

"Eppur si muove". Artefactos por movimiento en TC. Conocerlos y evitarlos.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: **Joaquín Martín Cuartero**, Ignacio Quintana Martínez, Laura Elvira Dinu, Jorge Gonzalez Gambau, Teresa Gómez Gil, José María Artigas Martín

Objetivos Docentes

Revisar los artefactos en tomografía computarizada (TC) causados por movimientos del paciente o de sus estructuras anatómicas internas.

Describir su apariencia, causa, y cómo evitarlos o confundirlos con hallazgos patológicos.

Revisión del tema

INTRODUCCIÓN

La tomografía computarizada (TC) tiene un papel muy importante en el diagnóstico por imagen, más aún desde el desarrollo de la TC multicorte o multidetector (TCMC o TCMD), que permite obtener imágenes con gran resolución espacial (con vóxeles submilimétricos isotrópicos) y temporal (con tiempos de rotación del tubo de 0,5 segundos o incluso menores).

Gracias a estas características se pueden valorar estructuras con gran detalle anatómico y/o en movimiento.

Aunque las imágenes obtenidas son de gran calidad, son susceptibles de perderla ante la presencia de artefactos o distorsiones de imagen que pueden hacer que las imágenes no sean valorables o aparezcan falsas imágenes que sugieran hallazgos patológicos no reales.

Los artefactos en TC pueden deberse a:

- Movimientos del paciente
- Endurecimiento del haz de rayos X cuando estos traspasan al paciente
- Presencia de cuerpos extraños/material médico
- Errores en las medidas de atenuación de los rayos X
- Efecto de volumen parcial
- Ruido
- Mal funcionamiento de los detectores como consecuencia de errores de calibración o balanceo
- Errores de espiral o “de remolino”
- Factores ambientales

Esta presentación se centra en los dos primeros.

Los artefactos de movimiento, como su nombre indica, se deben a ausencia de reposo de las estructuras. A pesar de la rapidez con la que se hace los estudios (menos de 10 segundos para un estudio de TCMC toracoabdominal), es necesario que las estructuras permanezcan estáticas para obtener imágenes óptimas. El movimiento de las estructuras puede impedir su correcta valoración o bien generar imágenes que en ocasiones simulan patología.

El movimiento responsable de dichos artefactos puede ser voluntario o involuntario. Esta división no es siempre igual para todos los pacientes y dependerá del órgano que se mueve y de las características del propio paciente.

Aunque en la mayoría de los pacientes, el movimiento del cuerpo, cabeza o extremidades es voluntario, debe asegurarse que el paciente puede obedecer las órdenes de guardar reposo y no moverse, por deficiente comprensión del idioma, edad pediátrica, demencia avanzada, o simplemente ausencia de colaboración. Los pacientes con temblores, tics o espasmos pueden tener también movimientos de manera involuntaria.

En cuanto a las instrucciones de no respirar o deglutir ocurrirá lo mismo, pudiendo no ser obedecidas de manera voluntaria o involuntaria (poca capacidad de apnea, sensación de ahogo por no tragar saliva, demenciados, niños pequeños, etc.).

Existen estructuras internas dotadas de movimiento autónomo, que no pueden ser controladas de forma voluntaria, como el corazón, las grandes arterias y las asas digestivas.

Muchos de los artefactos por movimiento se presentan en TC urgentes, que habitualmente se realizan a pacientes no preparados, con limitada o nula capacidad de colaboración, incluso en situación crítica.

Los artefactos por endurecimiento del haz, aunque no se deben como tal a la movilización de las estructuras, se ven acrecentados cuando existe movimiento, como se verá más adelante.

CLASIFICACIÓN ANATÓMICA

Vamos a clasificar los artefactos por movimiento atendiendo a las estructuras o regiones anatómicas:

CRÁNEO:

Los artefactos por movimiento en esta región son frecuentes. La cabeza junto a las extremidades son las zonas anatómicas que tienen más movilidad cuando el paciente está tumbado en la mesa del TC.

A menudo los estudios de TC craneal se hacen en pacientes ancianos, con demencia, que no entienden las instrucciones, con enfermedades que cursan con temblores tipo Parkinson, o que simplemente se fatigan. La cabeza tiende a moverse ante cualquier estímulo, incluidas las ordenes del técnico, o en la búsqueda visual del personal que está realizando la exploración. Cuando el paciente habla durante el estudio también pueden aparecer artefactos por movimiento.

Habitualmente el movimiento hace que el estudio sea subóptimo o no valorable. Las regiones encefálicas con mayor contacto con hueso son las que más se artefactan y son menos valorables, especialmente las fosas temporales y posterior. Las estructuras óseas de pequeño tamaño también se verán a menudo artefactadas (peñascos, celdillas etmoidales, etc.)([Figura 1](#)).

COLUMNA VERTEBRAL:

Los movimientos por falta de reposo pueden dar imagen de fractura o luxación ([Figura 2](#)). Suelen verse en estudios de columna cervical ya que tiene más movilidad que la columna torácica o lumbar con el paciente en decúbito.

CORAZÓN Y RAÍZ AÓRTICA:

Son estructuras cuyo movimiento no está sujeto a la voluntad.

El movimiento del corazón y las arterias coronarias da márgenes borrosos que puede aparentar presencia de derrame pericárdico y placas blandas ateromatosas en las arterias.

El movimiento de stents metálicos, cables de marcapasos o prótesis valvulares puede dar dobles contornos, simulando dobles estructuras ([Figura 3](#)).

El movimiento pulsátil de la raíz de la aorta puede dar lugar a duplicidad de su pared que simula una disección ([Figura 4](#)).

PULMÓN, PLEURA Y DIAFRAGMA:

El pulmón y la pleura están sometidos a movimiento en los 3 ejes del espacio debido a la expansión o contracción de la caja torácica durante la inspiración y espiración. Además, las áreas adyacentes al corazón están sometidas por contigüidad a su movimiento pulsátil ([Figura 5](#)).

Los movimientos en distintas direcciones, junto a que las estructuras del pulmón (vasos, bronquios, intersticio) son de pequeño tamaño, hacen que los artefactos en esta región sean muy frecuentes ([Figura 6](#)). Los artefactos pueden hacer que las estructuras aparezcan borrosas o dobles, de tal forma que puede dar lugar a falsa imagen de engrosamiento intersticial, bronquiectasias, neumotórax ([Figura 7](#)), derrame pleural o duplicidad de las hojas pleurales ([Figura 8](#)).

El diafragma presenta movimiento en el eje longitudinal. Si existe inspiración o espiración durante la exploración, el diafragma puede mostrarse borroso o con escalones ([Figura 9](#)).

PARED TORÁCICA Y ABDOMINAL:

La expansión o contracción de las cavidades torácica o abdominal durante la adquisición, puede dar lugar a escalones ([Figura 10](#)). El número, amplitud y el patrón de los escalones dependerá del ritmo respiratorio y del protocolo de adquisición del TC (colimación, pitch, velocidad de rotación).

La presencia de estos escalones en el esternón ([Figura 11](#)) o en las costillas ([Figura 12](#)) puede simular fracturas. La presencia de escalones en la piel adyacente a esas supuestas fracturas, nos indicará que no son reales y que corresponden a artefactos.

VÍSCERAS SÓLIDAS ABDOMINALES:

Las vísceras con mayor movimiento son las localizadas adyacentes al diafragma (hígado, bazo y en menor grado los riñones), que tendrán un movimiento de ascenso o descenso con la respiración. El movimiento generará un doble contorno, que puede simular colecciones subcapsulares ([Figura 13](#), [Figura 14](#)). En el caso de la vesícula biliar, puede aparentar un engrosamiento inflamatorio de su pared ([Figura 15](#)). En el interior de las vísceras sólidas, el movimiento de posibles lesiones o de los vasos impide su correcta valoración o generar falsas anomalías.

VÍSCERAS HUECAS ABDOMINALES:

Además de su movimiento autónomo, las asas intestinales pueden desplazarse al expandir o contraer la cavidad abdominal, o al ascender o descender el diafragma durante la respiración. Este movimiento dará lugar a paredes borrosas o duplicadas, que simulará engrosamiento o impedirá su correcta valoración ([Figura 16](#)).

La interfase entre el aire digestivo y la parte sólida/líquida del contenido intestinal o de la propia pared, genera un artefacto por endurecimiento del haz al cruzar el haz de rayos X elementos con distinta atenuación. Este artefacto se incrementa cuando hay movimiento de los componentes (aire, contenido líquido y/o pared), al no encontrarse esta interfase siempre en el mismo punto durante la adquisición ([Figura 17](#)).

El movimiento del aire dentro de las asas intestinales genera artefactos a modo de "jet" que pueden simular cuerpos extraños ([Figura 18](#)), o imágenes de alta densidad similares a sangrados ([Figura 19](#)).

OTRAS ESTRUCTURAS AÉREAS:

En las estructuras faríngeas y laringeas, el movimiento causado por la fonación o la deglución, produce artefactos por endurecimiento del haz por la interfase entre las paredes y el aire interno ([Figura 20](#)), márgenes borrosos, duplicación de estructuras ([Figura 21](#)) o incluso a desaparición de algunas de pequeño tamaño ([Figura 22](#)).

ESTRUCTURAS VASCULARES:

El movimiento de la sangre dentro de los vasos no es detectable ya que presenta una densidad homogénea. El uso de contraste yodado intravenoso hace que realcen los vasos y en general todas las estructuras vascularizadas. Cuando se mezcla la sangre con contraste yodado y sangre no contrastada, en confluencia de vasos (confluencia de las venas renales con la cava superior, de la vena mesentérica superior y esplénica, de la vena innominada con la cava superior, etc.), pueden surgir artefactos en los que se muestra un vaso con áreas hiperdensas y otras hipodensas. Esto puede simular trombos en el interior de los vasos ([Figura 23](#)).

Cuando la sangre está muy contrastada, generalmente en la proximidad del punto de inyección del contraste, se pueden generar artefactos a modo de rayos o arcos ([Figura 24](#)).

La entrada accidental de aire por la vena durante la inyección del contraste, provoca artefactos por la interfase aire-contraste, que pueden incrementarse por el movimiento de la sangre en un vaso con alto flujo, a modo de burbujeo del aire ([Figura 25](#)).

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Existe numerosa bibliografía sobre los artefactos de movimiento en estudios de TC, resonancia magnética (RM) y tomografía por emisión de positrones (PET), describiendo su apariencia, y planteando herramientas para intentar evitarlos o minimizarlos.

En TC hay descritos múltiples casos de artefactos de movimiento que dan apariencia de falsa patología, como fracturas-luxaciones vertebrales³, de esternón², presencia de bronquiectasias¹³, líneas intersticiales⁹ o sangrados digestivos¹. Se han descrito que los artefactos de movimiento en el TC de doble energía para valorar litiasis renales pueden dar imagen errónea en cuanto al tamaño y/o naturaleza de las litiasis, al no superponerse las imágenes obtenidas a diferente energía⁷.

En los tratamientos de radioterapia (RT), especialmente en tumores de pulmón o esófago, se hace una planificación de la terapia con TC¹⁴. Los movimientos asociados a la respiración o a los latidos cardíacos pueden provocar que no se irradie el campo delimitado si se ha intentado reducir al máximo, o bien que sea necesario abarcar campos más amplios para evitar eso mismo, con la consiguiente irradiación de los tejidos vecinos.

En los estudios de PET-TC⁸, el movimiento de las estructuras en las 2 fases del estudio (PET y TC), hará que no se superpongan las imágenes correctamente, lo que supone dificultad o posible mal interpretación de imágenes.

Como métodos para evitar o minimizar los artefactos de imagen por movimiento se han planteado diversas estrategias: uso de TC ultrarrápidos⁵ y de pitch elevados^{4,10}, reconstrucciones informáticas retrospectivas de los datos¹¹, o uso de dispositivos para comprimir el abdomen y evitar movimientos de las estructuras internas⁶.

CONSEJOS Y TRUCOS

EVITAR APARICIÓN DE ARTEFACTOS:

Debe intentarse que el paciente cumpla las indicaciones de no moverse, no respirar, no tragar saliva... Se

precisa paciencia, órdenes claras y ensayos con el paciente en la mesa de exploración de forma previa al comienzo del estudio.

Pueden recogerse las órdenes básicas (no moverse, no respirar) en otros idiomas para usarlas en caso necesario.

Ante la sospecha de que el paciente va a ser poco colaborador, de forma voluntaria o involuntaria (politraumatizados, niños pequeños, etc.), habrá que programar estudios rápidos para minimizar la posibilidad de aparición de artefactos. Es recomendable el empleo de factores pitch altos (mayores de 1 si es posible), con movimiento rápido de la mesa por rotación del gantry.

Hay que contar con mecanismos de inmovilización de pacientes. En el TC suele haber cintas adhesivas o velcros para fijar la cabeza, el cuerpo o las extremidades.

En caso necesario, puede emplearse sedación o incluso anestesia general.

El empleo de sincronización cardiaca con ECG mejora el estudio del corazón y la raíz aórtica.

El empleo de Buscapina[®] o glucagón se recomienda en estudios de enteroTC para disminuir el movimiento peristáltico, si bien no está indicado de forma sistemática para minimizar los posibles artefactos de movimiento.

RECONOCER LOS HALLAZGOS COMO ARTEFACTOS:

Una vez detectada una imagen que plantee duda sobre artefacto o hallazgo real, se buscarán artefactos similares en las estructuras y planos adyacentes con el fin de comprobar si la imagen se repite ([Figura 26](#)). Ante una supuesta fractura de esternón, la presencia de un escalón en la piel adyacente orientará hacia artefacto ([Figura 11](#)), y la presencia de hematoma periesternon asociado hacia fractura real.

Ante una dudosa colección subcapsular hepática o esplénica, la presencia de artefactos o borrosidades en las estructuras contiguas sugerirá artefacto ([Figura 13](#)). Completar el estudio con una ecografía puede ayudar también a resolver casos dudosos.

Ante la sospecha de una lesión pulmonar (bronquiectasia, engrosamiento intersticial...), se buscarán artefactos de movimiento (dobles contornos, borrosidad de estructuras) en el parénquima pulmonar adyacente tanto en el mismo plano axial como en los contiguos (por el movimiento en el eje longitudinal). En caso de que el hallazgo sea significativo y la decisión de si es real o no trascendente, puede ser necesario repetir parcialmente el estudio ([Figura 7](#)).

