

Angio- TC de energía dual en el tromboembolismo pulmonar agudo (TEPA): revisión de las causas, semiología y pitfalls de los defectos de perfusión y otras alteraciones en el mapa de yodo.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Sara Gálvez García, Ana Lucía Muñoz Ruiz, Encarnación Nava Tomás, Sandra Sánchez García, María Vicente Quílez, Amador Prieto Fernandez

Objetivos Docentes

1. Describir la técnica de energía dual en el estudio del tromboembolismo pulmonar agudo (TEPA) y la sistemática de interpretación.
2. Analizar las diferentes causas y la semiología de los defectos focales de yodo en el mapa de perfusión pulmonar secundarios a eventos embólicos y no embólicos.
3. Evaluar posibles *pitfalls* de los defectos de perfusión que aparecen en el mapa de yodo.
4. Aplicaciones clínicas de la TC de energía dual (TCED) en diversas patologías pulmonares.

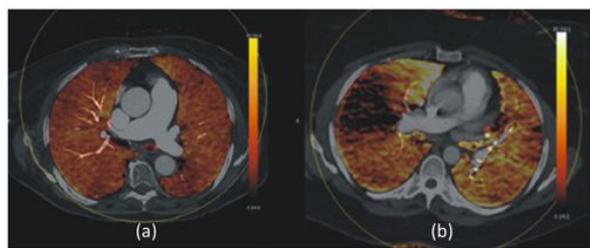
Revisión del tema

1. Introducción

A partir de la TC de energía dual (TCED) se han desarrollado aplicaciones clínicas que se derivan de la caracterización de los elementos en función a su atenuación bajo distintos espectros de rayos X. Nos permite actualmente la generación de **mapas de color** en los que se muestra el yodo a partir de una angio- TC realizada con contraste.

Así, el estudio con ED cuando se sospecha un tromboembolismo pulmonar permite estudiar simultáneamente el trombo en la arteria y la perfusión del parénquima. El mapa de yodo o mapa de perfusión pulmonar de un parénquima normal muestra una distribución homogénea de yodo, mientras que en algunos pacientes con presencia de tromboembolismo pulmonar, el mapa de yodo presenta áreas de hipoperfusión con una morfología triangular causadas por el embolismo.

La información que aporta este estudio es importante, ya que determina si el trombo tiene repercusión en la perfusión pulmonar y cuantifica la cantidad de parénquima afecto, lo que permite establecer mejor la gravedad del TEP. [Fig. 1](#)



Sin embargo, con los avances actuales en el estudio de la perfusión pulmonar aparecen artefactos y *pitfalls* en la interpretación de las imágenes.

Hay otras muchas causas de defectos focales de iodo no embólicas en el mapa de perfusión pulmonar que debemos conocer y tener en cuenta. Las causas de defectos focales de iodo no embólicos son principalmente debidas a artefactos por endurecimiento del haz en ambos ápex pulmonares (por la presencia de contraste concentrado en la vena cava superior o en la vena innominada), debidas a artefacto por el latido cardiaco especialmente en la región media del área pulmonar, y también por el artefacto por el movimiento diafragmático en ambas bases pulmonares.

Asimismo, áreas de enfisema, mal ventiladas, darán defectos en el mapa por estar mal perfundidas.

Atelectasias o consolidaciones y masas pulmonares, también aparecen como defectos de perfusión, ya que presentan una densidad mayor en UH a la del pulmón.

Tener el conocimiento de las localizaciones más frecuentes, características y causas de los defectos de perfusión no embólicos, nos da las herramientas necesarias para diferenciarlos de los defectos de perfusión secundarios al tromboembolismo pulmonar.

2. Adquisición de la angio- TC de energía dual.

La TC de doble fuente consiste en 2 tubos de rayos X, cada uno con sus respectivos detectores, colocados de forma perpendicular en el *gantry*. Cuando los tubos trabajan con diferente energía se hace una adquisición con energía dual. Un tubo trabaja a 100 kVp y otro tubo a 140 kVp. El tubo de 100 kVp utiliza una corriente 4-5 veces mayor que el de 140 kVp. Por cuestión de espacio físico dentro del gantry, el segundo detector no puede ser tan amplio como el primero, viéndose el field of view (FOV) de la energía dual restringido. Así, el detector A tiene un FOV de 50 cm, mientras que el detector B tiene un FOV restringido a 26 cm [Fig. 17](#).

La absorción de rayos X por la materia depende de la energía del haz y cualquier elemento tiene una atenuación diferente a 100 kVp que a 140 kVp. Esto permite clasificar los elementos analizando la diferencia de atenuación con cada espectro de energía.

Todas las angio-TC en nuestro hospital fueron realizadas en una TC en modo doble energía con 128 detectores tras la administración de un bolo de contraste yodado (350mg/ml) seguido por 40 ml de suero salino a través de un catéter de 18 G a 4ml s⁻¹ en la vena antecubital. Para el disparo automático de contraste, el ROI (region of interest) se sitúa en la aorta ascendente, y cuando alcanza el umbral establecido de 65 UH, comienza el estudio.

La TCDE no expone a los pacientes a radiación extra en comparación con el estudio de angio-TC convencional.

3. Reconstrucción de la angio-TC con energía dual.

Obtención del mapa de iodo.

La TCDE se basa como hemos explicado en la diferente propiedad de la materia de atenuar el rayo X en dos niveles de energía (100 kVp y 140 kVp). Un menor kVp se asocia a un aumento de las interacciones fotoeléctricas, especialmente en aquellas sustancias con un número atómico bajo como el iodo o el calcio. El valor de atenuación a dos energías diferentes en un voxel puede ser analizado utilizando la

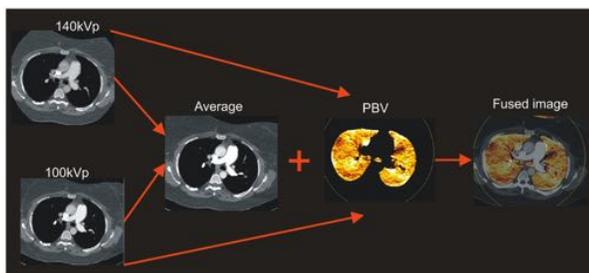
técnica de descomposición de la materia en el post-procesado de los datos obtenidos con energía dual. En el caso del parénquima pulmonar podremos obtener mapas de iodo que aportan información sobre el estado de la microcirculación del parénquima pulmonar, añadiendo valor diagnóstico en comparación con el estudio convencional de angio- TC.

Las imágenes son post-procesadas en una estación de trabajo utilizando el software "lung PBV" (volumen de sangre perfundida). Se obtienen mapas de iodo/ perfusión pulmonar representados en una escala de color.

