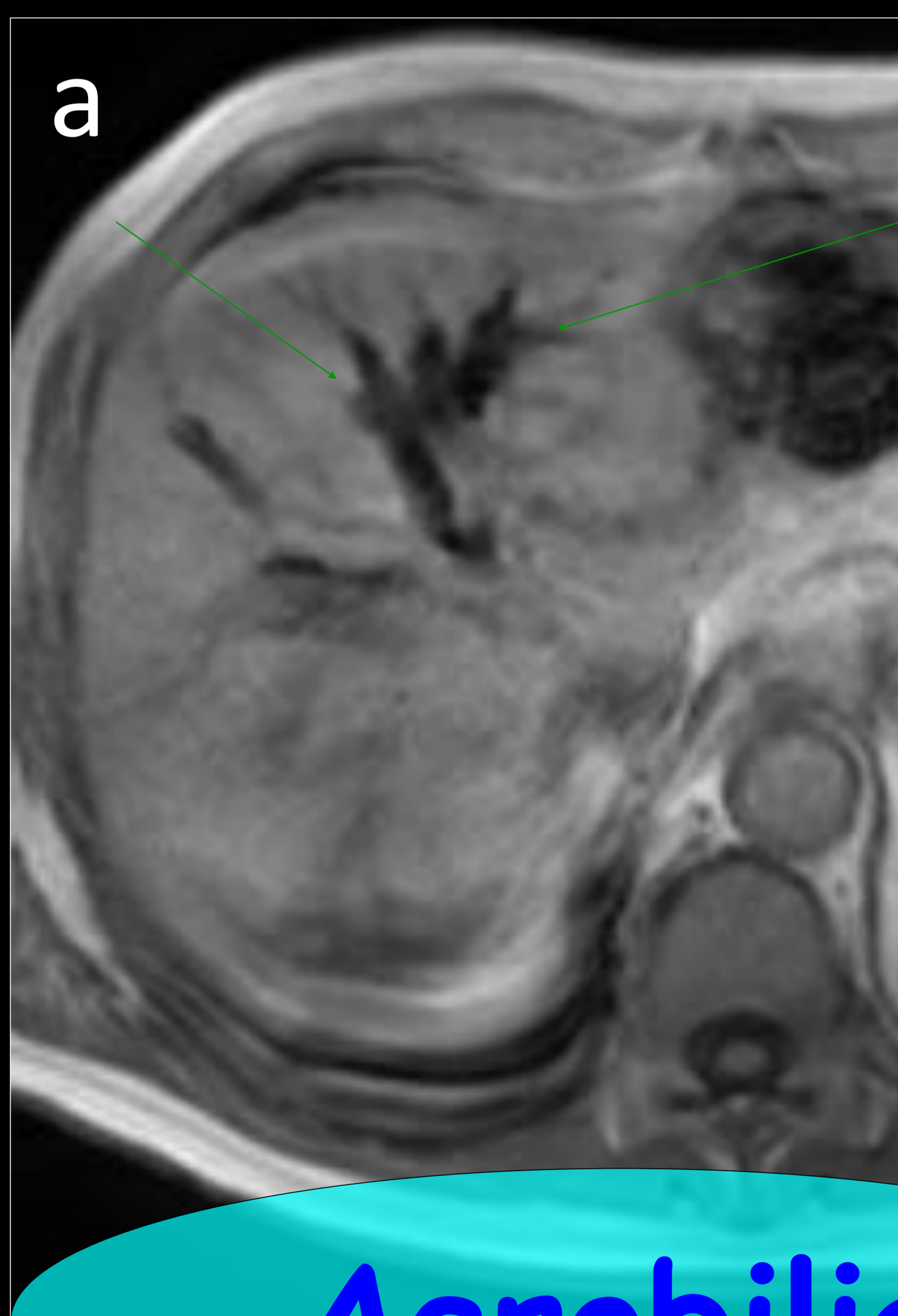
- Los objetos metálicos muestran gran artefacto de susceptibilidad en la imagen con tiempo de eco largo, usualmente la imagen "en fase".