Ante la sospecha de sangrado digestivo, es útil adquirir una fase tardía. En caso de sangrado real, la imagen se modificará en el tiempo por la progresiva extravasación de contraste. En caso de artefacto, será esperable que la imagen sospechosa desaparezca, siendo poco probable que se repita el mismo artefacto en el mismo lugar en 2 series diferentes ([Figura 27](#)). **Imágenes en esta sección:**

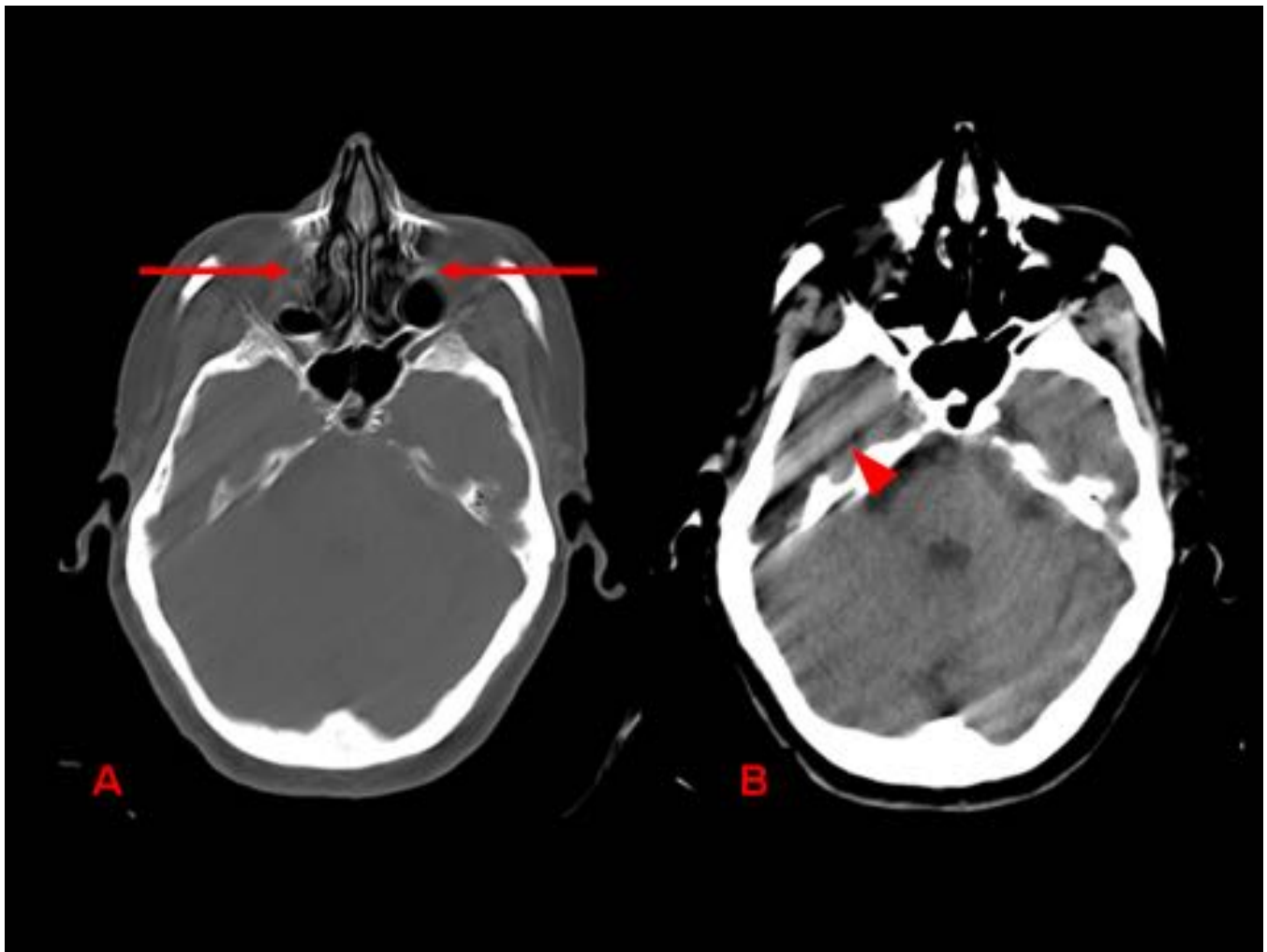


Fig. 1: Imágenes axiales de TC craneal en ventana de hueso (A) y de cerebro (B). Los artefactos por movimiento son más evidentes en el hueso de las celdillas etmoidales y de las fosas nasales (flechas), y a nivel parenquimatoso en las fosas temporales (punta de flecha).

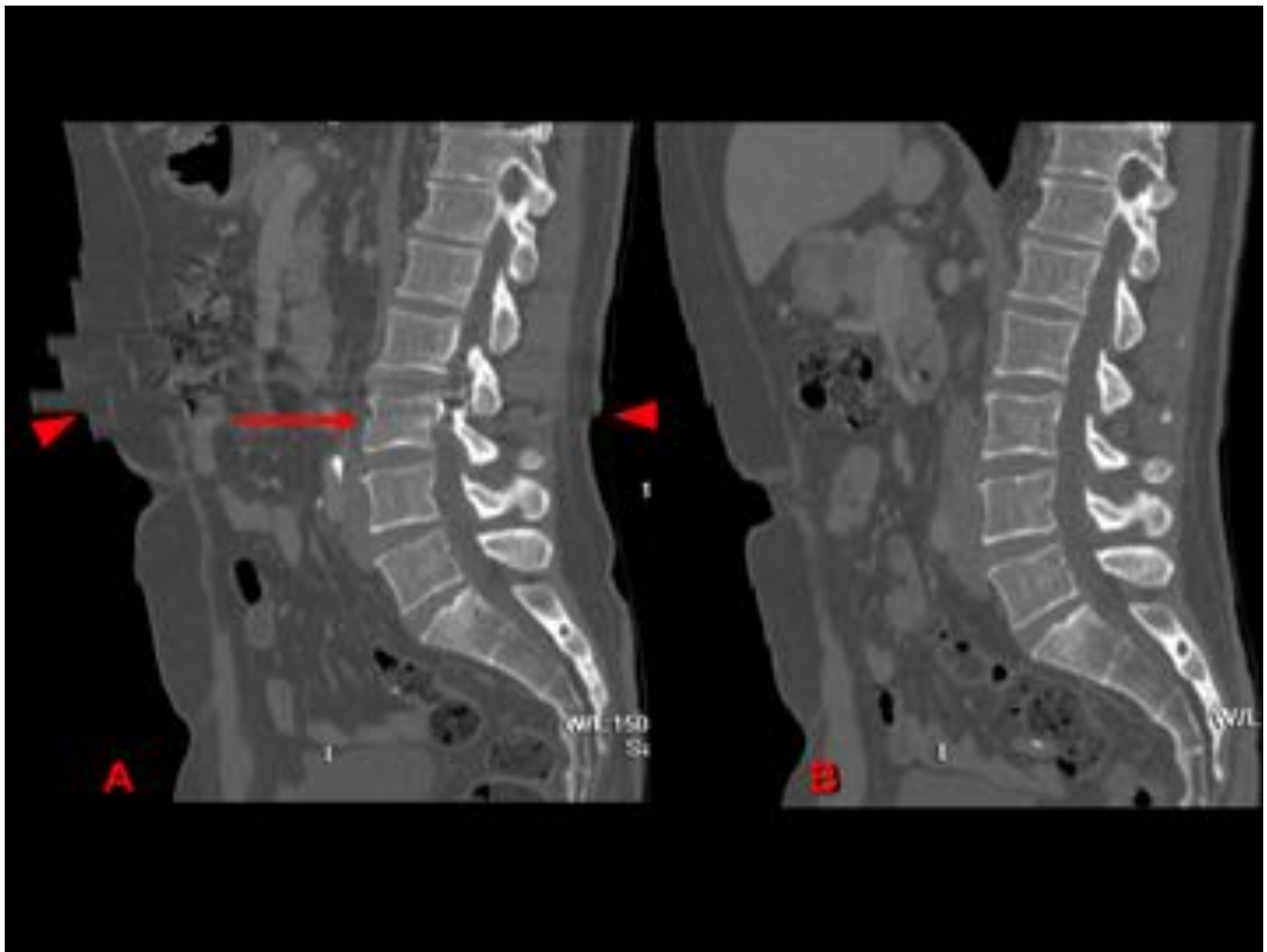


Fig. 2: Reconstrucciones MPR sagitales de TC abdominal. Los movimientos del paciente (imagen A) dan una falsa imagen de fractura vertebral (flecha). Los escalones en piel (puntas de flecha) orientan a que corresponde a un artefacto por movimiento. Se repitió el estudio (imagen B), desapareciendo esa imagen.

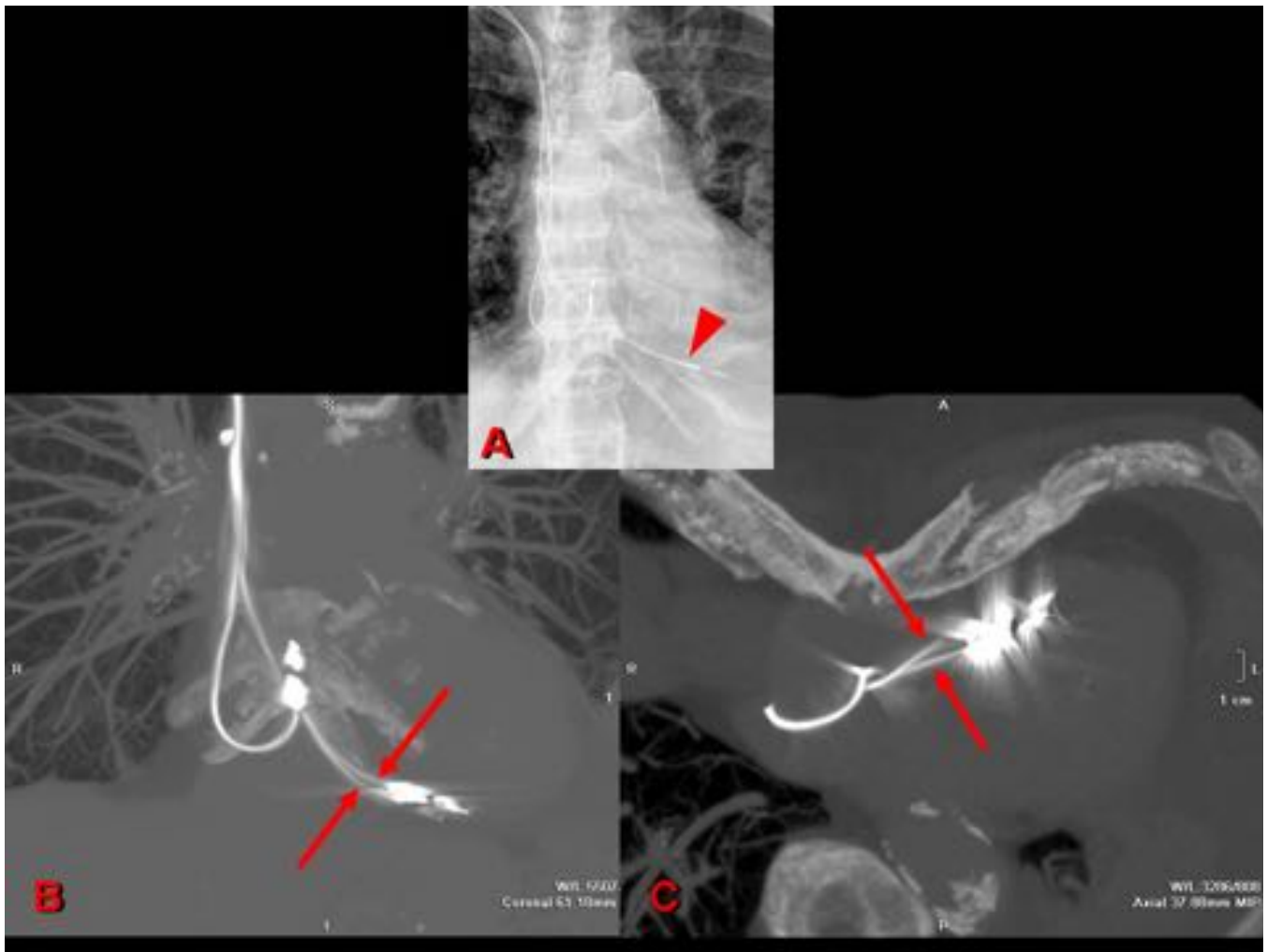


Fig. 3: Radiografía de tórax (A) de paciente con marcapasos, con cable único en ventrículo derecho (punta de flecha). En reconstrucciones MIP coronal (B) y axial (C) se ve una falsa imagen de cable de marcapasos doble (flechas), producido por el movimiento cardíaco.

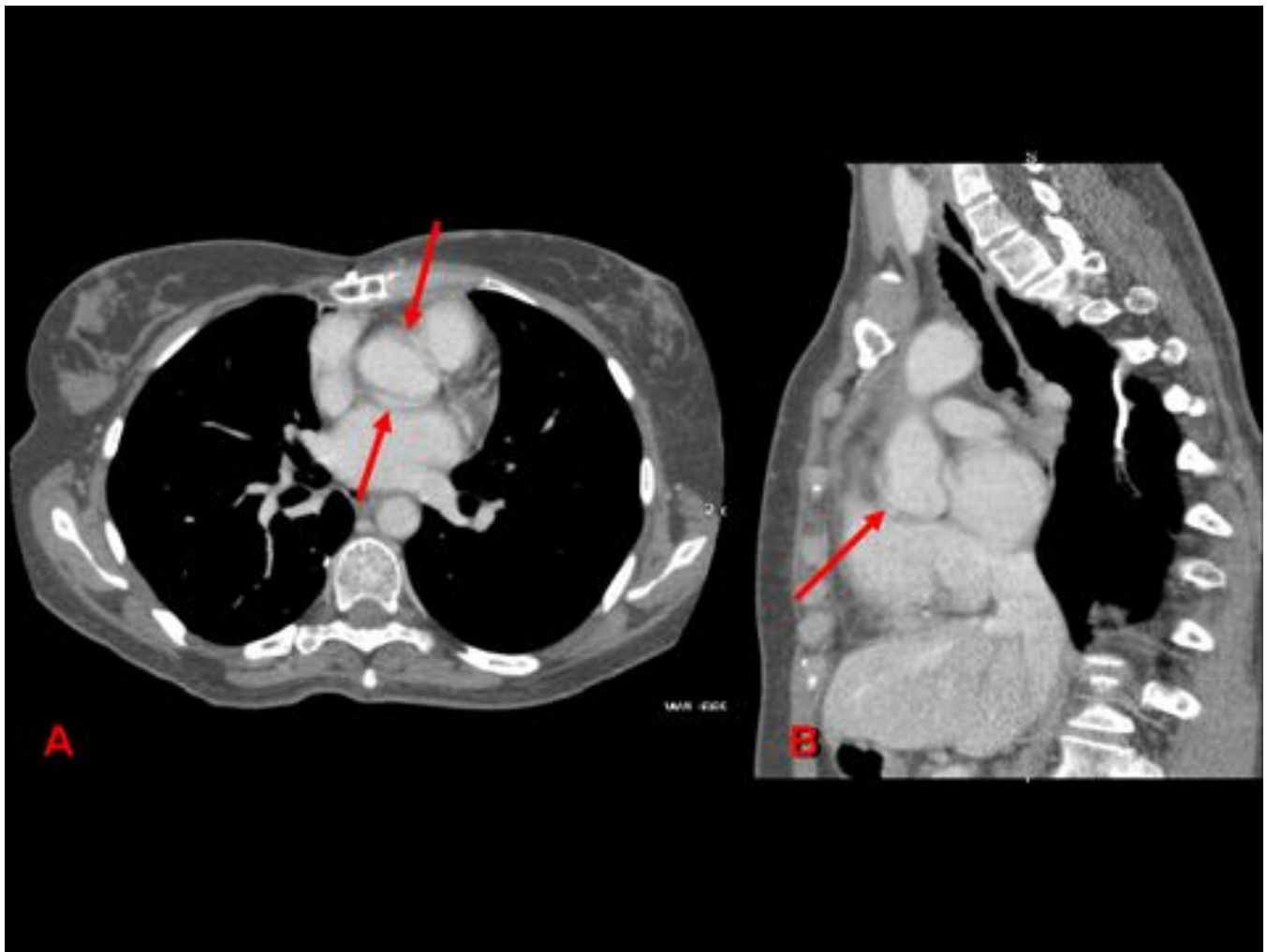


Fig. 4: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR sagital (B) de TC torácico. Se ve un doble contorno de pared en la raíz aórtica (flechas) debido al movimiento cardíaco, dando una falsa imagen de disección.