Para obtener un mapa de iodo solo del parénquima pulmonar utilizamos umbrales de densidad de entre -960 UH y -600 UH. Las estructuras fuera de ese rango, como las arterias pulmonares, los tejidos blandos, atelectasias, consolidaciones o masas pulmonares, no se incluyen en el análisis aunque tengan iodo, por lo que aparecerán como defectos de perfusión del parénquima pulmonar.

El mapa de iodo se representa con una escala de colores que se puede normalizar con respecto a cualquier estructura con iodo. En nuestro caso colocamos un ROI en la aorta ascendente para tener en todos los pacientes una escala de colores similar.

Los mapas de iodo pueden fusionarse con el estudio de angio- TC, para la valoración simultánea de la vascularización con la evaluación de la perfusión pulmonar a través del código de colores del mapa de iodo. [Fig. 2](#)

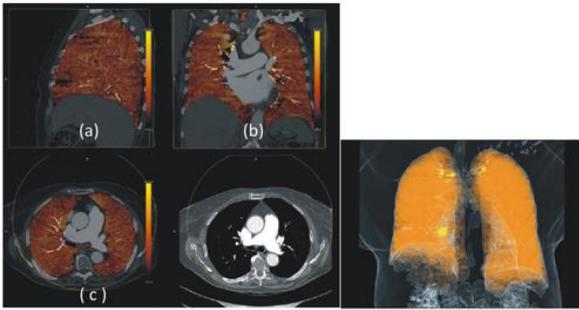


4. Interpretación de la imagen.

4.1 Semiología de los defectos de perfusión secundarios a TEP.

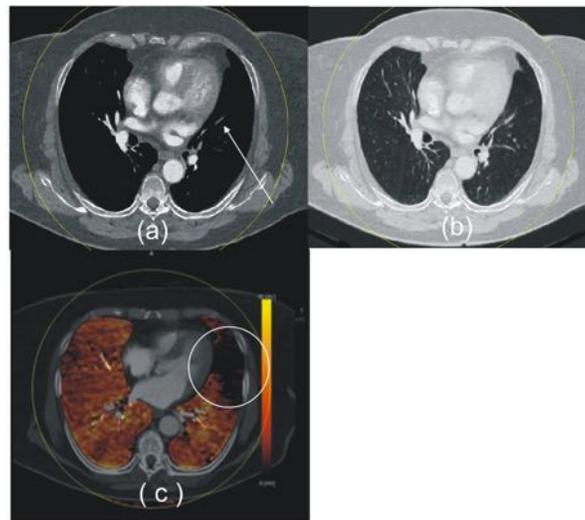
En el mapa de iodo, el parénquima pulmonar con una perfusión normal se representa en naranja. Los defectos focales de iodo se representan en naranja oscuro- negro. Esta herramienta está bien definida para identificar las áreas de hipoperfusión secundarias a tromboembolismo pulmonar agudo, sin embargo, no todos los defectos en el mapa de iodo se asocian a un fenómeno embólico.

Las imágenes del mapa de iodo normal presentan una escala de colores homogénea y simétrica, limitada al parénquima pulmonar (código de color naranja), correspondiente a la distribución homogénea de contraste yodado en el parénquima pulmonar. [Fig. 3](#)

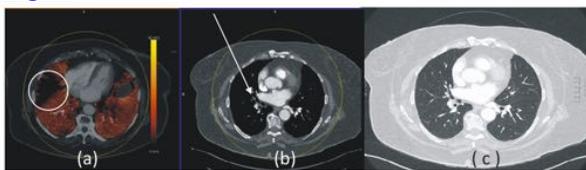


Los defectos de perfusión en el mapa de yodo secundarios a TEPA se ven como áreas de diferentes grados de hipoperfusión de morfología triangular y base de localización periférica que afectan a un territorio vascular con distribución lobar o segmentaria.

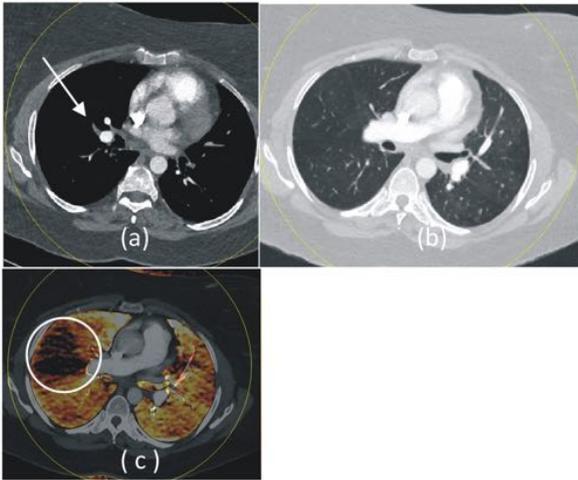
[Fig. 4](#)



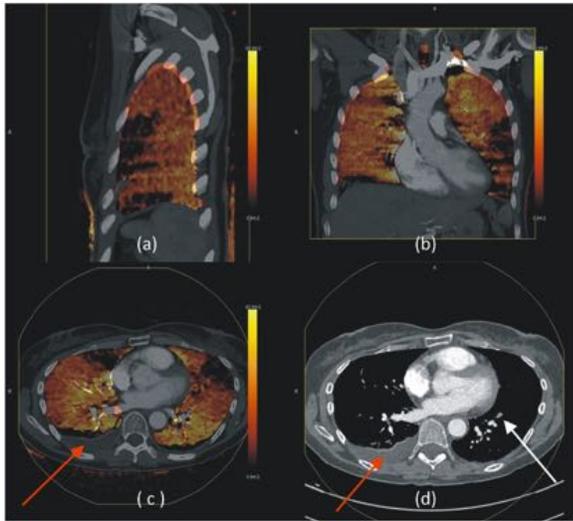
[Fig. 5](#)



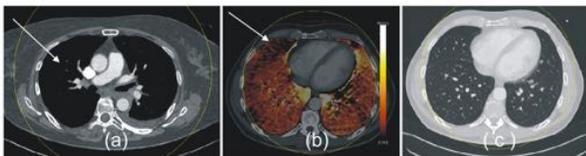
[Fig. 6](#)



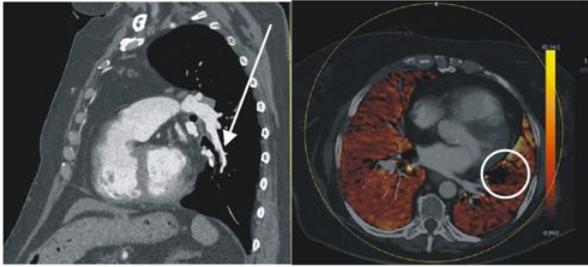
[Fig. 7](#)