**Objetos metálicos y artefacto de susceptibilidad.** El artefacto de susceptibilidad provocado por los clips quirúrgicos de colecistectomía, es mayor en la secuencia en fase (a) que en la secuencia en fuera de fase (b) y, prácticamente inexistente en la secuencia spin echo (c)



- Estos artefactos son causados por objetos metálicos ya que la susceptibilidad del metal es mucho más alta que la del tejido blando.
- Sin embargo, los artefactos de susceptibilidad también ocurren cerca de estructuras con gas como las asas intestinales o en la aerobilia, ya que la susceptibilidad del gas es mucho menor que la de los tejidos blandos.



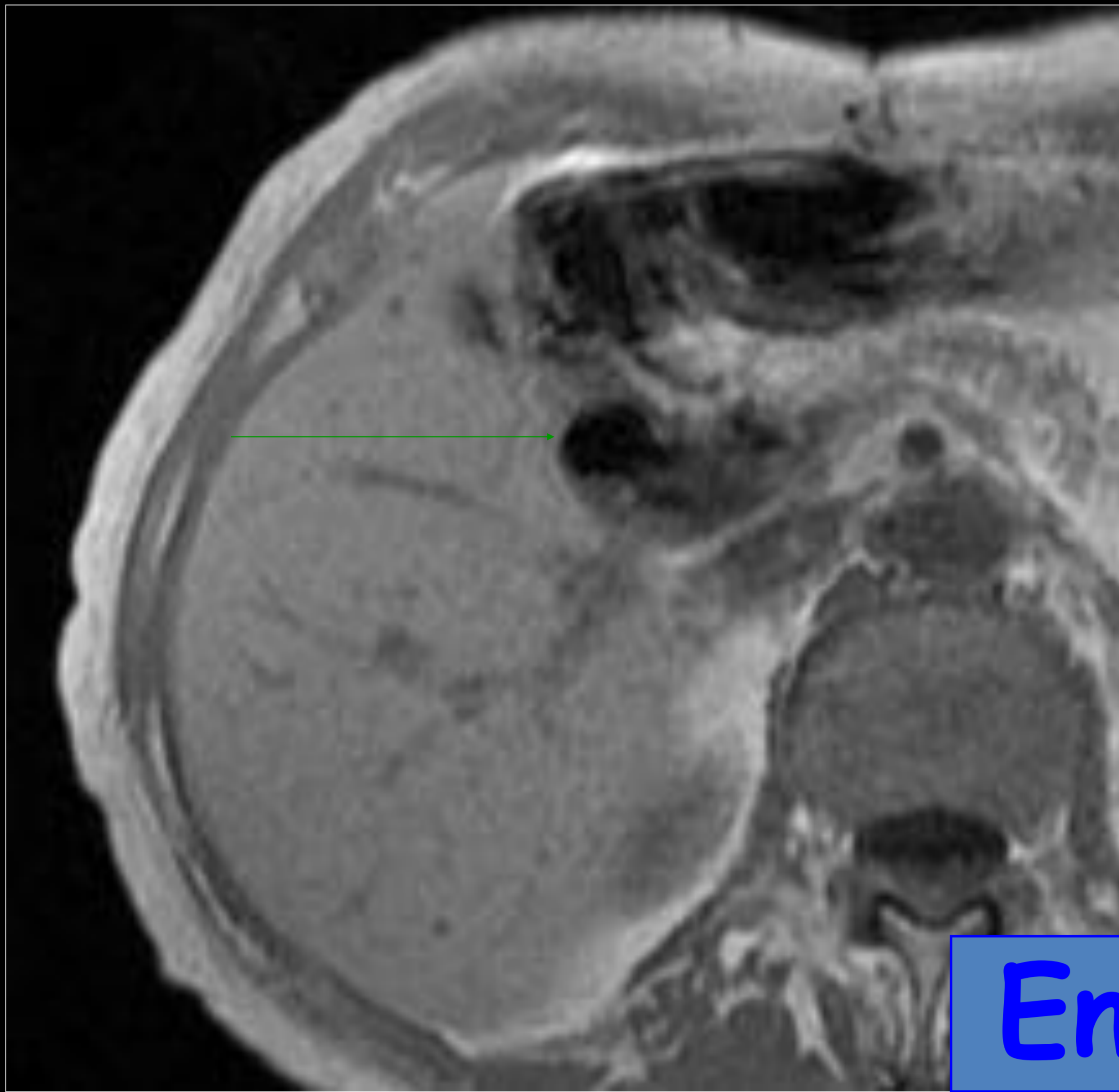
**Aerobilia**

**Aerobilia y artefacto de susceptibilidad.** El artefacto de susceptibilidad provocado por la aerobilia, es mayor en la secuencia en fase (a) que en la secuencia en fuera de fase (b) y, prácticamente inexistente en la secuencia spin echo (c)