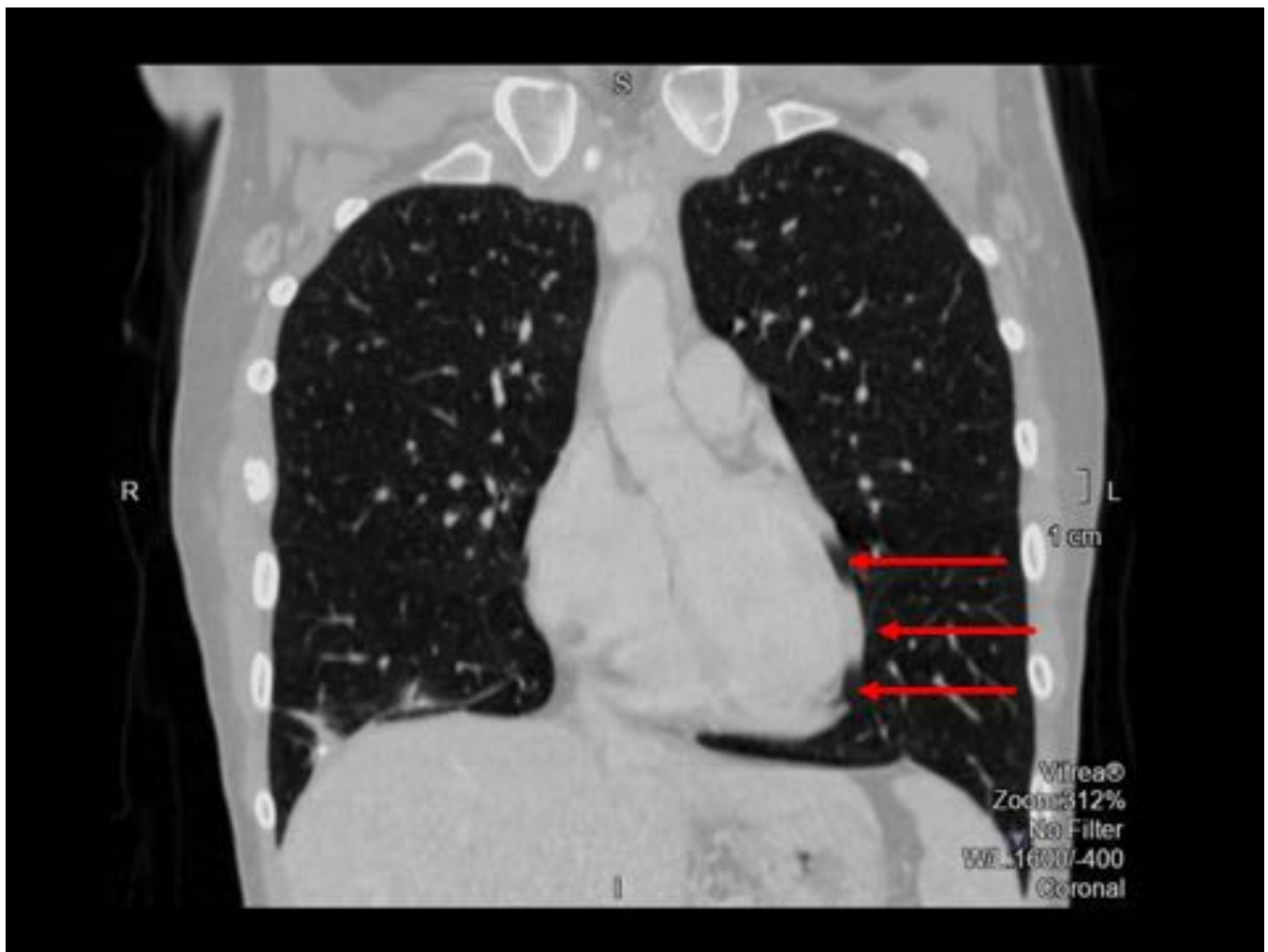


Fig. 5: Reconstrucción MPR coronal de TC torácico. Se observan escalones en el contorno izquierdo del corazón, debido al movimiento del mismo (flechas).

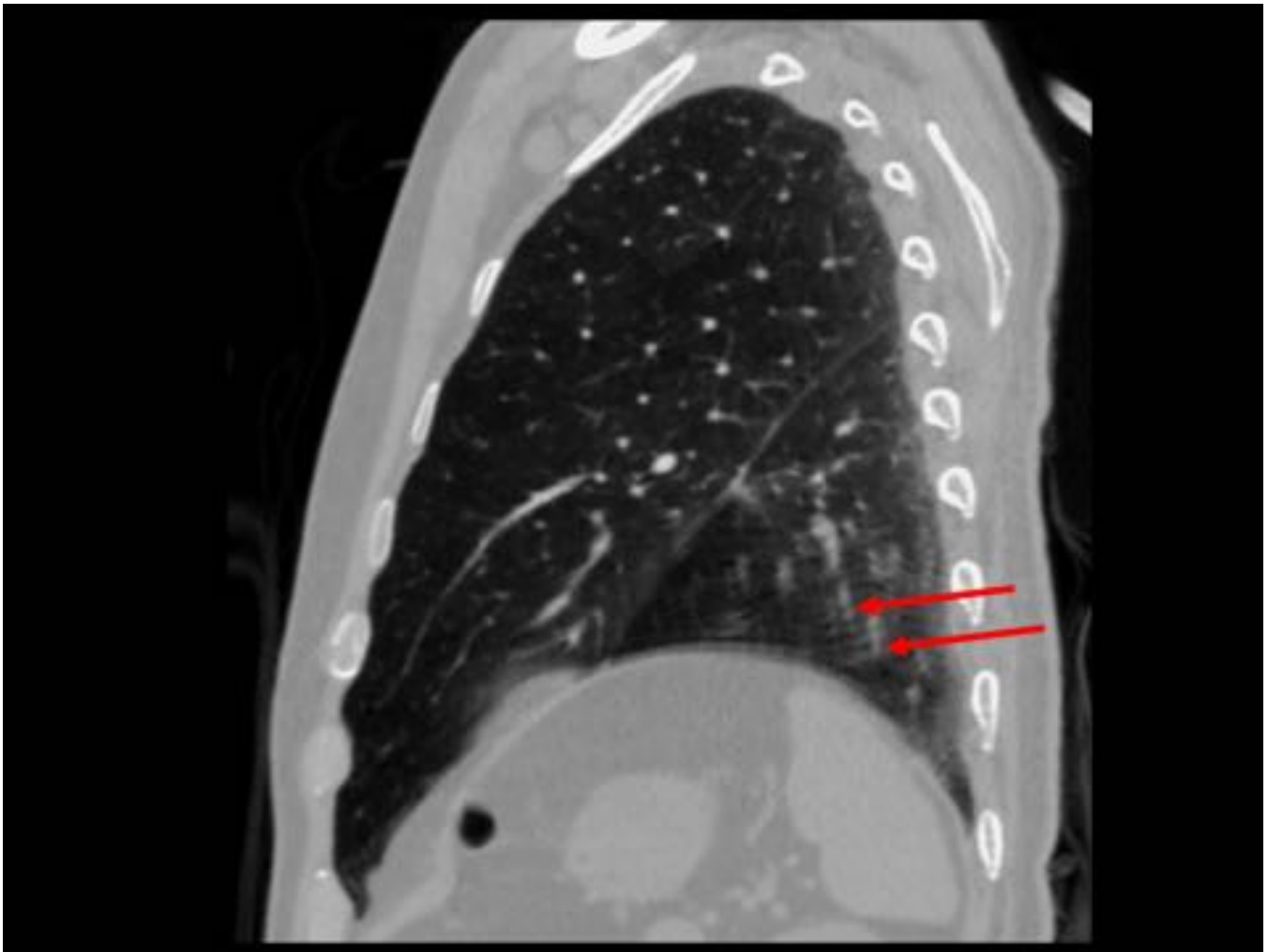


Fig. 6: Reconstrucción MPR sagital de TC torácico. Se ven estructuras vasculares dobles en la región basal del pulmón (flechas), debidas al movimiento del diafragma durante la exploración.

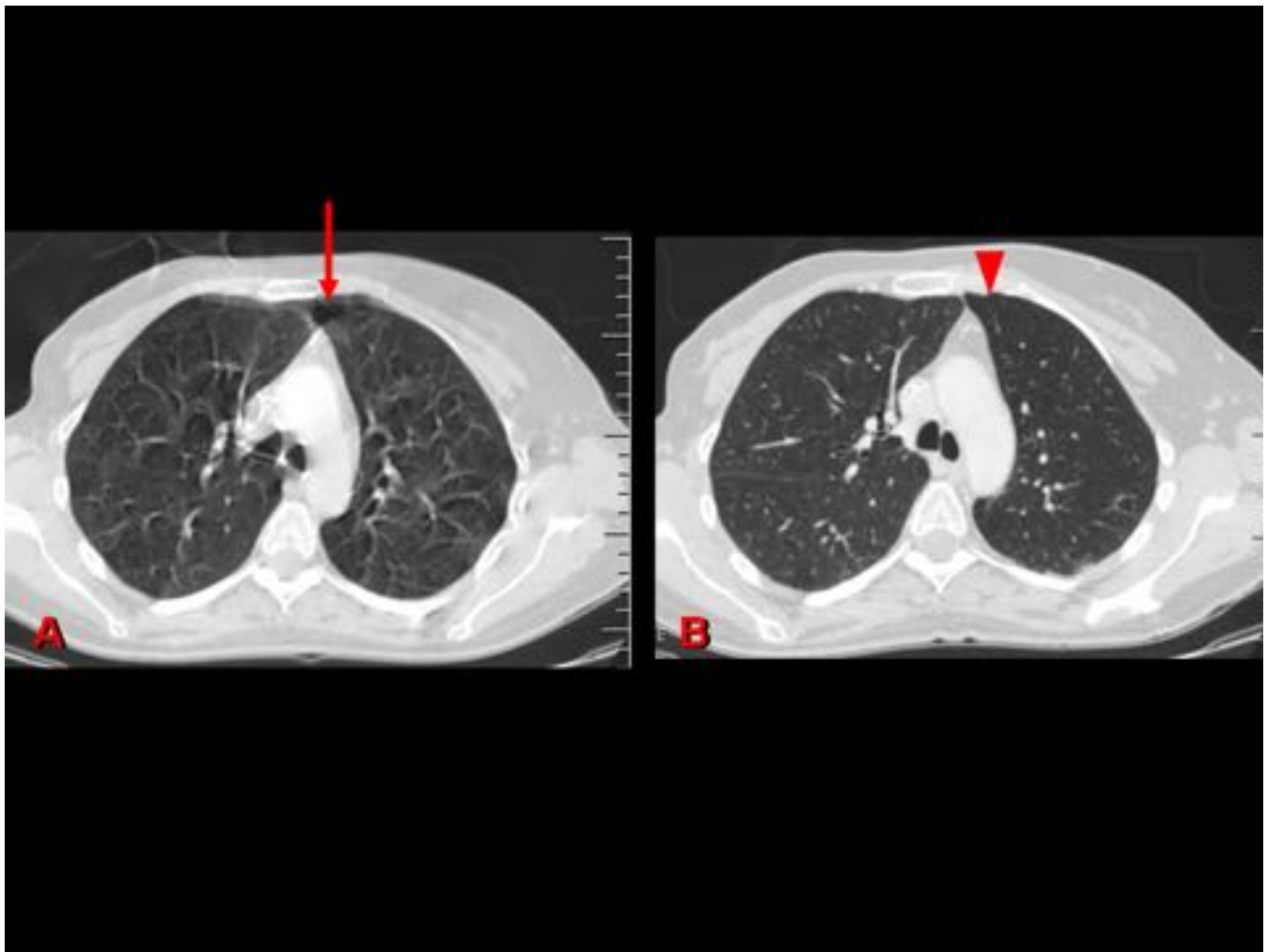


Fig. 7: Imágenes axiales de TC torácico. El movimiento respiratorio de los pulmones (imagen A) da lugar a vasos borrosos y una falsa imagen de neumotórax (flecha). Se repitió el estudio (imagen B), desapareciendo esa imagen (punta de flecha).

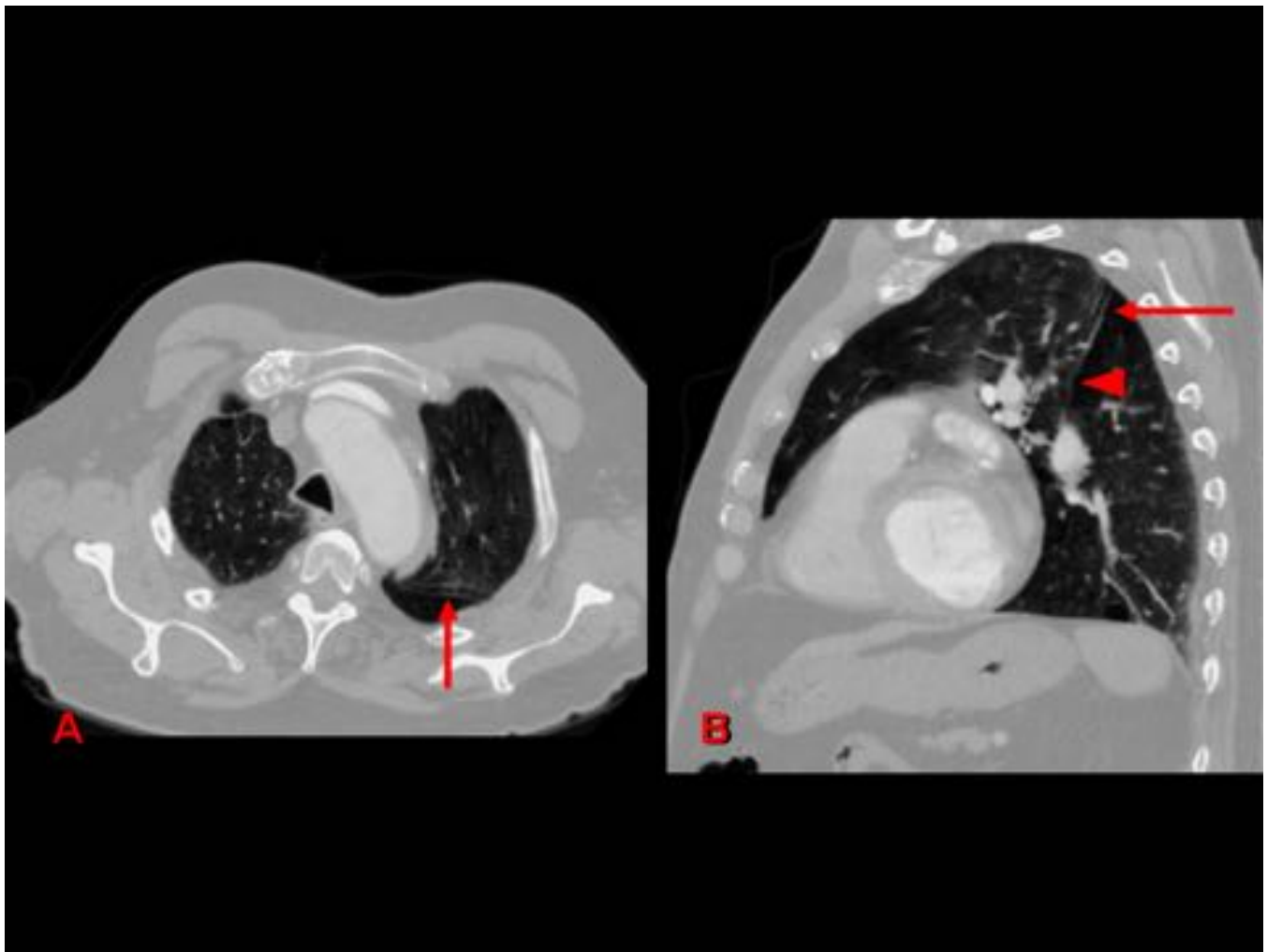


Fig. 8: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR sagital (B) de TC torácico. El movimiento respiratorio de los pulmones da lugar a una doble cisura mayor en su porción superior (flechas). En la reconstrucción MPR sagital se ve como en un nivel más inferior no se han producido artefactos y la cisura es única (punta de flecha).