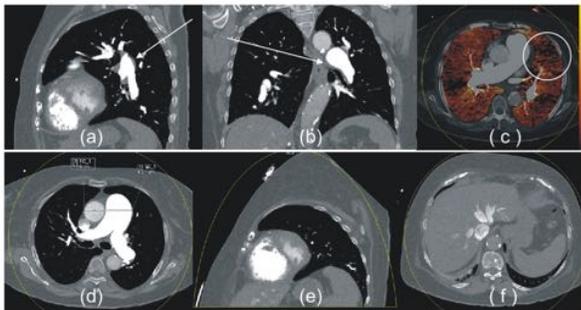
La TCED evaluada en conjunto con el mapa de yodo aumenta la sensibilidad de la angio-TC para los pequeños émbolos periféricos. En la práctica diaria los pequeños émbolos en arterias sub-segmentarias pueden pasar desapercibidos en la angio-TC pulmonar convencional. Con el mapa de yodo, la detección de estos pequeños émbolos distales mejora, siendo importante su detección ya que requieren tratamiento para prevenir el TEP crónico y el desarrollo de hipertensión pulmonar, como por ejemplo en casos de pacientes con inadecuada reserva cardiopulmonar, pacientes con TVP sincrónico o pacientes con TEF recurrentes por posibles trombofilias. [Fig. 8](#)



El mapa de yodo también es utilizado como seguimiento de tromboembolismos pulmonares tras el tratamiento con anticoagulantes, donde se puede observar una disminución en el defecto de perfusión pulmonar y la resolución del defecto de repleción en la arteria en la angio-TC. La TCED no solo detecta defectos de repleción secundarios a tromboembolismos pulmonares agudos, sino también secundarios a trombos crónicos. [Fig. 9](#)



La **hipertensión pulmonar** puede ser idiopática o desarrollarse a partir de un TEP. La HTP secundaria a un TEP crónico se da en aproximadamente el 4% de los pacientes con TEPA. Los hallazgos en la angio-TC incluyen signos vasculares: dilatación del tronco de la arteria pulmonar (diámetro mayor que el de la aorta ascendente), dilatación de ambas arterias pulmonares principales, vasos parenquimatosos periféricos serpiginosos, hipertrofia del ventrículo derecho y dilatación del ventrículo y aurícula derechos con inversión del tabique interventricular y dilatación del anillo de la válvula tricuspídea y del seno coronario. [Fig. 10](#)



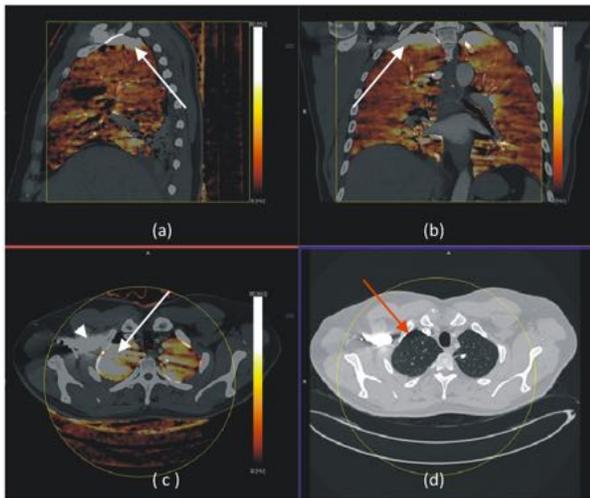
4.2. Pitfalls en la interpretación de las imágenes.

En el análisis del mapa de yodo de perfusión pulmonar, pueden surgir falsos positivos secundarios a artefactos que debemos tener en cuenta para evitar diagnósticos erróneos.

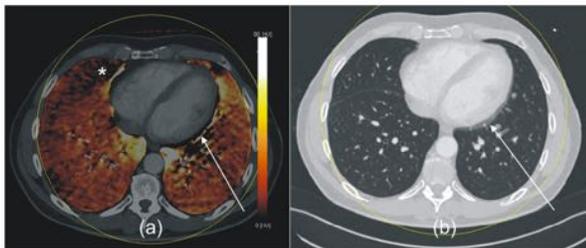
- **Defectos de perfusión en el mapa de yodo debidos al endurecimiento del haz y al movimiento cardiaco y diafragmático.**

La localización más frecuente de estos defectos de perfusión son los segmentos anterior y apical del lóbulo superior derecho, segmento apical del lóbulo superior izquierdo y segmento medial del lóbulo medio. Estos defectos de perfusión tienen morfología en banda o en semiluna, en lugar de morfología triangular como correspondería a los secundarios al TEP.

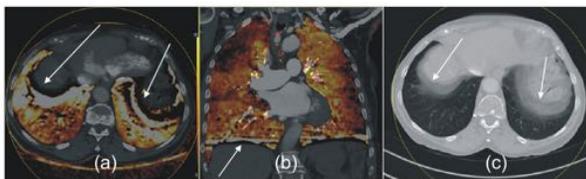
En ambos lóbulos superiores, la principal causa del defecto de perfusión es el **artefacto por endurecimiento del haz** por el paso del medio de contraste muy concentrado en la vena cava superior y vena subclavia derecha. En este caso, el defecto de perfusión está mal definido con morfología en banda. También podemos identificar estos artefactos por endurecimiento del haz en la angio-TC con la ventana de mediastino o pulmón. Para minimizar los casos de pitfalls debidos al endurecimiento del haz, se deben optimizar los parámetros de inyección del medio de contraste, incluido el uso del suero salino. [Fig 11](#)



En el segmento medial del lóbulo medio y en la llingula, la principal causa de la presencia de defectos de perfusión en el mapa de yodo es el **movimiento cardiaco**. Estos defectos se ven como una línea blanca adyacente a las cavidades cardiacas, con morfología en medialuna y márgenes mal definidos. Con la ventana de mediastino o pulmón de la angio-TC, se identifica borramiento del contorno cardiaco o doble contorno, indicativo del artefacto por el latido cardiaco. [Fig. 12](#)



Finalmente, en las bases pulmonares, la causa del defecto de perfusión es el **movimiento diafragmático**. En este caso, el defecto de perfusión se ve como una línea blanca y se presenta con una morfología en media luna adyacente al contorno diafragmático. También se puede visualizar un doble contorno o un borramiento adyacente al contorno diafragmático en las imágenes de la angio-TC con ventana de mediastino o de pulmón. [Fig. 13](#)



Además, defectos focales en el mapa de perfusión con morfología poligonal adyacentes a la aorta o a la arteria pulmonar son debidos al artefacto producido por el latido de estos grandes vasos. También debemos identificar la variación fisiológica de la perfusión pulmonar en las áreas declives.