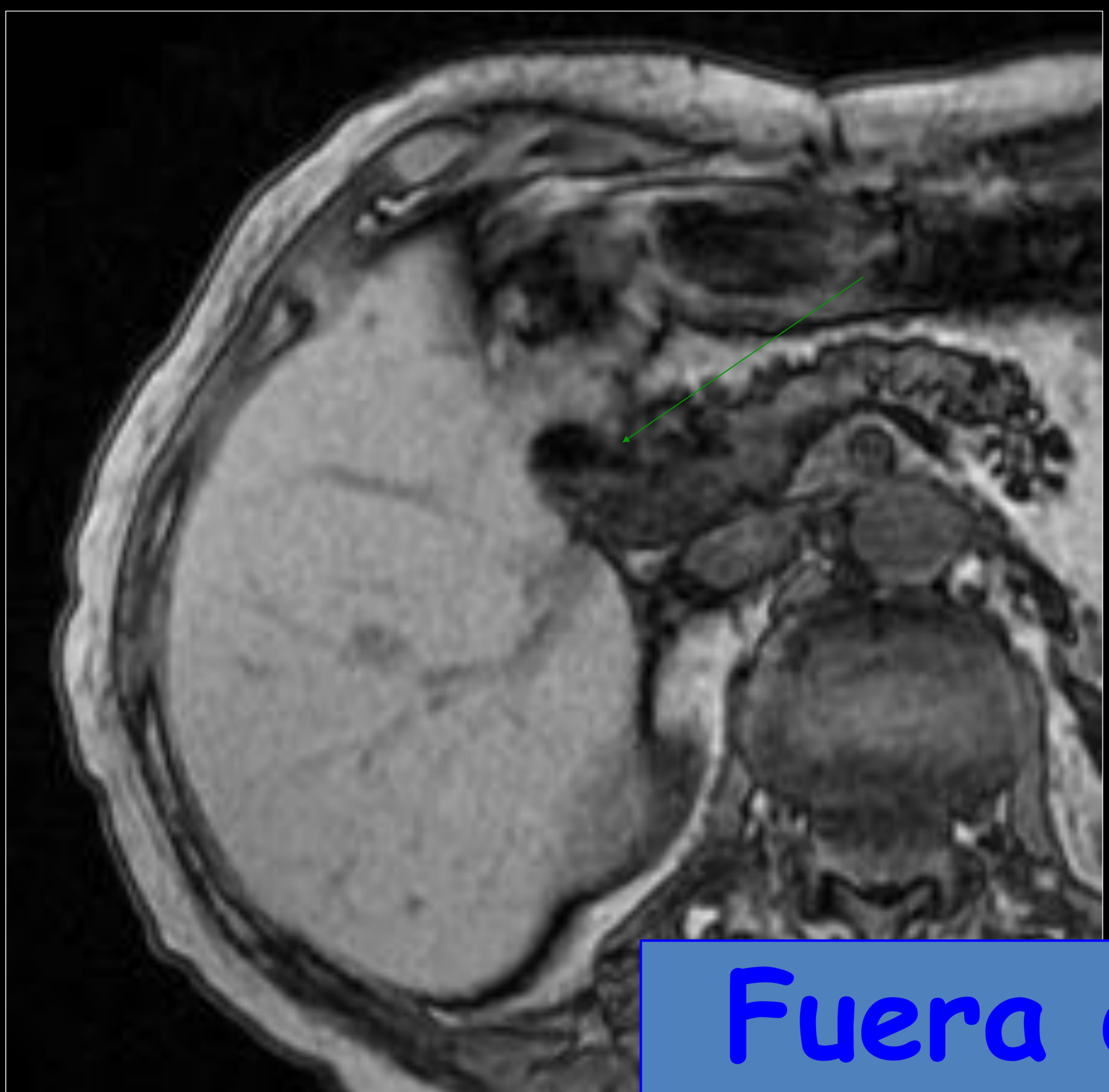