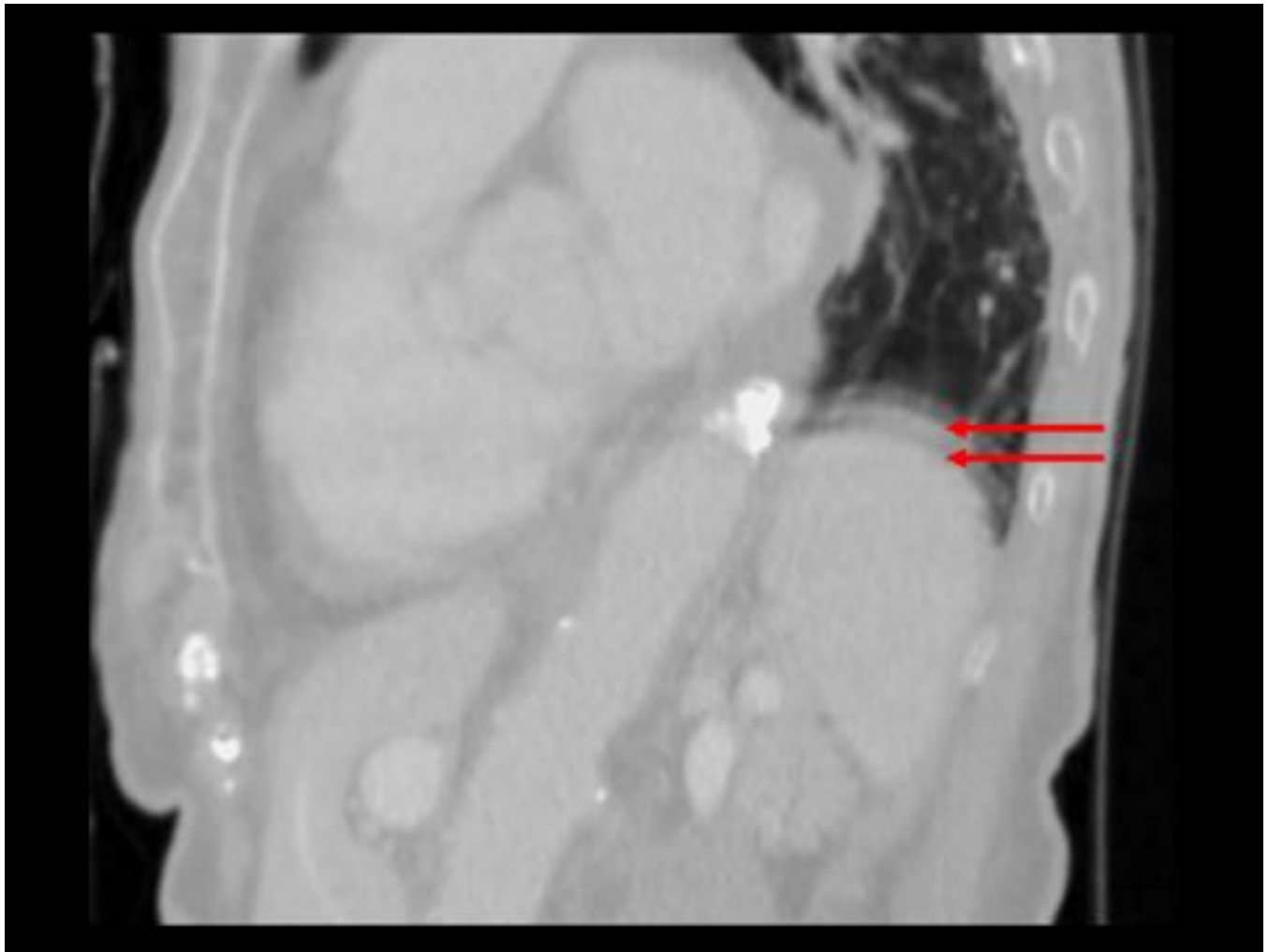


Fig. 9: Reconstrucción MPR sagital de TC torácico. El movimiento del diafragma durante la respiración da lugar a un contorno múltiple (flechas).

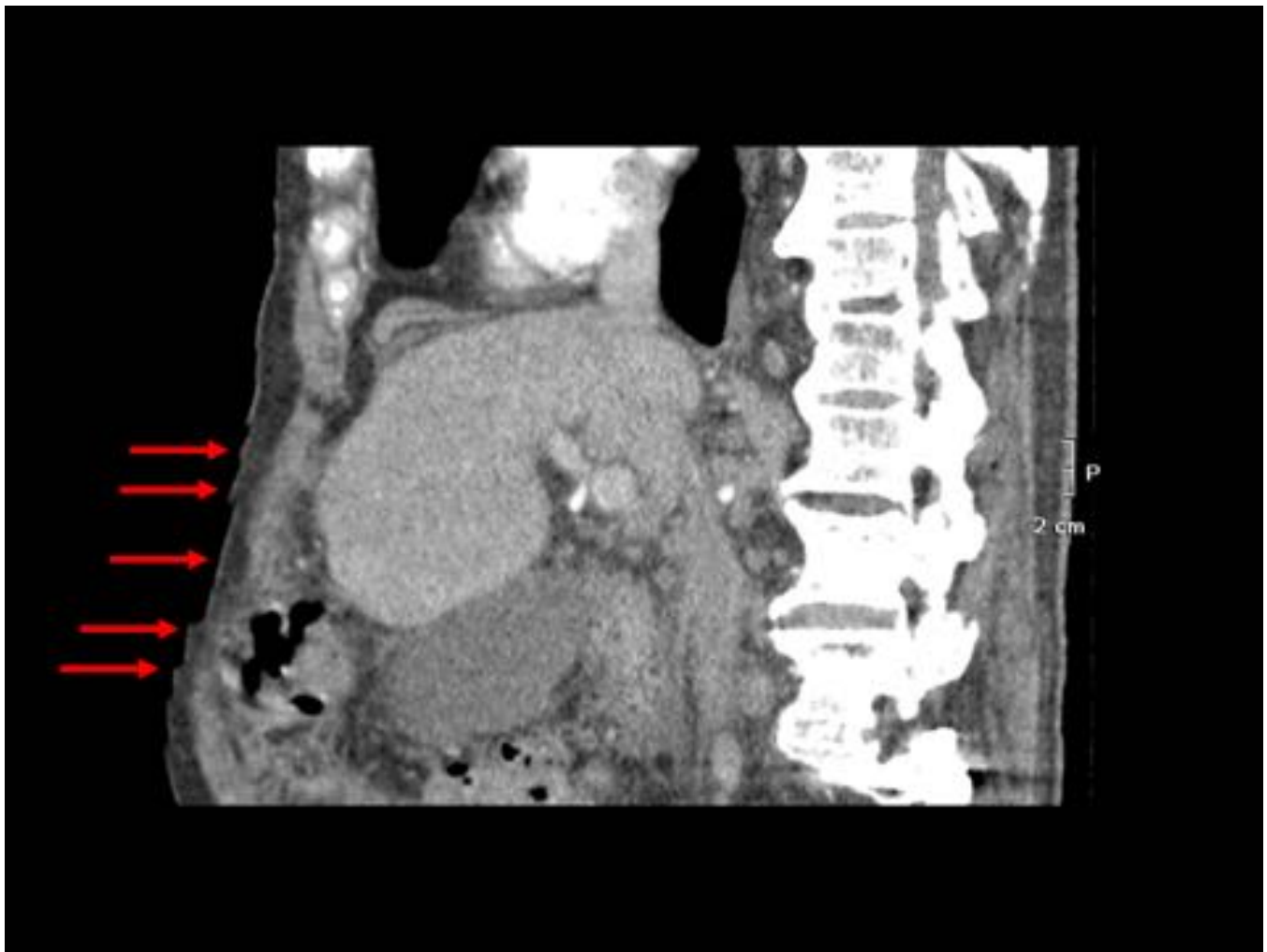


Fig. 10: Reconstrucción MPR sagital de TC abdominal. El movimiento de la pared anterior al expandir o contraer la cavidad abdominal da lugar a escalones en la piel (flechas).



Fig. 11: Reconstrucción MPR sagital de TC torácico. El movimiento de la pared anterior al expandir o contraer la caja torácica da lugar a una falsa imagen de fractura de esternón (flecha). El escalón en la piel contigua (punta de flecha) orienta a que corresponde a un artefacto por movimiento.

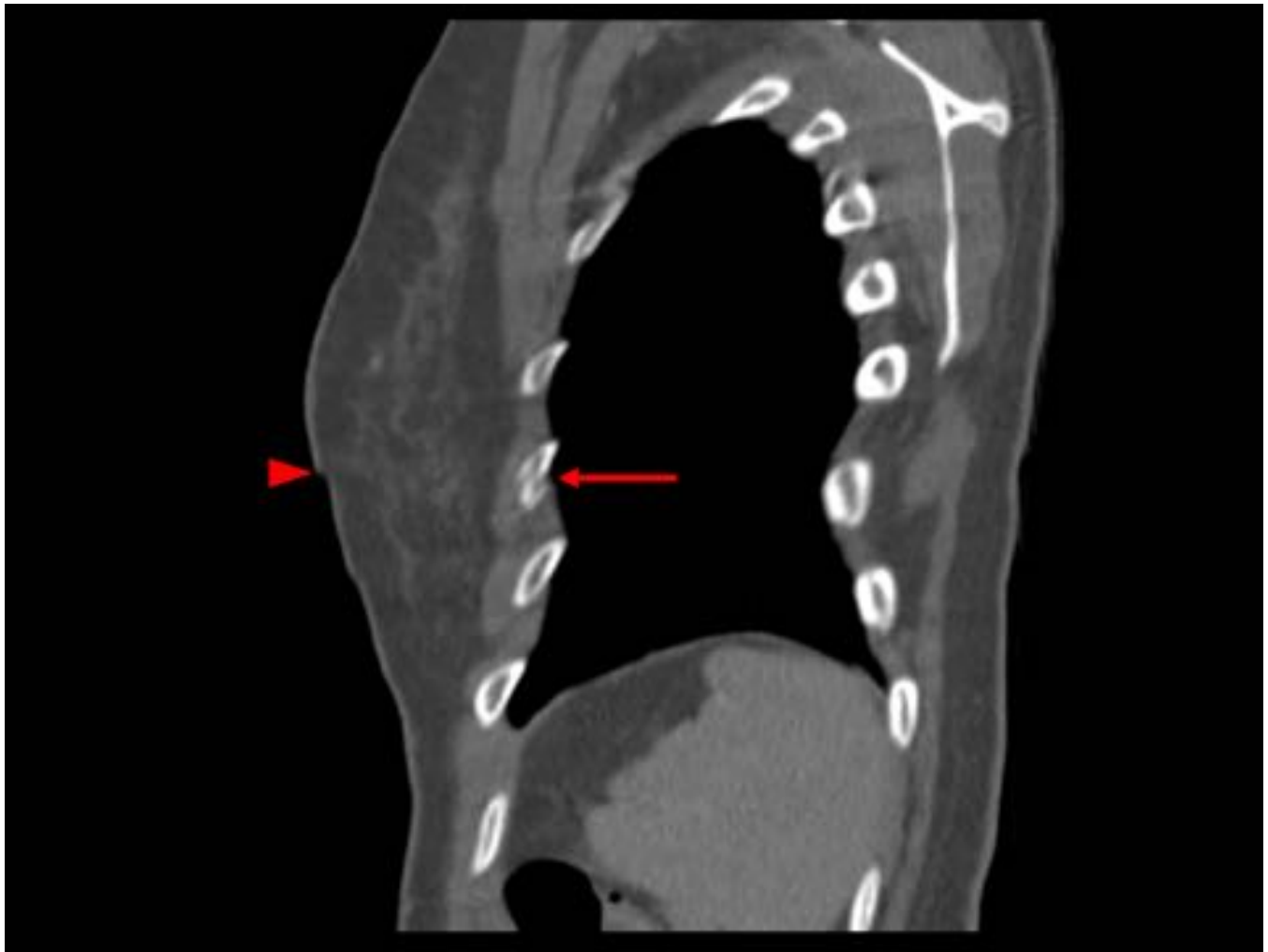


Fig. 12: Reconstrucción MPR sagital de TC torácico. El movimiento de la pared al expandir o contraer la caja torácica da lugar a una falsa imagen de fractura costal (flecha). El escalón en la piel contigua (punta de flecha) orienta a que corresponde a un artefacto por movimiento.