- **Defectos de perfusión secundarios a lesiones del parénquima pulmonar.**

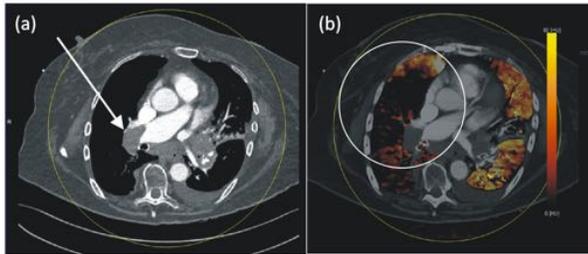
Aquellas lesiones que causan aumento de la atenuación del parénquima pulmonar, como por ejemplo tumores o consolidaciones parenquimatosas, se manifiestan también como defectos en el mapa de perfusión pulmonar. Estos *pseudodefectos* de perfusión son consecuencia del rango de atenuación incluido en la función PBV para la realización de los mapas de color. Aquellos voxels con UH de valores

fuera del rango de -960 a -600 UH, se les asigna un valor 0 y se representan como ausencia de color en la imagen de PBV. Estas áreas son iguales a áreas de defectos de perfusión reales.

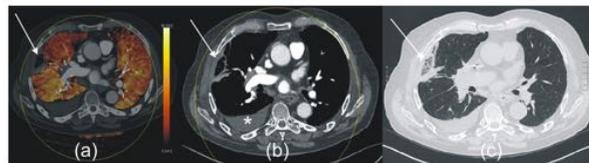
Estas lesiones raramente se confunden con aquellas secundarias a embolismos pulmonares, ya que tenemos la correlación de la angio-TC pulmonar para poder confirmarlo. Por tanto, las reconstrucciones funcionales de los mapas de perfusión no deben ser valoradas de manera aislada.

En el caso de **masas pulmonares** [Fig. 14](#) [Fig. 15](#), **atelectasias** [Fig. 16](#), **infarto pulmonar** [Fig. 17](#) [Fig. 18](#) [Fig. 19](#), **consolidación, neumonía** [Fig. 20](#) o **edema pulmonar** secundario a fallo cardiaco congestivo [Fig. 21](#), presentan densidad de partes blandas. Debido a que obtenemos el mapa de yodo en un rango de densidad de entre -960 y -600 UH estas lesiones quedan fuera del mismo y lo que veremos es una ausencia de color.

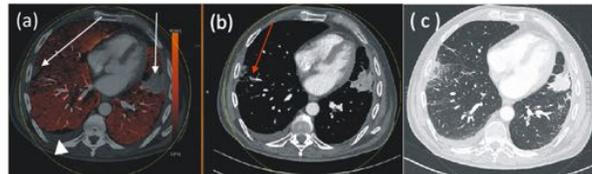
[Fig. 14](#)



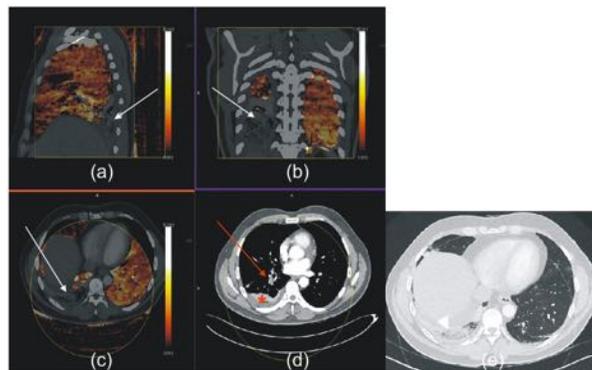
[Fig. 15](#)



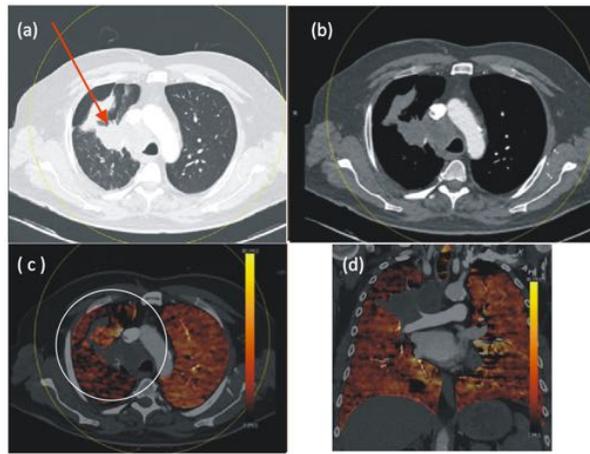
[Fig. 16](#)



[Fig. 17](#)



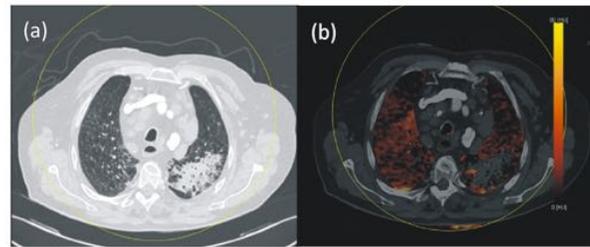
[Fig. 18](#)



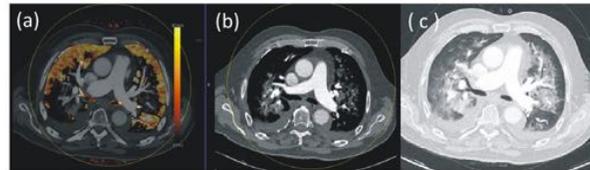
[Fig. 19](#)



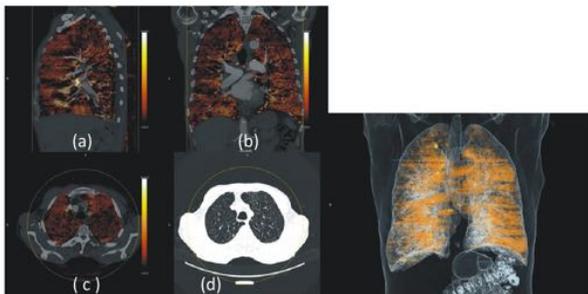
[Fig. 20](#)



[Fig. 21](#)



En el caso de la presencia de **enfisema**, la causa del defecto de perfusión que vemos en el mapa de yodo es una disminución real del flujo pulmonar secundaria a la destrucción pulmonar del área de enfisema, ya que la disminución de la superficie alveolar se acompaña de una reducción del volumen capilar. [Fig. 22](#)