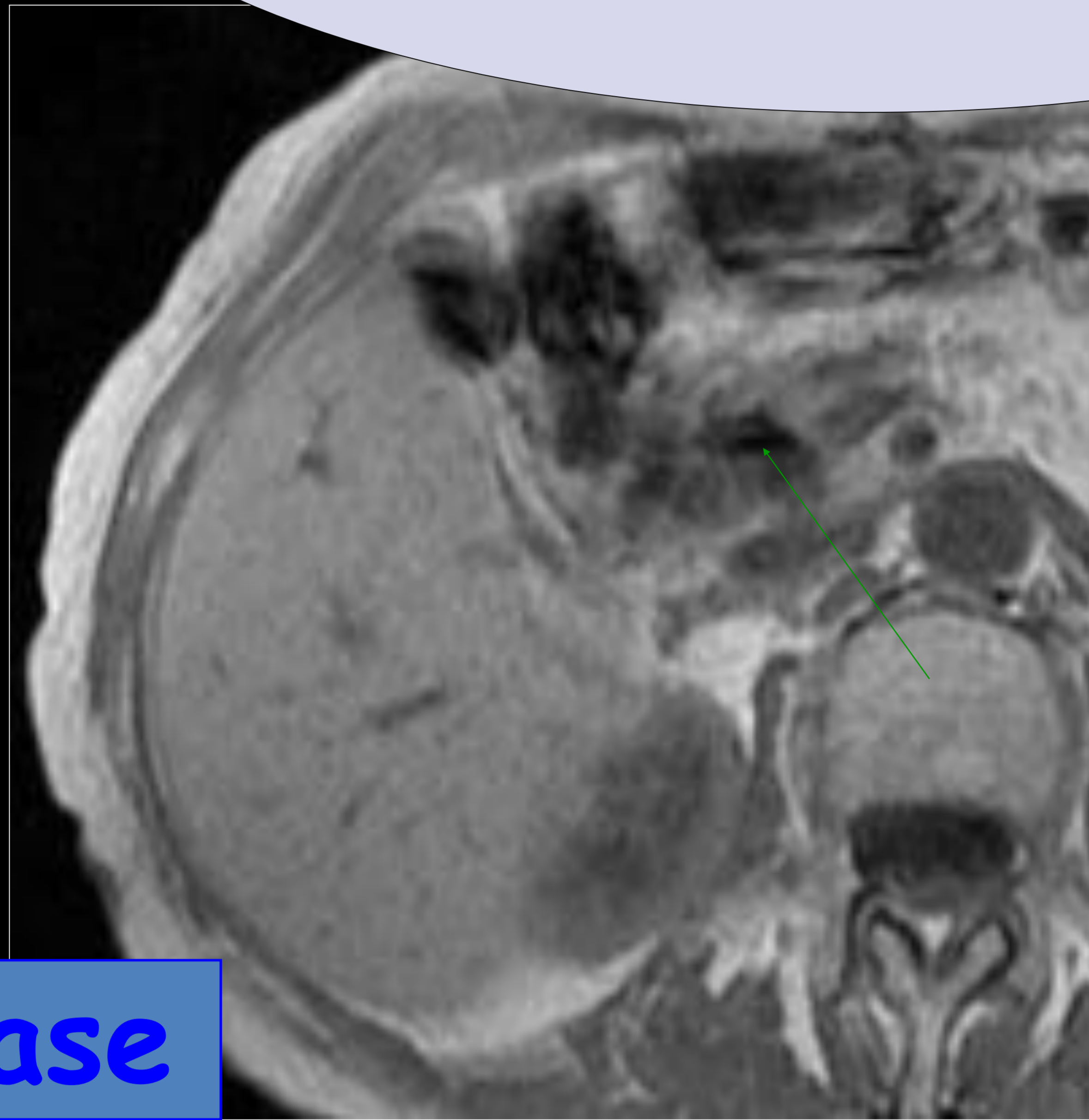