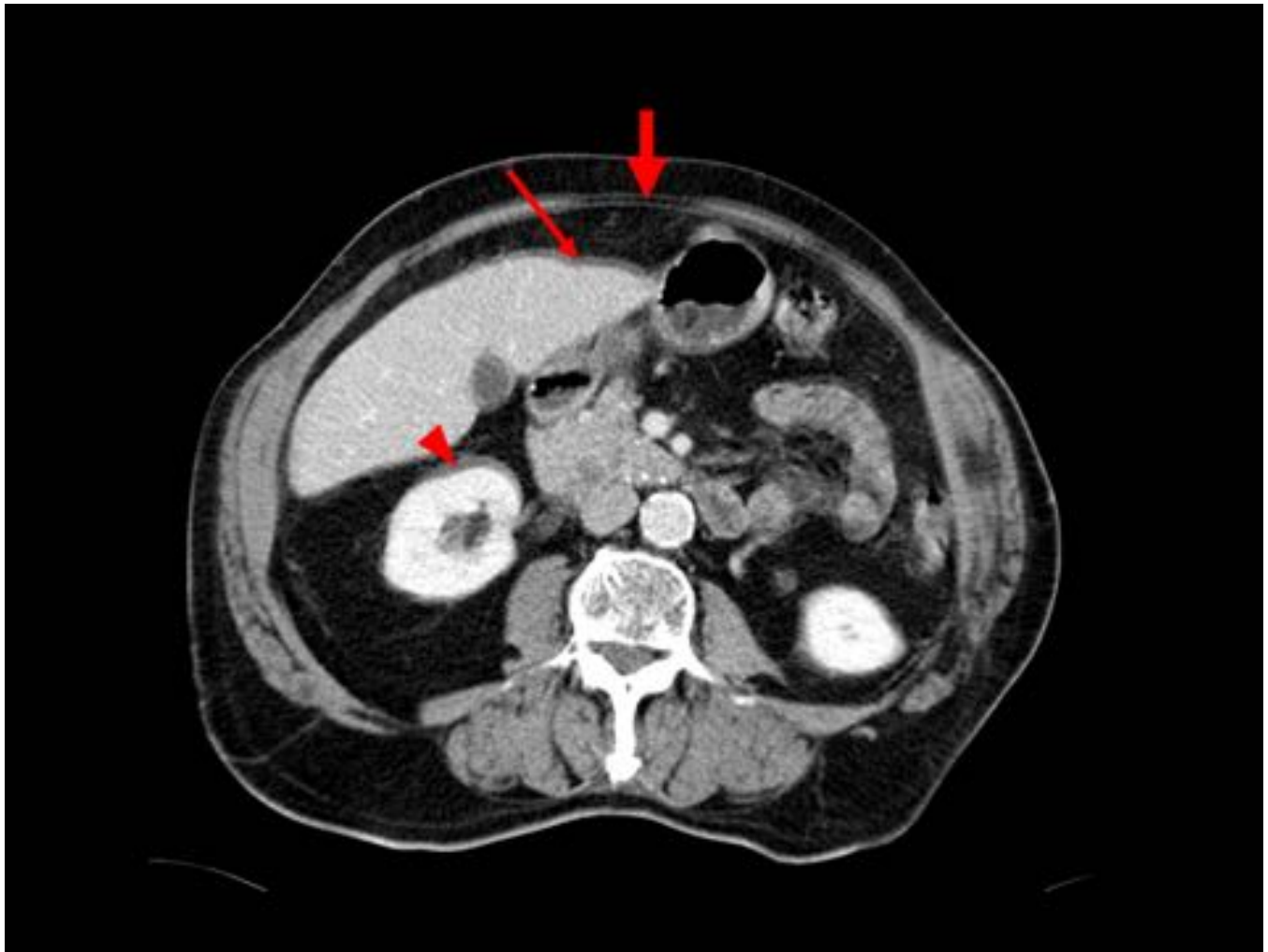


Fig. 13: Imagen axial de TC abdominal. El desplazamiento de las vísceras por movimientos del paciente o por respiración da lugar a contornos dobles de las mismas, con falsas colecciones subcapsulares en hígado (flecha fina) y riñón derecho (punta de flecha). Obsérvese también el doble contorno de la pared abdominal anterior (flecha gruesa).

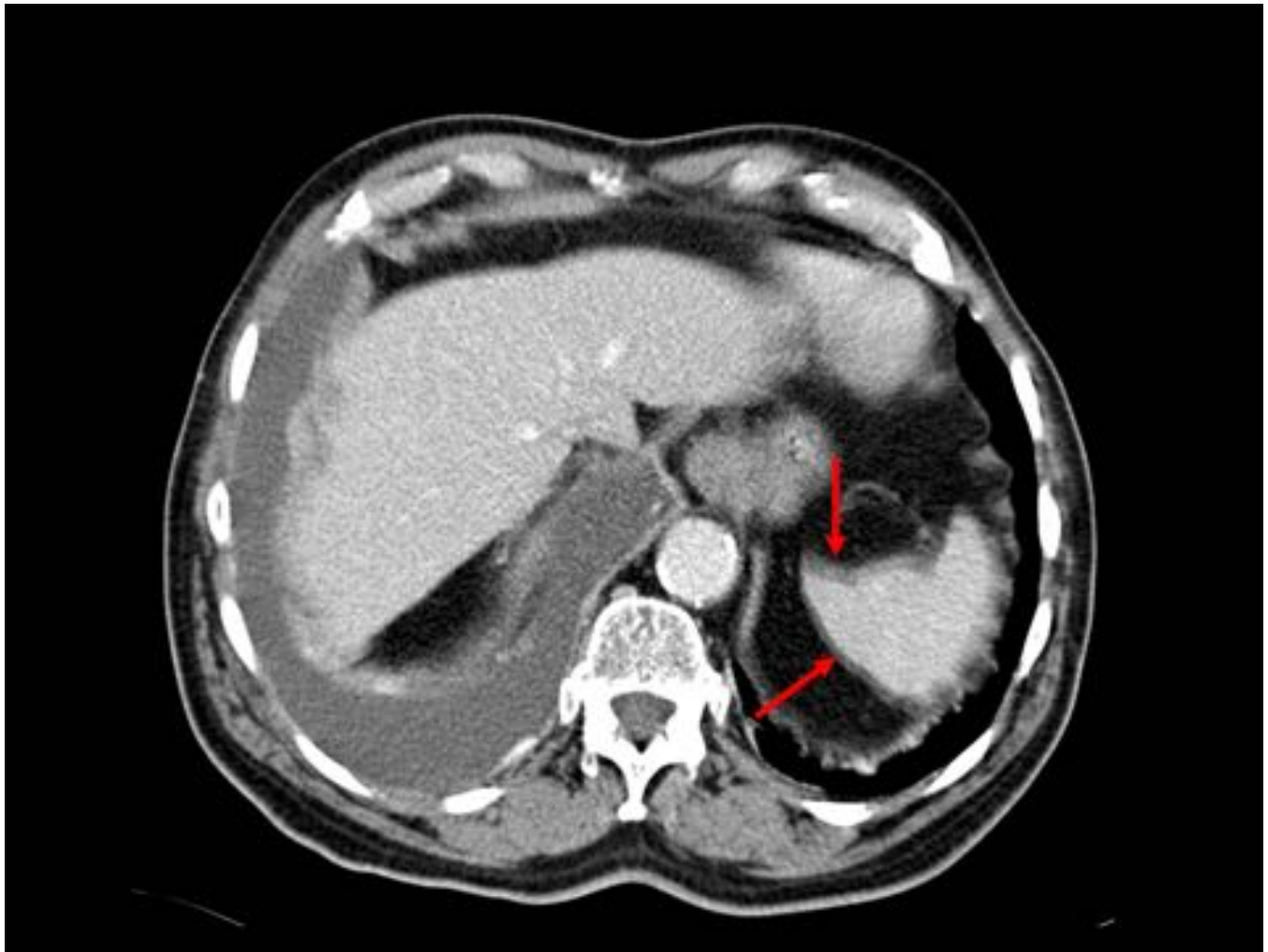


Fig. 14: Imagen axial de TC abdominal. El desplazamiento de las vísceras por movimientos del paciente o por respiración da lugar a contornos dobles de las mismas, con falsa colección subcapsular en bazo (flechas).

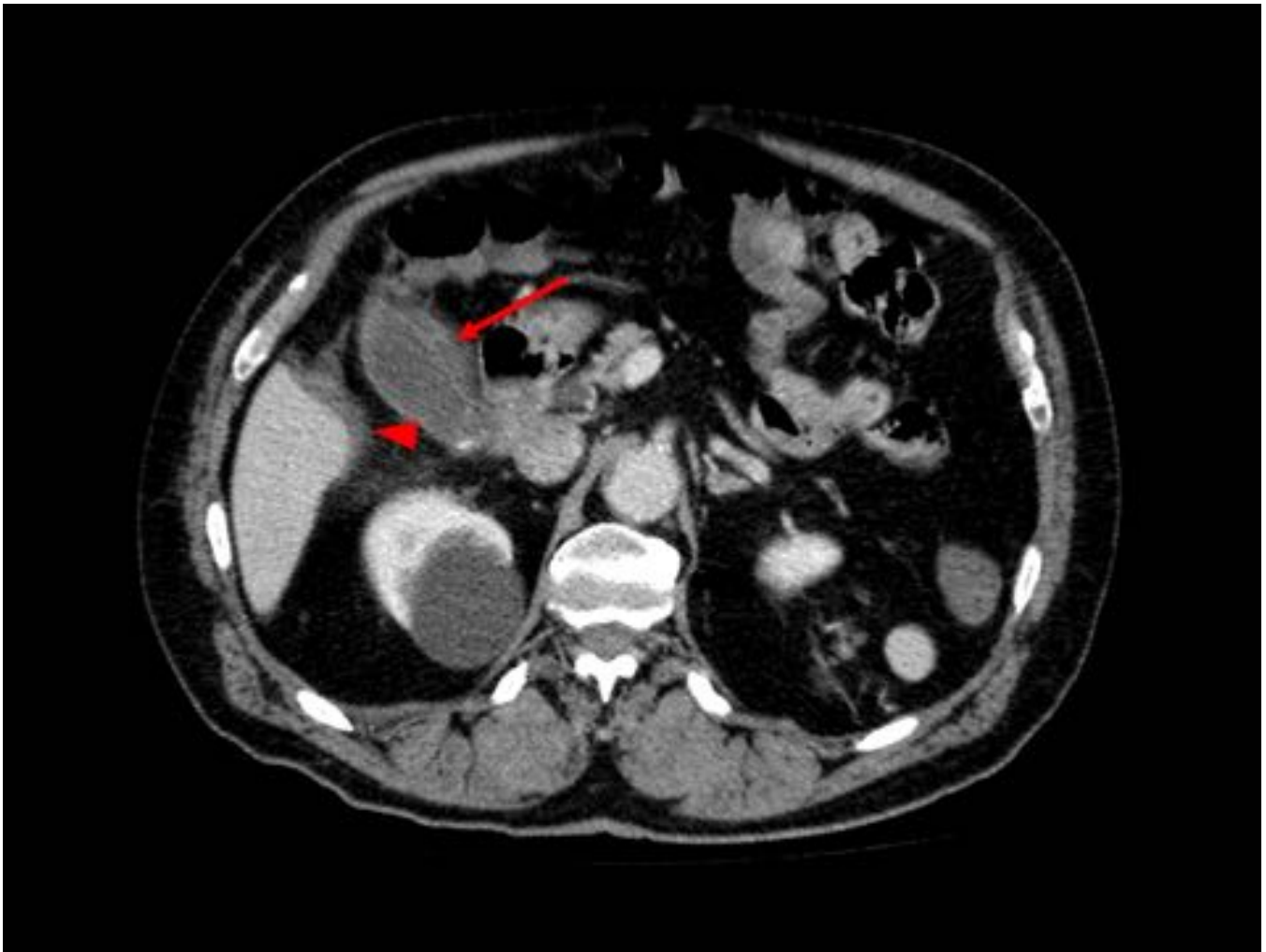


Fig. 15: Imagen axial de TC abdominal. El desplazamiento de las vísceras por movimientos del paciente o por respiración da lugar a contornos borrosos o dobles de las mismas, con falso engrosamiento de paredes en vesícula (flecha) y falsa colección subcapsular en hígado (punta de flecha). Se completó el estudio con ecografía que descartó engrosamientos parietales en vesícula y colecciones perihepáticas.

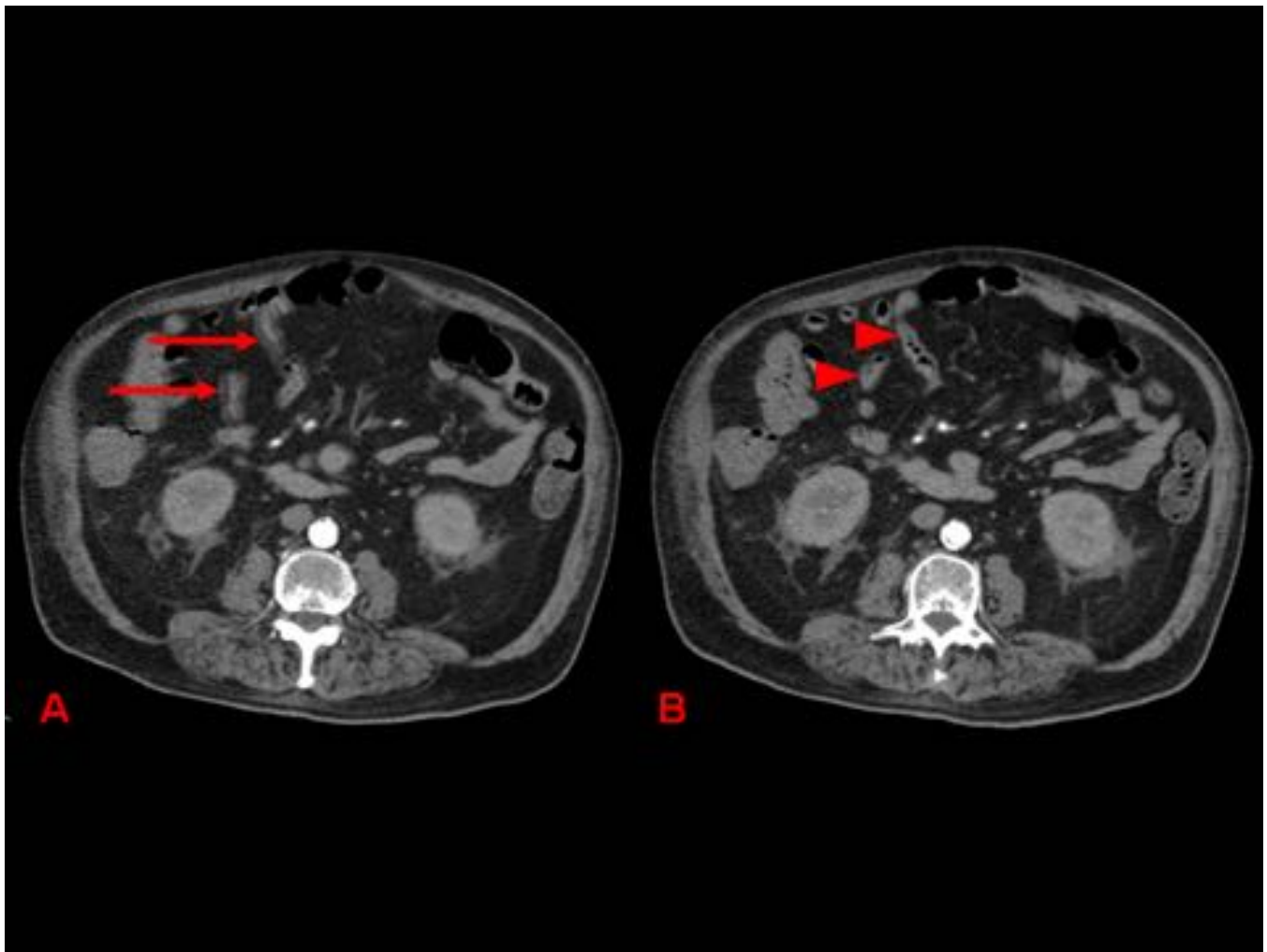


Fig. 16: Imágenes axiales de TC abdominal. El desplazamiento de las asas intestinales por movimientos del paciente o por respiración da lugar a contornos borrosos de las mismas, con falso engrosamiento de paredes (flechas en imagen A). En un plano inmediatamente inferior del mismo estudio (imagen B), sin artefactos por movimiento, se ve como esas mismas asas intestinales son normales (puntas de flecha).