Imágenes en esta sección:

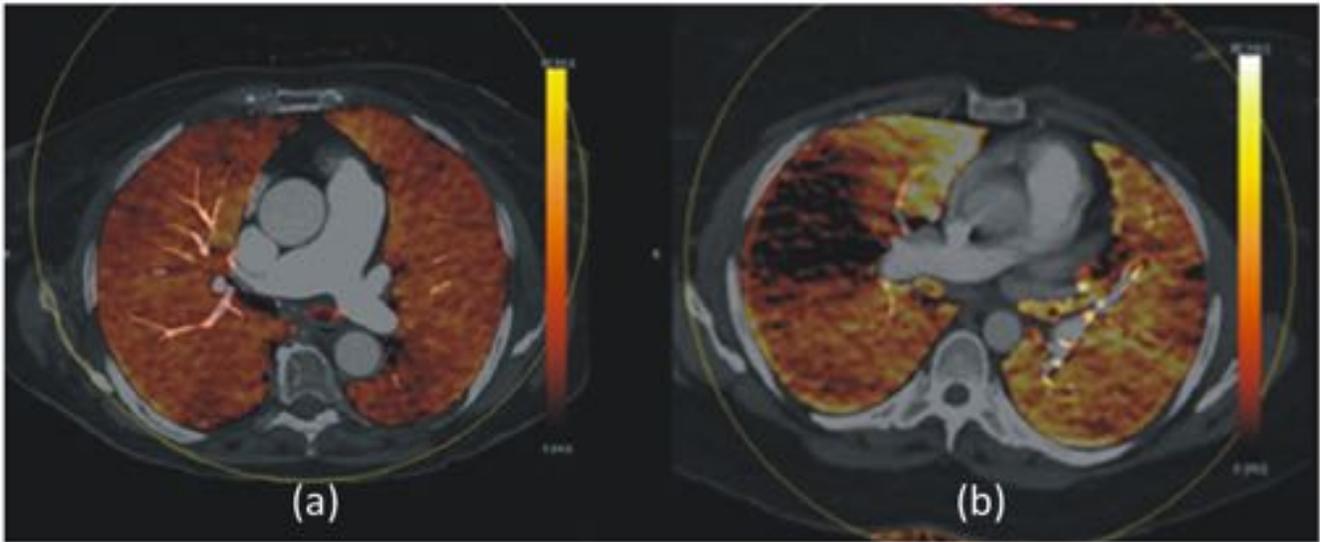


Fig. 1: Mapa de yodo que muestra una perfusión pulmonar normal vs mapa de yodo con un defecto de perfusión en el parénquima pulmonar secundario a TEPA. (a) Imagen axial del mapa de yodo que muestra una perfusión normal del parénquima pulmonar con una distribución homogénea de yodo. (b) Imagen axial del mapa de yodo que muestra un defecto de perfusión en el parénquima pulmonar del LSD secundario a un trombo oclusivo visualizado previamente en la angio- TC pulmonar.

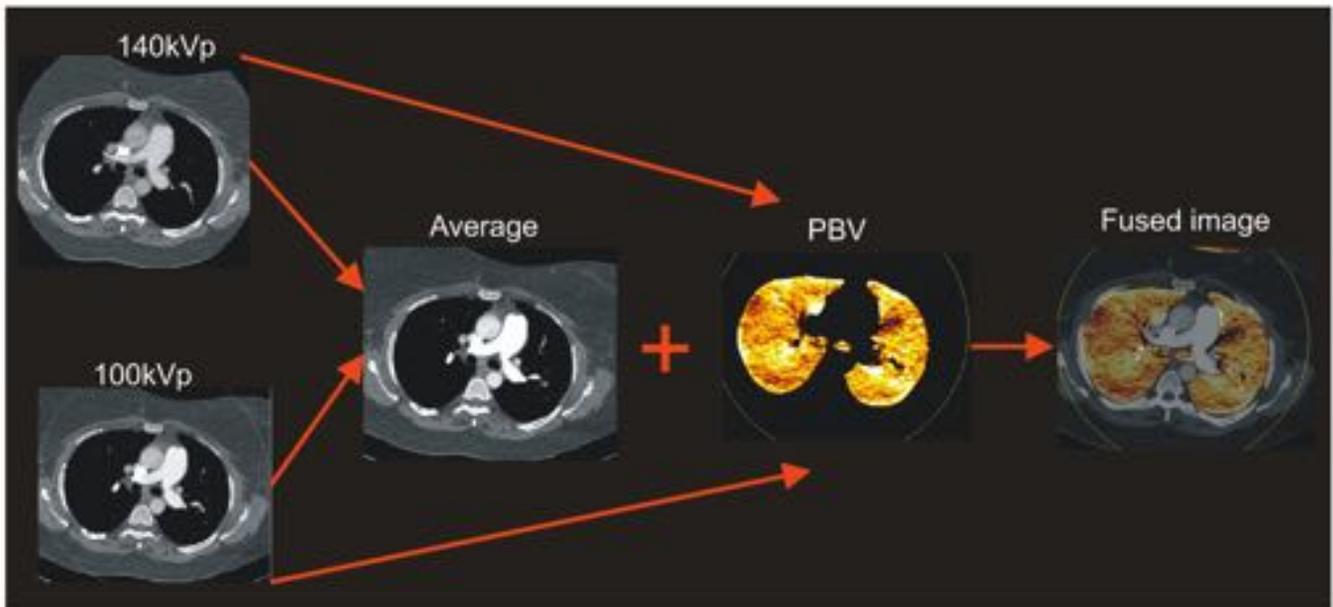


Fig. 2: Generación del mapa de yodo a través de la aplicación de energía dual PBV. Un mapa de perfusión se genera a partir de las imágenes obtenidas a 100 y 140 kVp usando un algoritmo que aplica valores de atenuación conocidos para el aire, partes blandas y el yodo, para calcular la contribución relativa de cada elemento en cada voxel. Se excluyen los vasos centrales permitiendo superponer la imagen del mapa de yodo a la serie promedio en escala de grises (100:140 kVp).