**Aerobilia**

**Artefacto  
susceptibilidad:**  
Es mayor "en fase".



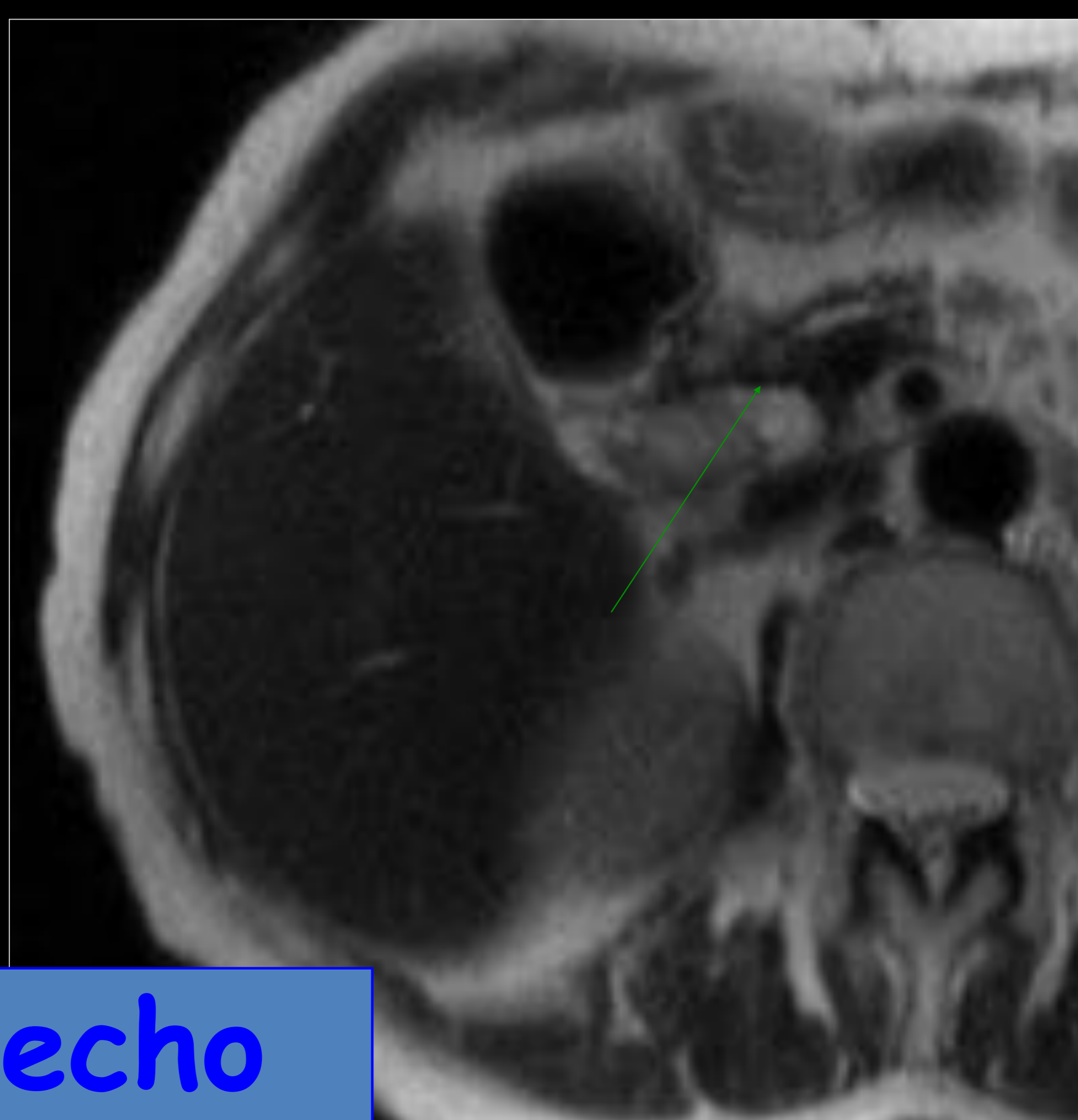
**En fase**



**Fuera de fase**



**Spin echo**





## Coledocolitiasis



**Artefacto de susceptibilidad:**  
Es mayor en el gas (aerobilia) que en la coledocolitiasis



**Coledocolitiasis.** Ocupación del colédoco por imagen hipointensa en la secuencia en fase (flecha verde en a). Plantea el diagnóstico diferencial entre coledocolitiasis y aerobilia, pero el artefacto de susceptibilidad es menor que la burbuja de gas en duodeno (flecha roja en a), por lo que corresponde a una coledocolitiasis. El artefacto de susceptibilidad provocado por el gas en el duodeno es mayor en la secuencia en fase (flecha roja en a) que en la secuencia en fuera de fase (flecha azul en b).



## CONCLUSIÓN

---

- La determinación de grasa en el interior de una lesión ayuda considerablemente a realizar un diagnóstico.
- La secuencia 3D dual echo se ha convertido en parte de las imágenes rutinarias en una RM abdominal.
- Es importante conocer sus principios y efectos físicos que nos ayudan a diagnosticar múltiples patologías.



## BIBLIOGRAFIA

---

- Merkle EM, Nelson RC. Dual Gradient-echo in-phase and opposed-phase hepatic MR imaging: a useful tool for evaluating more than fatty infiltration or fatty sparing. *RadioGraphics*, 2006; 26:1409–1418.