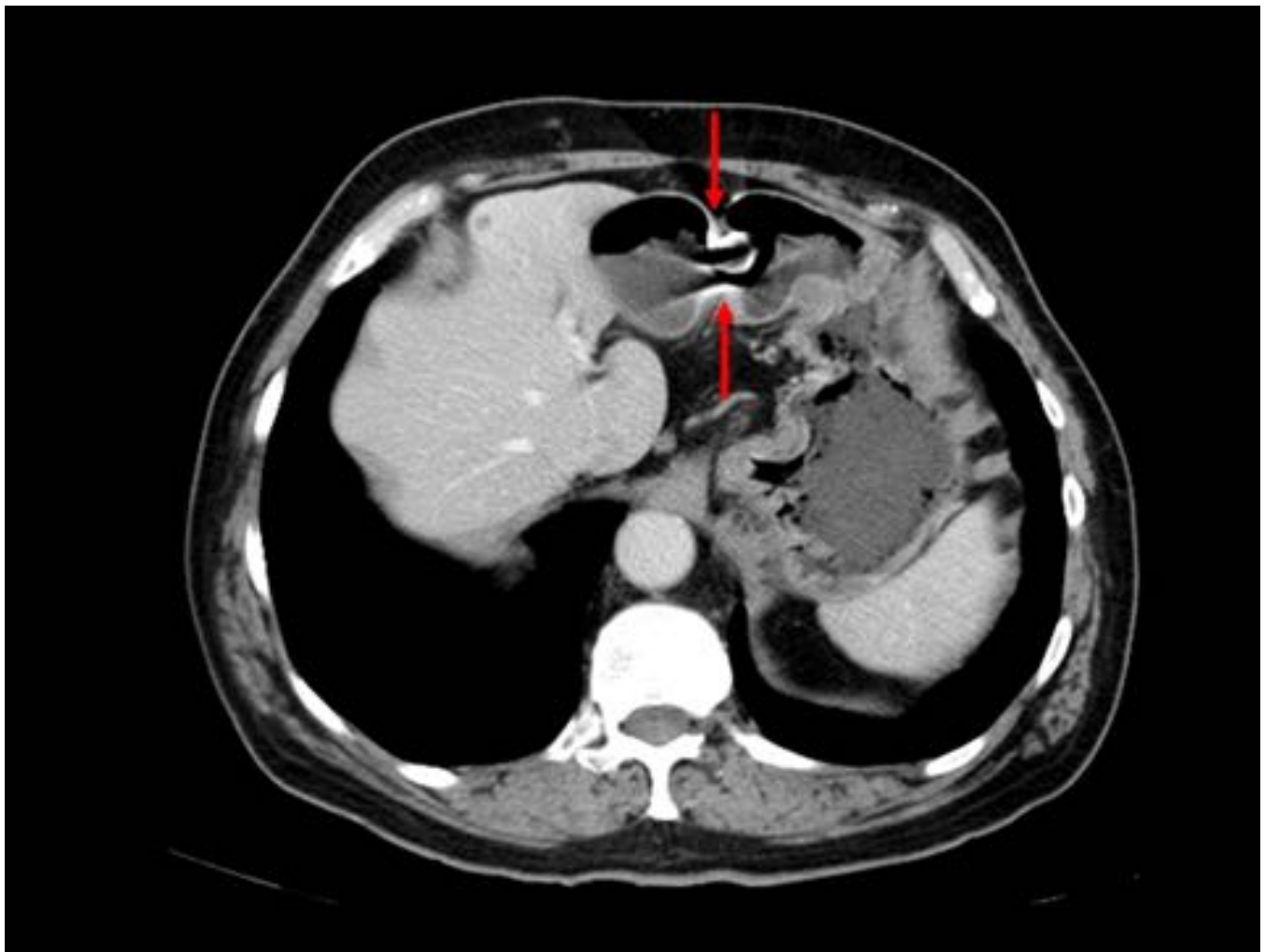


Fig. 17: Imagen axial de TC abdominal. El desplazamiento del aire en el interior del estómago da lugar a artefactos por endurecimiento del haz, con imágenes hiperdensas e hipodensas (flechas).

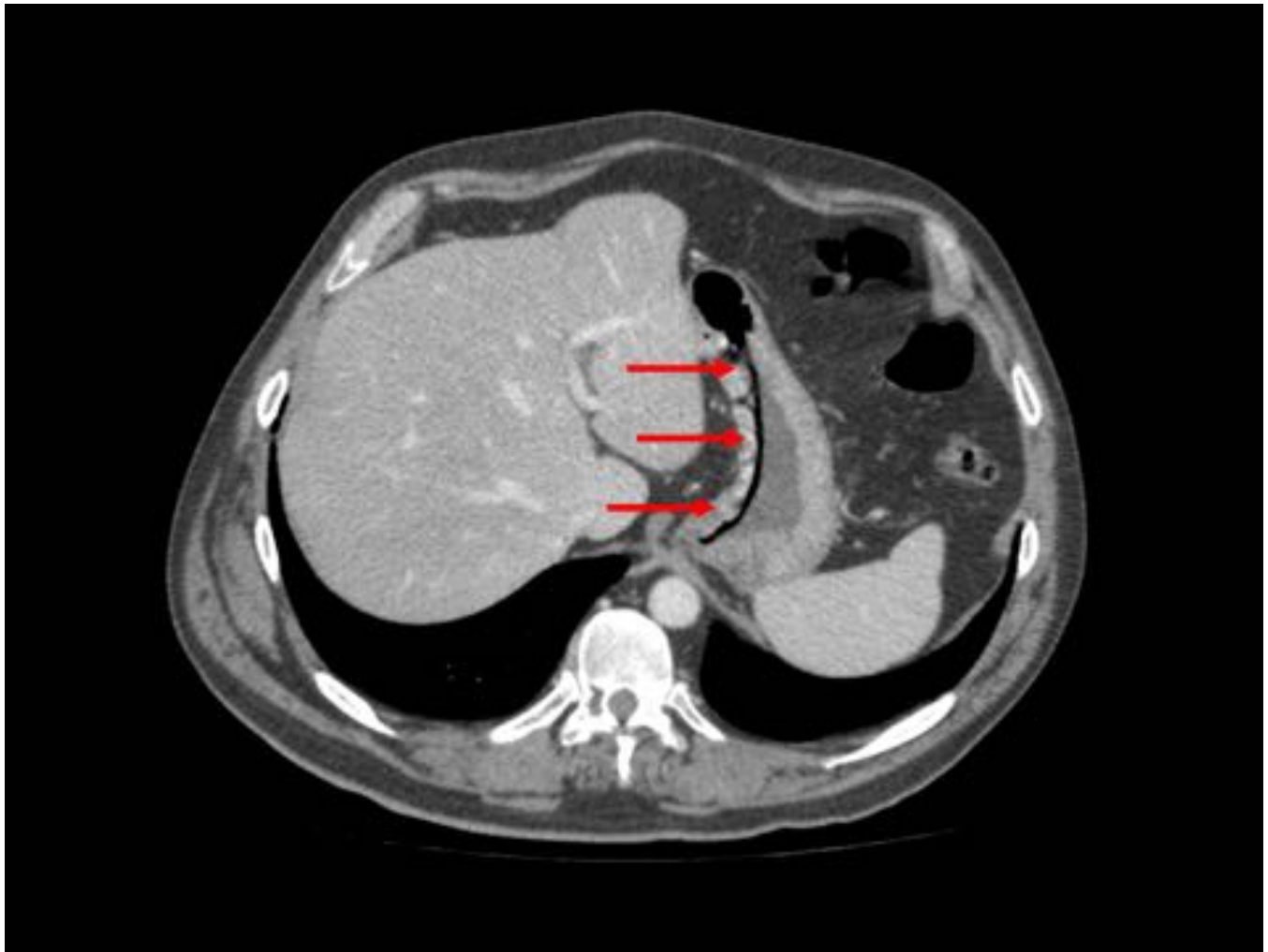


Fig. 18: Imagen axial de TC abdominal. El movimiento del aire en el interior del estómago desde el cardias hacia un plano más anterior, origina una imagen lineal que recuerda a una sonda (flechas).

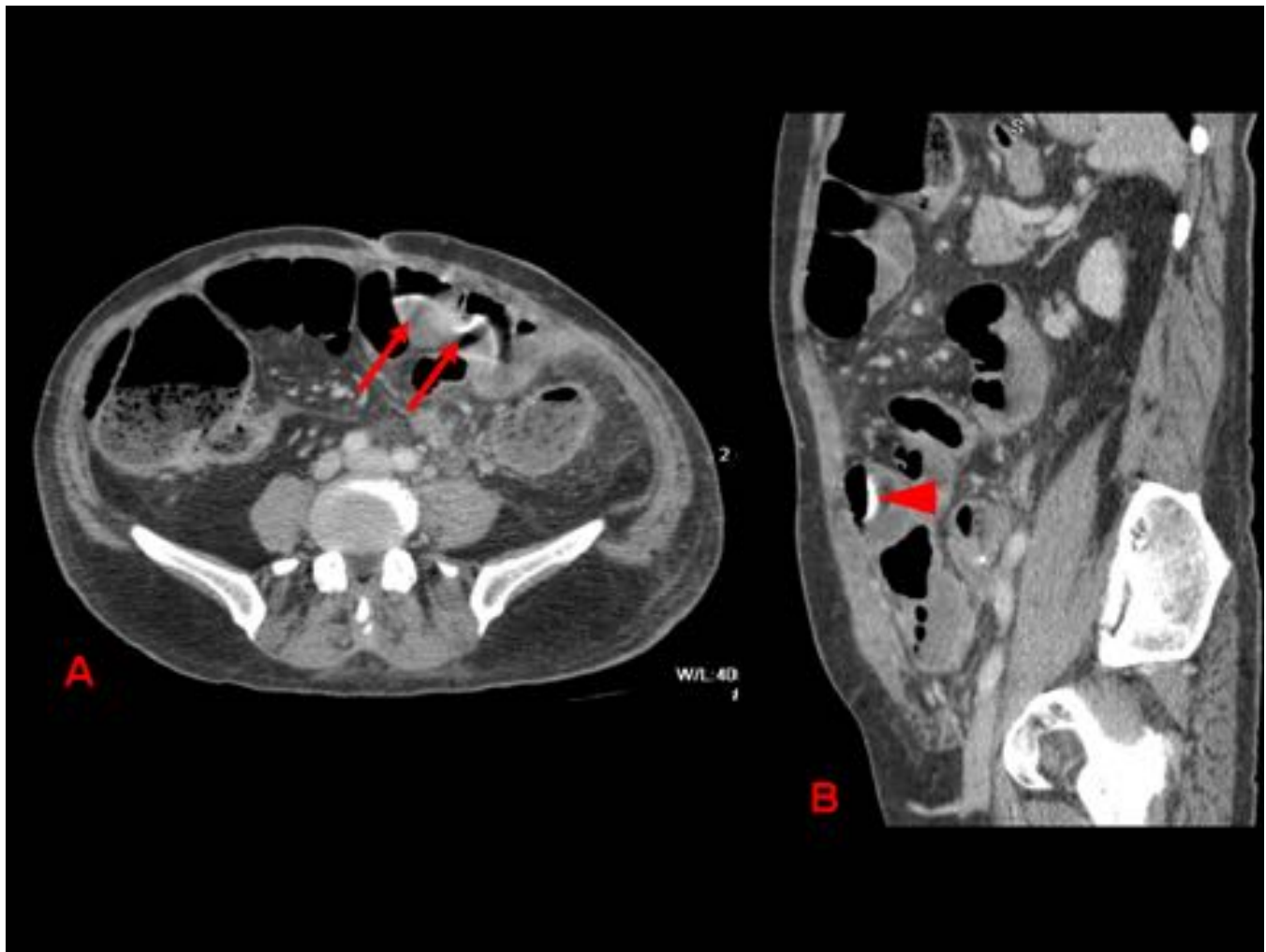


Fig. 19: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR sagital (B) de TC abdominal. El desplazamiento del aire en el interior de las asas intestinales da lugar a artefactos por endurecimiento del haz, con imágenes hiperdensas (flechas). En la reconstrucción MPR sagital (imagen B) la hiperdensidad se localiza en la zona declive del asa (punta de flecha), simulando un sangrado.

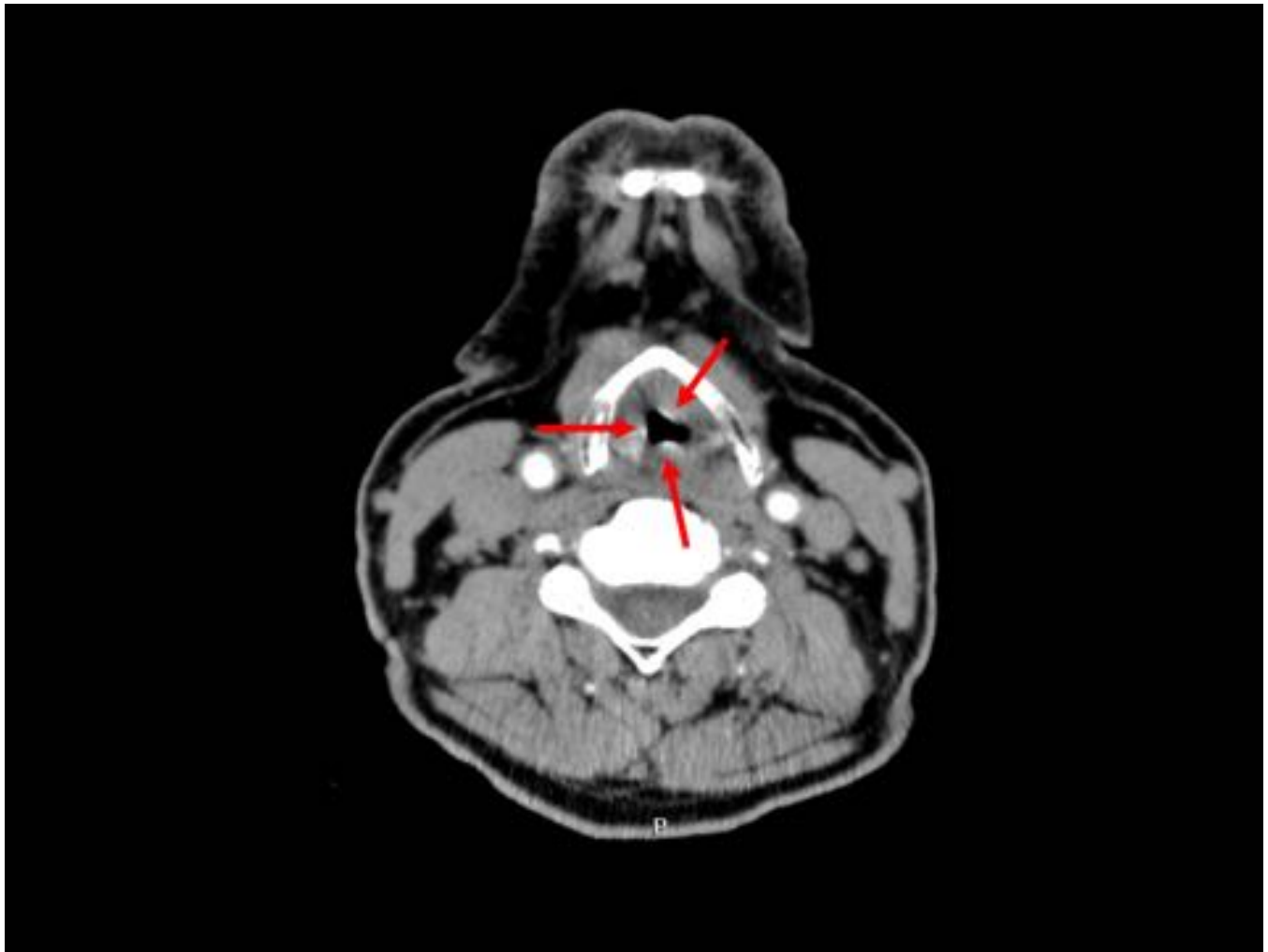


Fig. 20: Imagen axial de TC cervical. Los pequeños desplazamientos de las paredes laríngeas durante la respiración da lugar a artefactos por endurecimiento del haz, con imágenes hiperdensas (flechas).