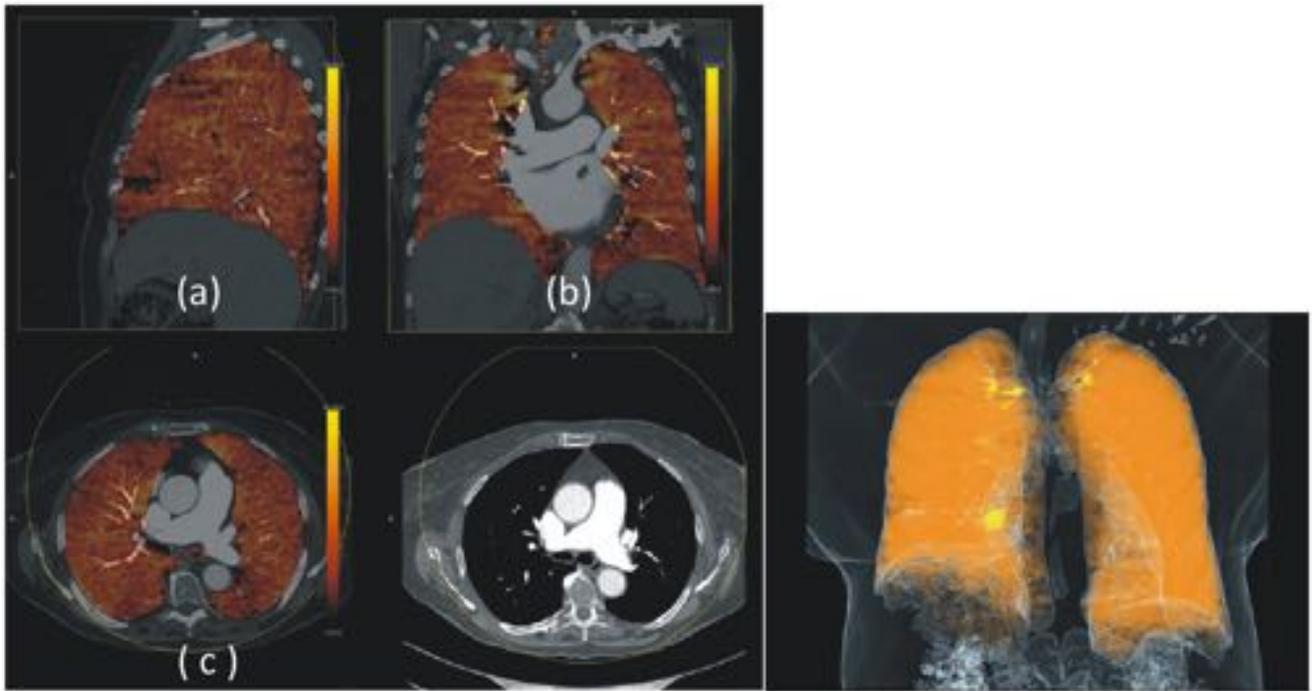


Fig. 3: Mapa de yodo normal. Imágenes en el plano (a) sagital, (b) coronal y (c) axial del mapa de perfusión pulmonar. Muestran una distribución homogénea de yodo en ambos pulmones. El parénquima pulmonar con una perfusión normal se presenta en color naranja.

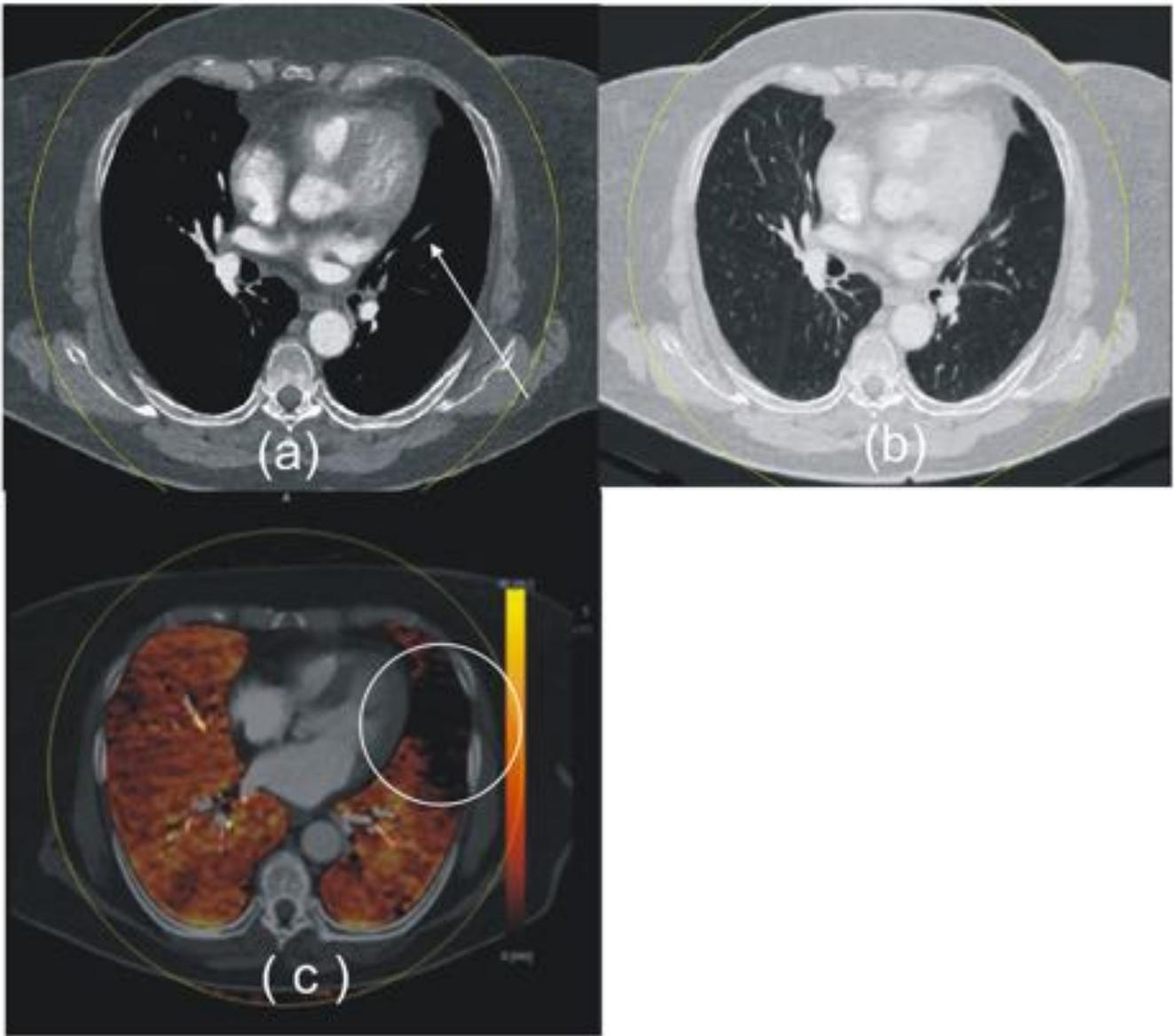


Fig. 4: Defecto de perfusión secundario a TEPA. (a) Imagen axial de la angio-TC pulmonar que muestra un defecto de repleción completo en la arteria lingular (flecha). (b) Corte axial con ventana de pulmón donde se observa un parénquima pulmonar dentro de límites normales. (c) Mapa de perfusión pulmonar donde se identifica un defecto focal de yodo en el lóbulo superior izquierdo secundario al TEPA (círculo).