- Fernández Pérez GC, Velasco Casares M, Tardáguila Montero FM. Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética. Técnicas de saturación grasa. *Monografías SERAM*, 2007; 57-62.
- Pokharel SS, Macura KJ, Kamel IR, Zaheer A. Current MR imaging lipid detection techniques for diagnosis of lesions in the abdomen and pelvis. *Radiographics*, 2013; 33:681-702.
- Bitar R, Leung G, Perng R, Tadros S, Moody AR, Sarrazin J, McGregor C, Christakis M, Symons S, Nelson A, Roberts TP, MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask. *Radiographics*, 2006; 26:513-53.
- Pereira JM, Sirlin CB, Pinto PS, Casola G. CT and MR Imaging of Extrahepatic Fatty Masses of the Abdomen and Pelvis: Techniques, Diagnosis, Differential Diagnosis, and Pitfalls. *Radiographics*. 2005; 25:69-85.
- Craig WD, Fanburg-Smith JC, Henry LR, Guerrero R, Barton JH. Fat-containing Lesions of the Retroperitoneum: Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiographics*. 2009; 29:261–290.
- Delfaut E, Beltran J, Johnson G, Rousseau J, Marchandise J, Cotten A. Fat suppression in MR imaging: Techniques and pitfalls. *Radiographics*. 1999; 19:373-382.
- Earls JP, Krinsky GA. Abdominal and pelvic applications of opposed-phase MR imaging. *AJR*. 1997; 169:1071-1077.