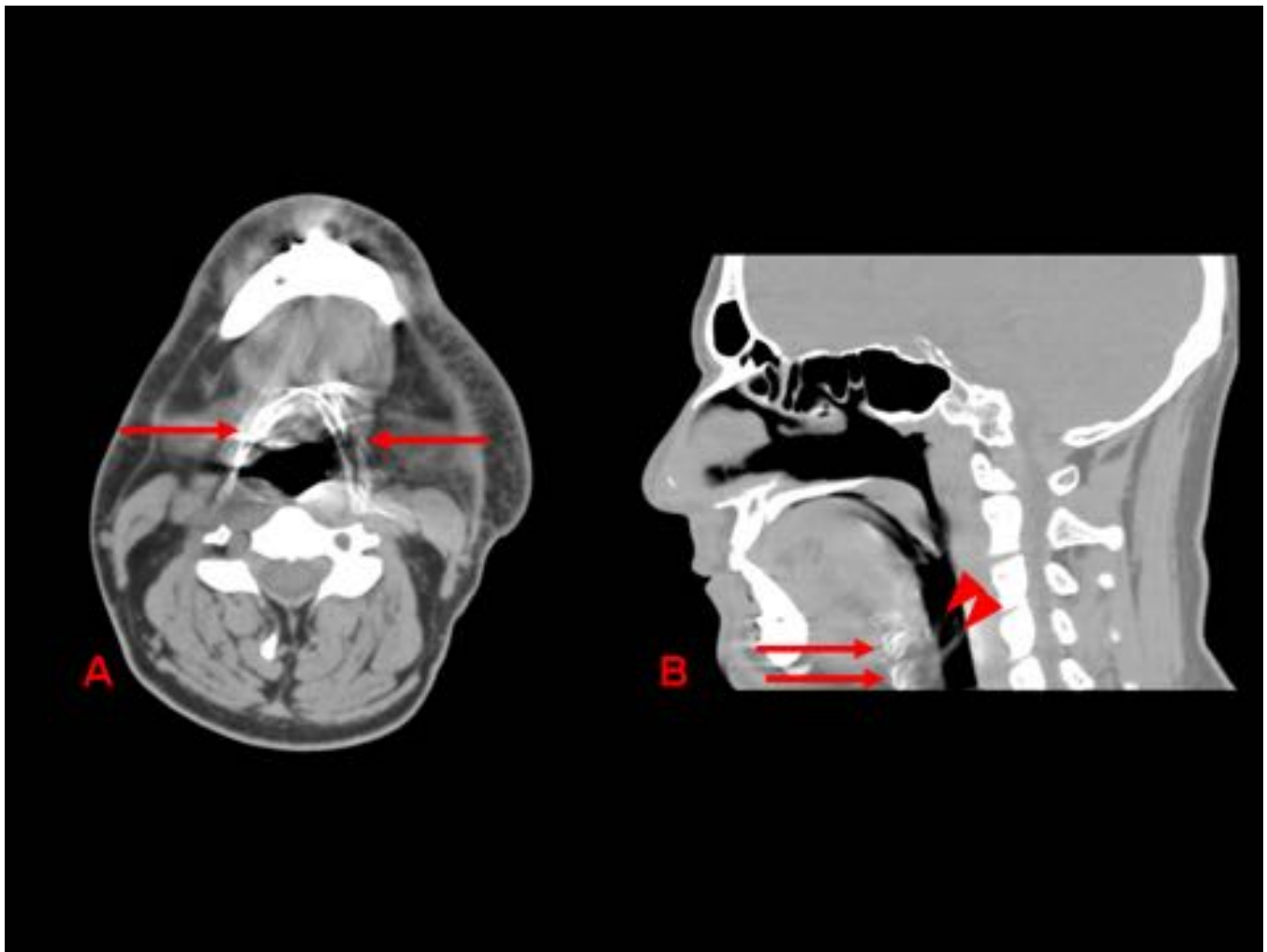


Fig. 21: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR sagital (B) de TC cráneo-cervical. Los movimientos generados por la deglución, respiración o falta de reposo da lugar a duplicación de estructuras, con hueso hioides (flechas) y epiglotis (puntas de flecha) dobles.

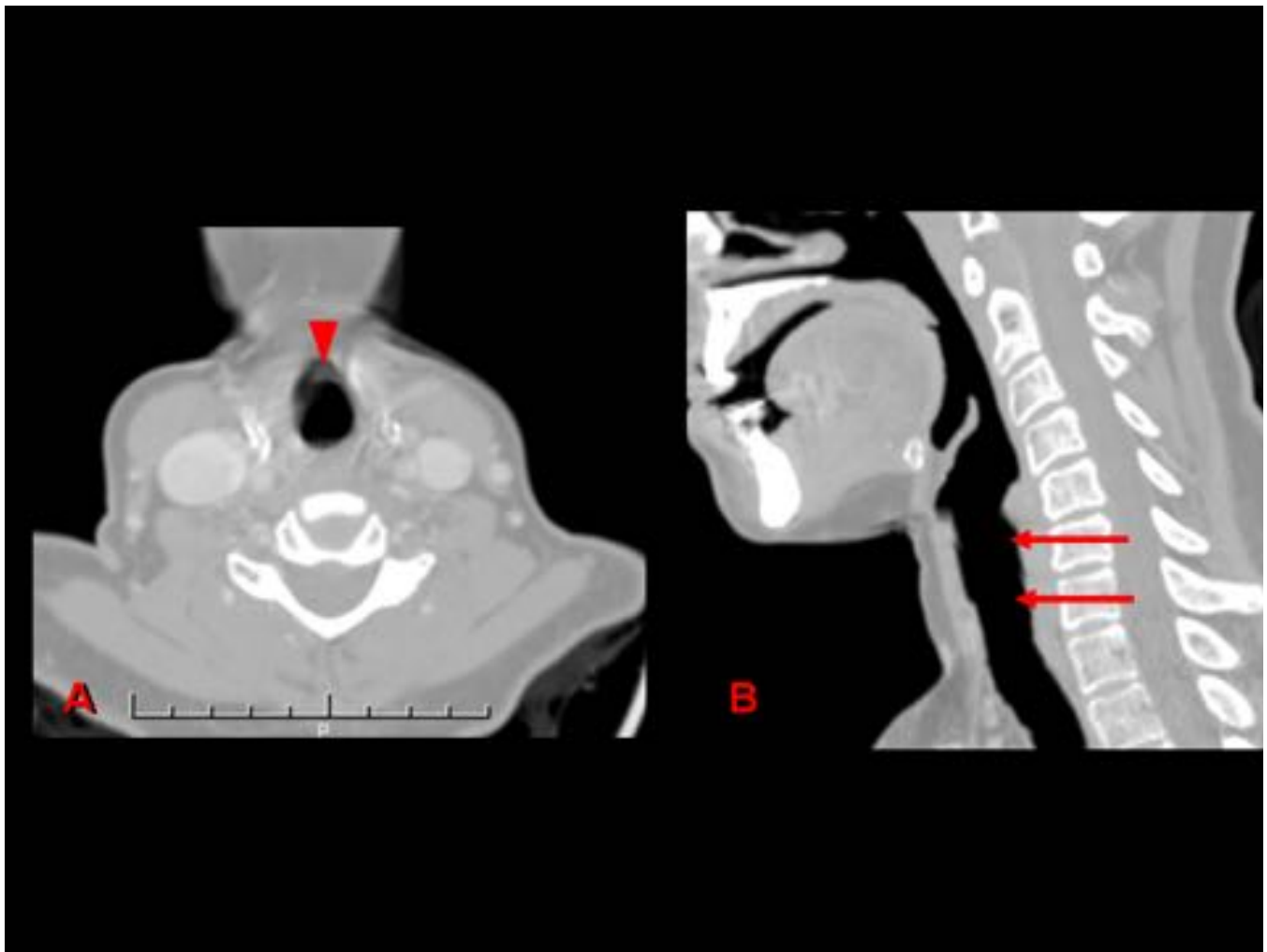


Fig. 22: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR sagital (B) de TC cráneo-cervical. Los movimientos generados por la deglución o respiración dan lugar a borrosidad de estructuras (punta de flecha), con ausencia de visualización de estructuras laríngeas (flechas) en la reconstrucción sagital. El paciente no tenía antecedentes quirúrgicos en esa región.



Fig. 23: Imagen axial (A) y reconstrucción MPR coronal (B) de TC abdominal. La confluencia de sangre hipodensa (no contrastada) proveniente de la cava inferior infrarrenal (flecha gruesa) y sangre hiperdensa (con contraste yodado) proveniente de las venas renales (flechas finas) genera un flujo turbulento con densidad heterogénea que simula trombos intravasculares (puntas de flecha).

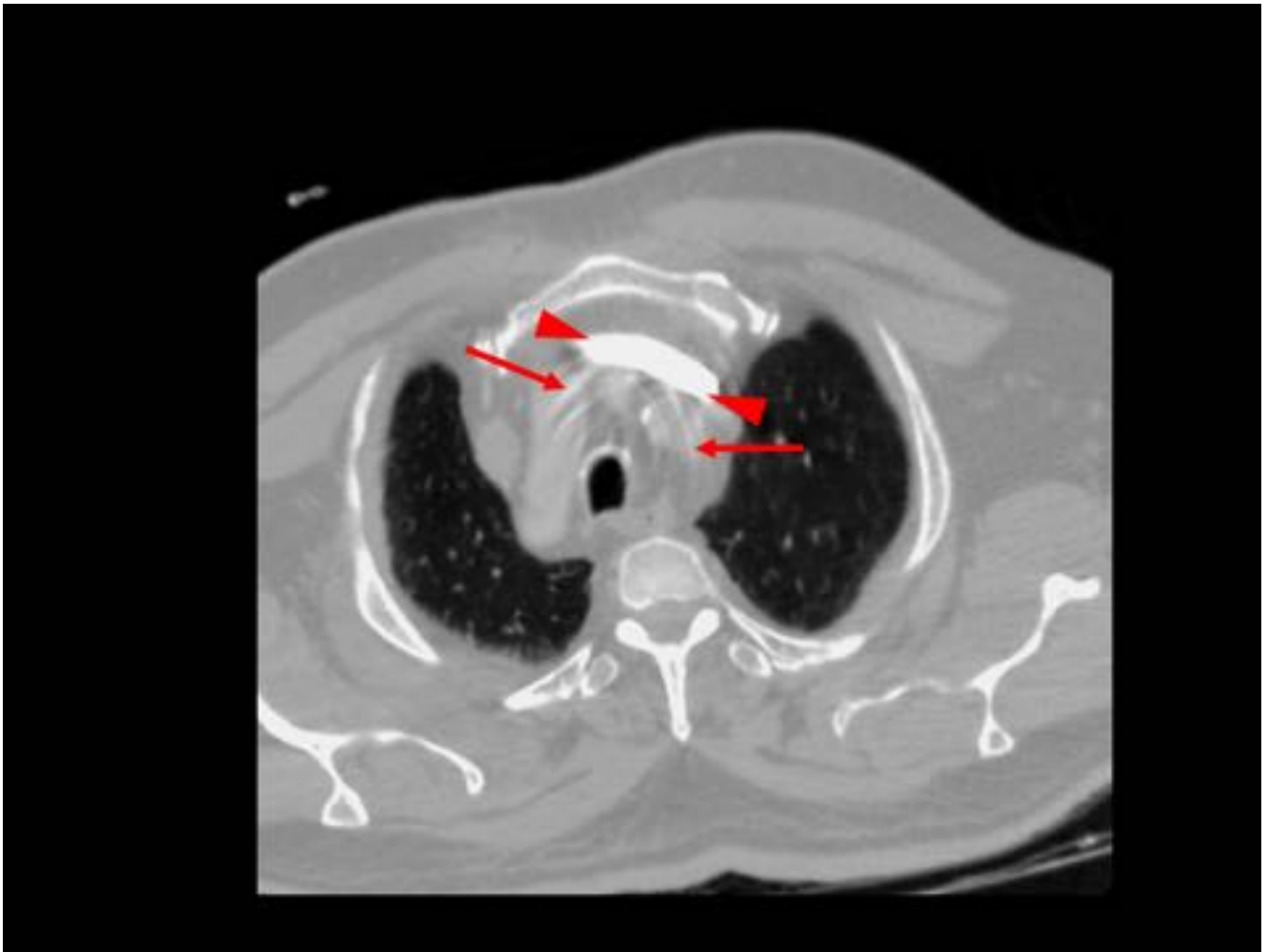


Fig. 24: Imagen axial de TC torácico. La sangre en movimiento con alta concentración de contraste yodado en la vena innominada (puntas de flecha) genera artefactos por endurecimiento del haz, a modo de arcos hiperdensos (flechas).