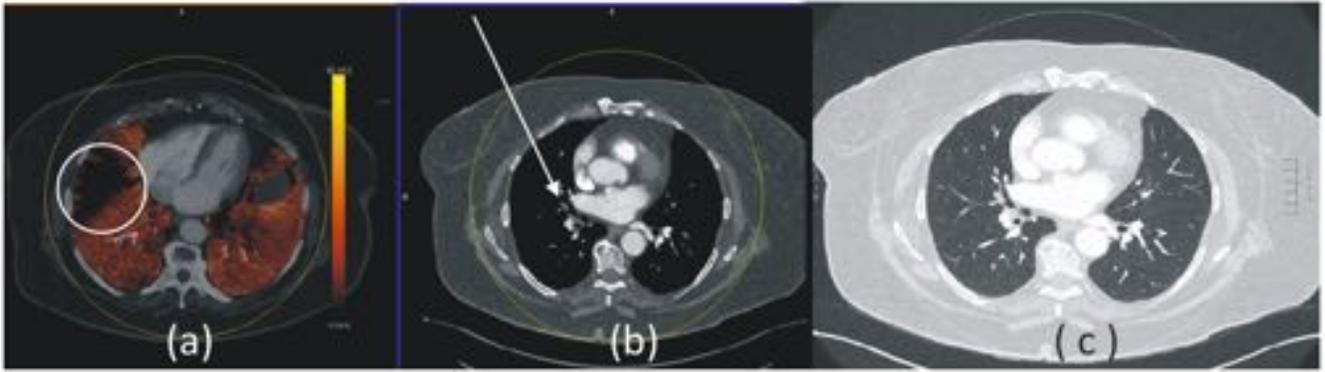


Fig. 5: Defecto de perfusión secundario a TEPA. (a) Imagen axial del mapa de yodo que muestra un defecto de perfusión de morfología triangular y base periférica en el lóbulo medio (círculo). (b) Reconstrucción en axial de la angio-TC pulmonar que muestra el correspondiente defecto de repleción en una arteria segmentaria del lóbulo medio (flecha). (c) En la imagen en axial de la angio- TC con ventana de pulmón vemos un parénquima pulmonar sin alteraciones.

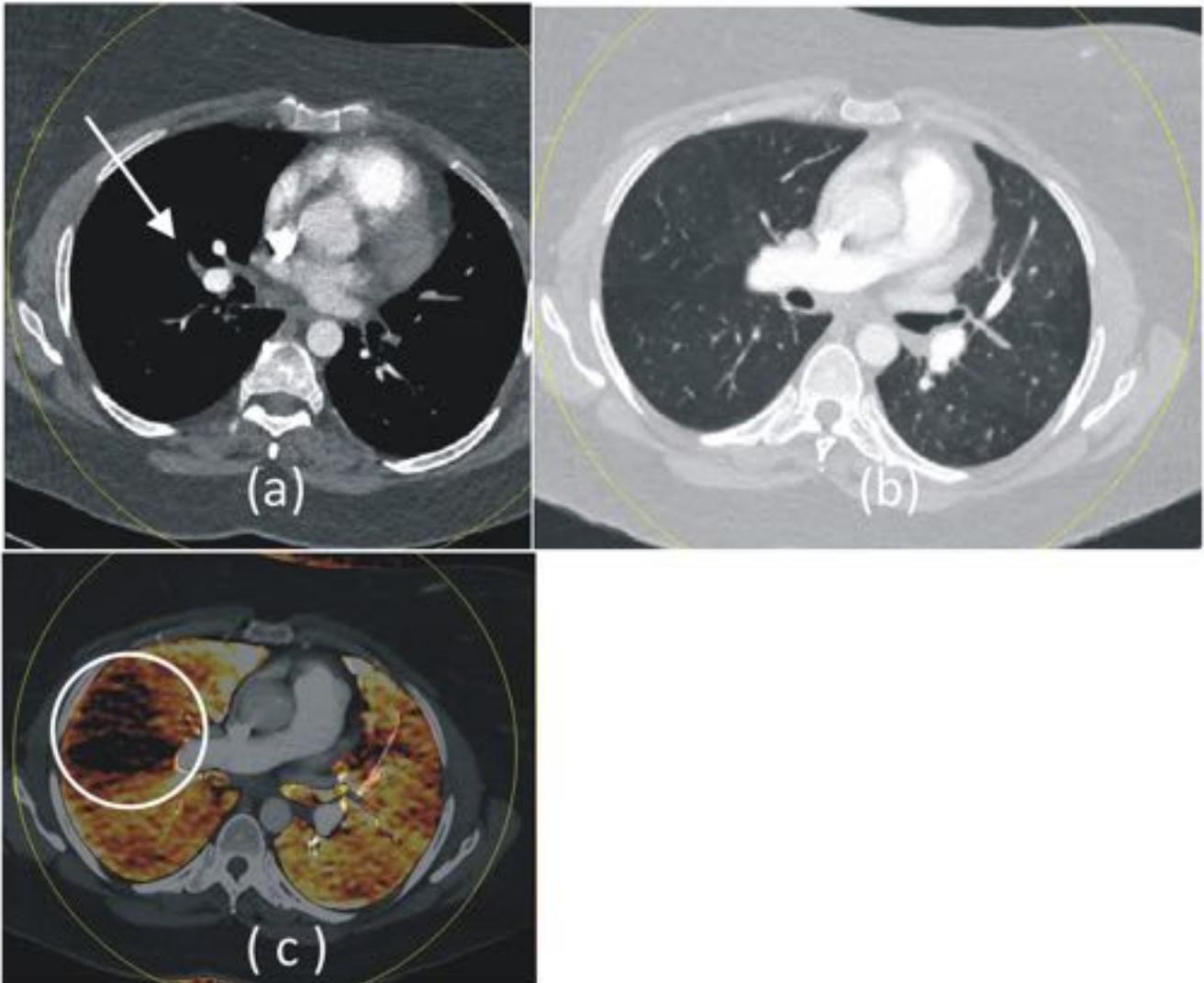


Fig. 6: Defecto de perfusión secundario a TEPA. (a) Reconstrucción axial de la angio- TC pulmonar que muestra un trombo oclusivo en una arteria segmentaria del lóbulo medio (flecha). (b) Parénquima pulmonar normal en un corte axial de la angio- TC con ventana de pulmón. (c) Defecto de perfusión en el lóbulo medio en el mapa de yodo (círculo).