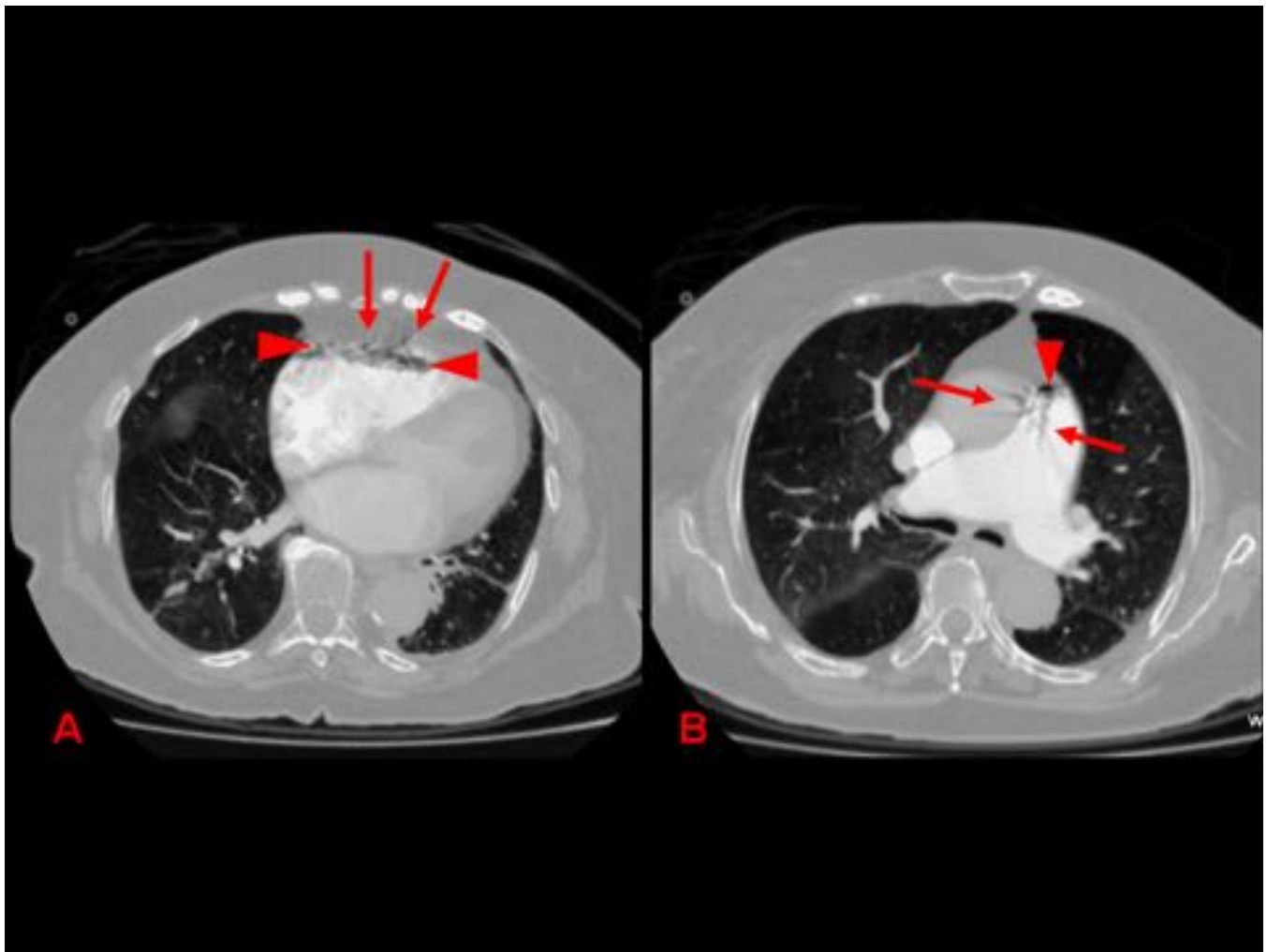


Fig. 25: Imágenes axiales de TC torácico. La presencia de aire intravascular (puntas de flecha) introducido accidentalmente durante la inyección del contraste, y la sangre hiperdensa con contraste yodado en el corazón (imagen A) y arterias cercanas al corazón (imagen B), lugares con alto flujo vascular, genera burbujeos con artefactos por endurecimiento del haz a modo de rayos (flechas).

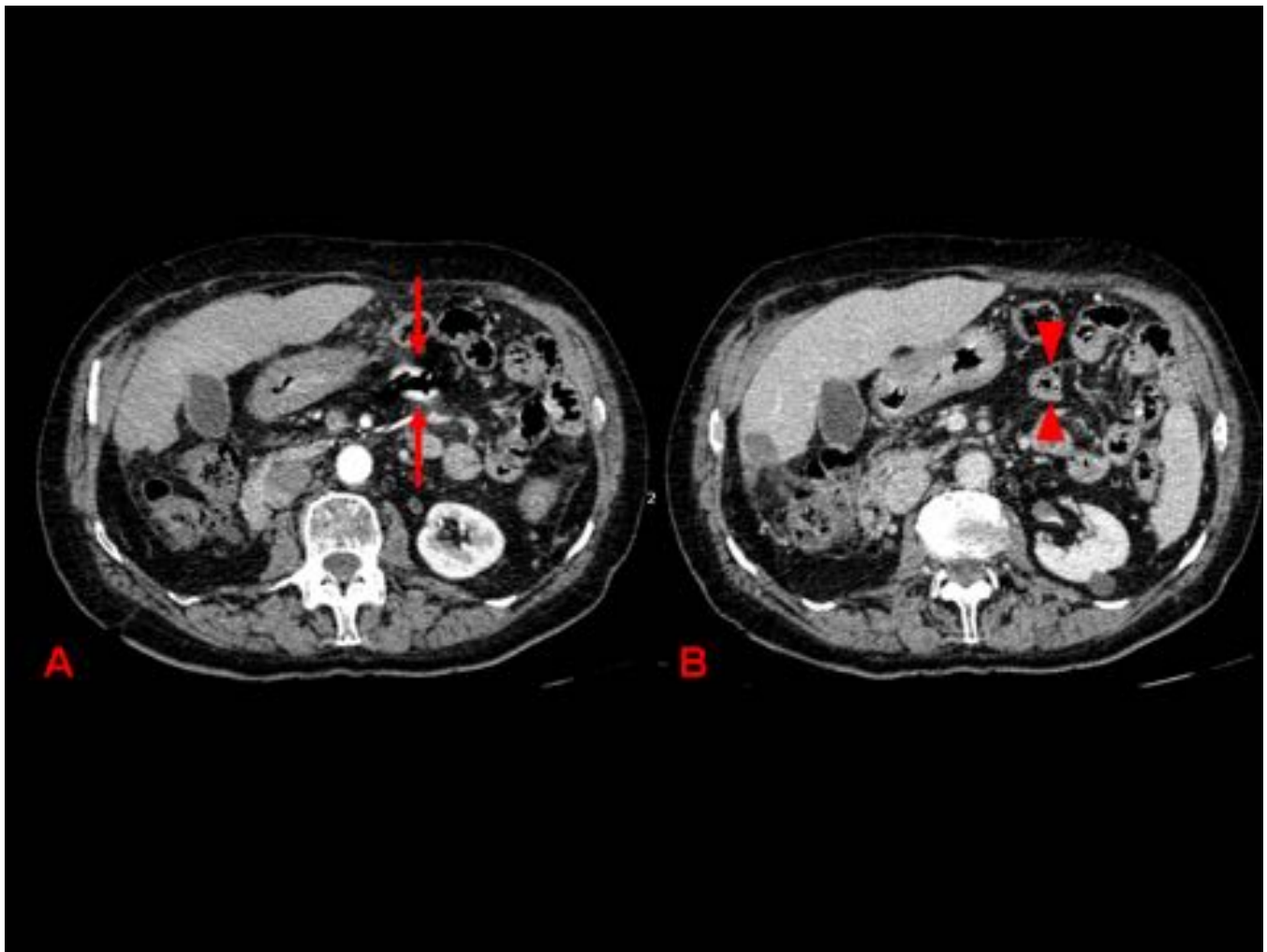


Fig. 26: Imágenes axiales de TC abdominal. En la imagen A se observa una asa intestinal hiperdensa (flechas) que podría hacernos sospechar presencia de sangre. En un plano adyacente del mismo estudio (imagen B), la misma asa es normal (puntas de flecha), por lo que el hallazgo de la imagen superior se debe a un artefacto por endurecimiento del haz.

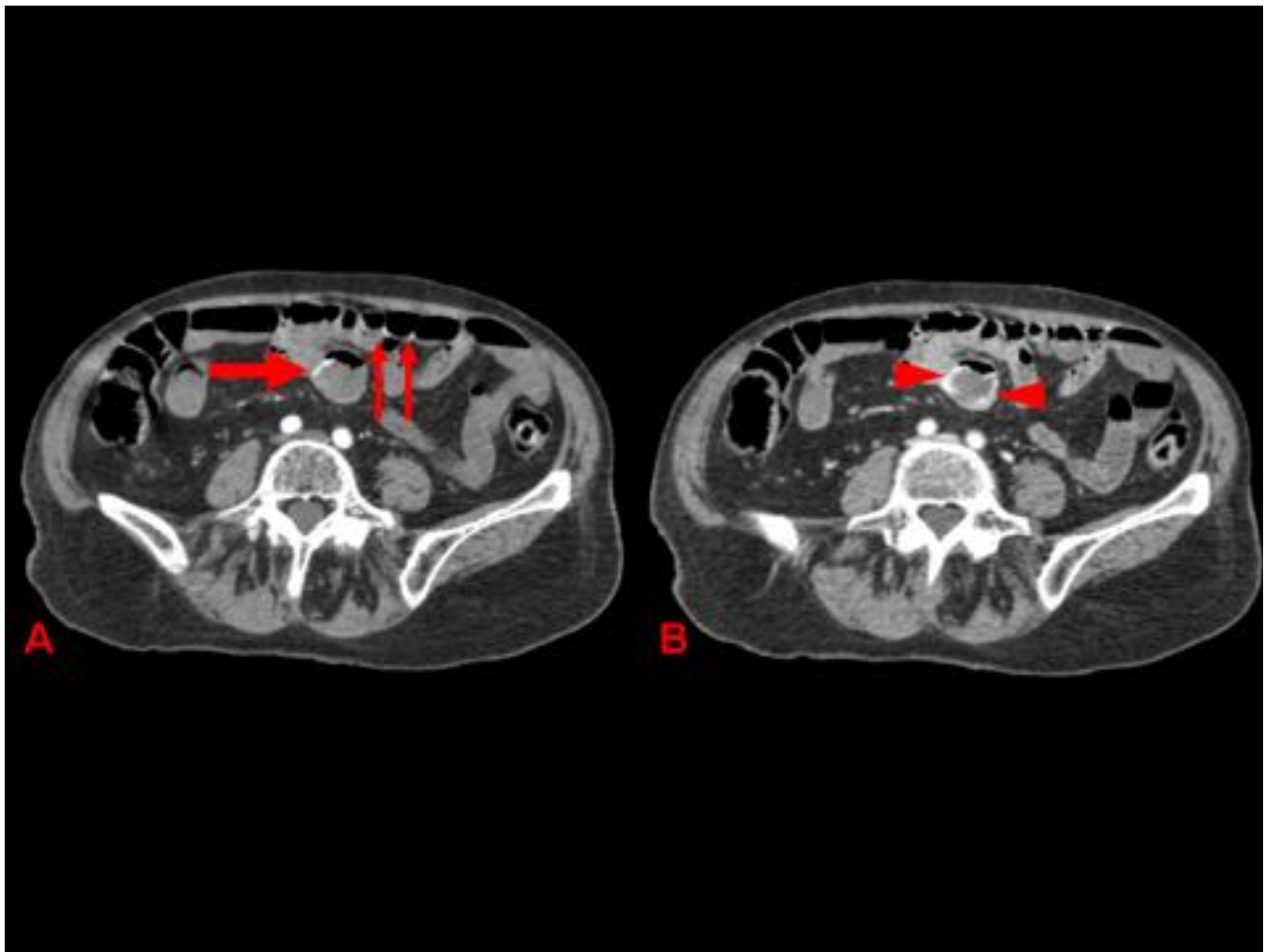


Fig. 27: Imágenes axiales de TC abdominal en fases arterial (A) y venosa (B). En el estudio en fase arterial (imagen A) se observan zonas hiperdensas en dos asas intestinales (flechas finas y gruesa). En la fase venosa (imagen B), las zonas hiperdensas han aumentado en una de ellas indicando sangrado real (puntas de flecha). En la otra ya no se identifican (flechas finas en imagen A), por lo que el hallazgo de la imagen superior se debe a un artefacto por endurecimiento del haz.

Conclusiones

Es relativamente frecuente la presencia de artefactos de movimiento en los estudios de TC, especialmente en los realizados de forma urgente.

Algunos dependen de la colaboración del paciente, pero otros escapan al control voluntario.

La distorsión de imagen que ocasionan puede simular patología diversa o impedir la adecuada valoración de estructuras.

Hay que conocer estos artefactos para evitar su aparición y, en el caso de que se presenten, reconocerlos como tal.

Bibliografía / Referencias

1. Artigas JM et al. Multidetector CT Angiography for Acute Gastrointestinal Bleeding: Technique and Findings. *RadioGraphics* 2013;33:1453-1470.
2. Artul S, Yamini A. Motion artefact in multidetector CT in a child with severe chest injury resembling serious pathology. *Emerg Med J* 2014;31:744.
3. Dhandapani S, Salunke P, Mukherjee KK. "Artifactual fracture-subluxation" of cervical spine in computed tomography screening sans plain radiographs. *The Spine Journal* 2013;13:e45-e48.
4. Farshad-Amacker NA, Alkadhi H, Leschka S, Frauenfelder T. Effect of High-Pitch Dual-Source CT to Compensate Motion Artifacts: A Phantom Study. *Acad Radiol* 2013; 20:1234-1239.
5. Goldberg HI. Evaluation of Ultrafast CT Scanning of the Adult Abdomen. *Invest Radiol* 1989;24:537-543.
6. Huang T-C, Wang Y-C, Chiou Y-R, Kao C-H (2014) Respiratory Motion Reduction in PET/CT Using Abdominal Compression for Lung Cancer Patients. *PLoS ONE* 9(5): e98033. doi:10.1371/journal.pone.0098033
7. Ibrahim ESH, Cernigliaro JG, Pooley RA, Williams JC, Haley WE. Motion artifacts in kidney stone imaging using single-source and dual-source dual-energy CT scanners: a phantom study. *Abdom Imaging* 2015;40:3161-3167.
8. Killoran et al. Motion artifacts occurring at the lung/diaphragm interface using 4D CT attenuation correction of 4D PET scans. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 2011;12(4):261-274.
9. Mayo JR, Müller NL, Henkelman RM. The Double-Fissure Sign: A Motion Artifact on Thin-Section CT Scans. *Radiology* 1987; 165:580-581.
10. Ritchie CJ et al. Minimum Scan Speeds for Suppression of Motion Artifacts in CT. *Radiology* 1992; 185:37-42.
11. Ritchie CJ et al. Correction of Computed Tomography Motion Artifacts Using Pixel-Specific Back-Projection. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 1996;15(3):333-342.
12. Sartoria P et al. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Rev Argent Radiol.* 2015;79(4):192-204
13. Tarver RD, Conces DJ, Godwin JD. Motion Artifacts on CT Simulate Bronchiectasis. *AJR* 1988;151:1117-1119.
14. Yamamoto T, Langner U, Loo BW, Shen J, Keall PJ. Retrospective analysis of artifacts in four-dimensional CT images of 50 abdominal and thoracic radiotherapy patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2008;72(4):1250-1258.