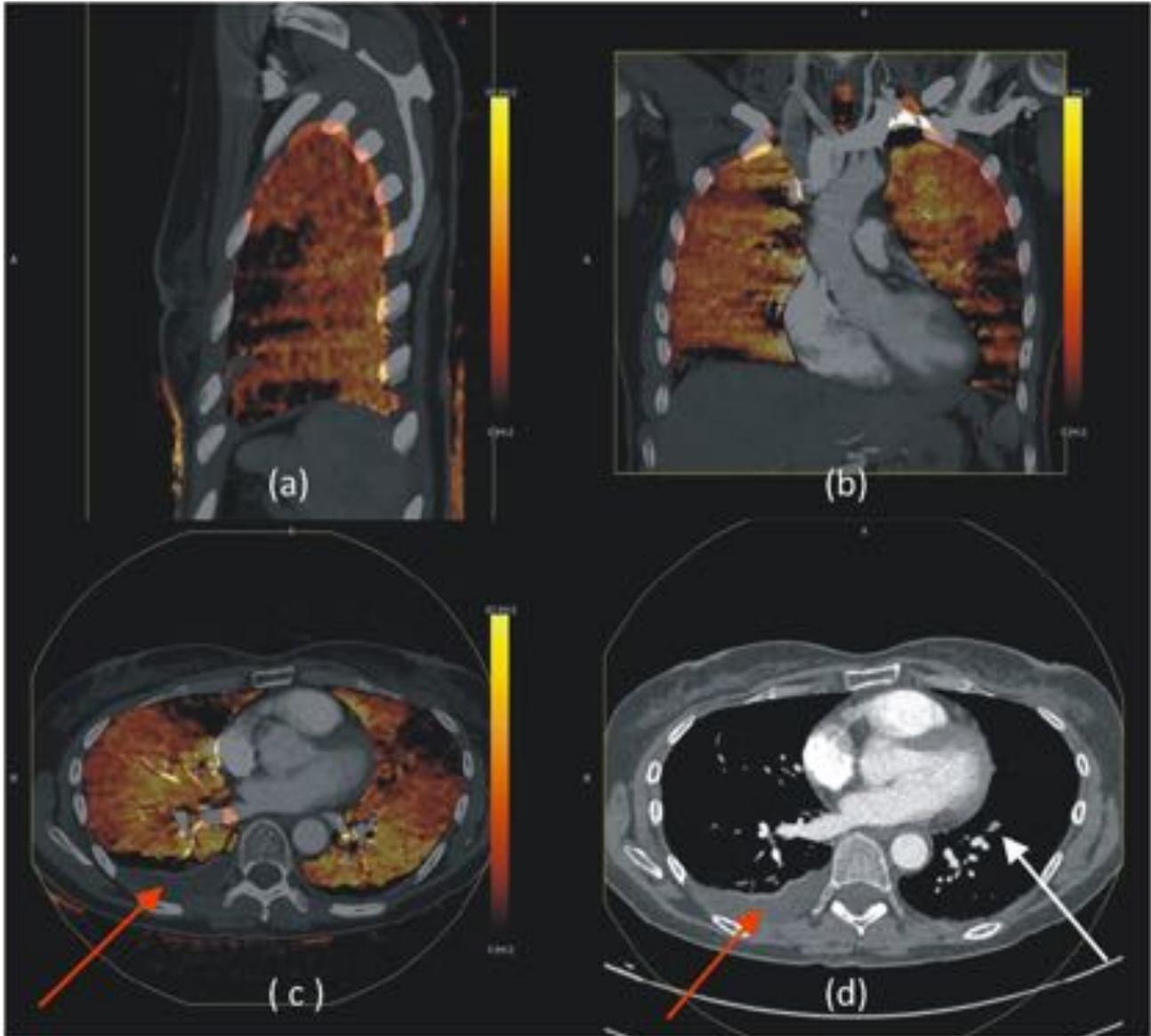


Fig. 7: Defecto de perfusión secundario a TEPA y derrame pleural. Reconstrucciones en (a)sagital, (b)coronal y (c)axial del mapa de yodo que muestran un defecto de perfusión de morfología triangular y base periférica en el LII. En la reconstrucción en axial(d) con ventana de mediastino se identifica un defecto de repleción completo en una arteria segmentaria del LII (flecha blanca). Nótese el derrame pleural derecho(flecha roja), representado en el mapa de color como un área de ausencia de perfusión(c).

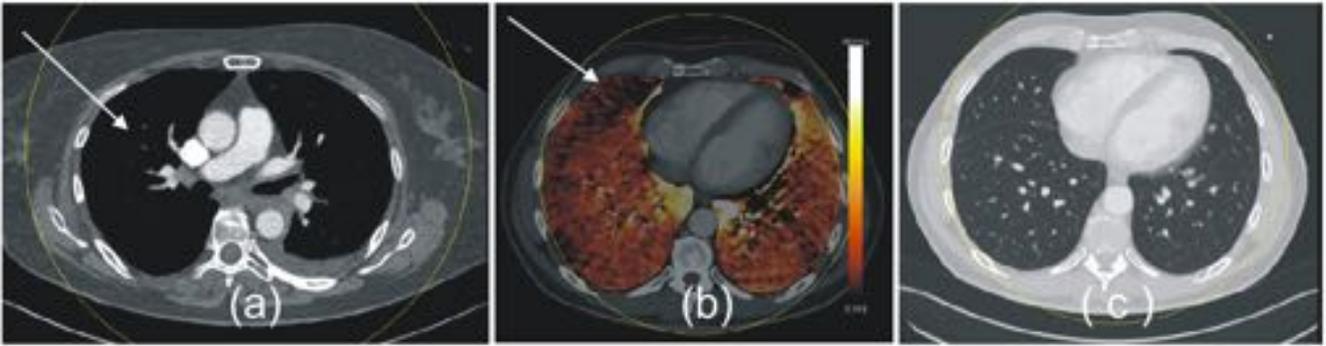


Fig. 8: Embolismo periférico. (a)Reconstrucción en axial de la angio-TC que muestra un defecto de repleción en una arteria sub-segmentaria del LM (flecha). (b)El mapa de perfusión pulmonar muestra un área de hipoperfusión de distribución sub- segmentaria en el LM (flecha). En este caso, gracias al mapa de yodo se identificó retrospectivamente el trombo sub-segmentario que se había pasado por alto en la angio- TC. (c) Con la ventana de pulmón no se identifican alteraciones en el parénquima pulmonar.

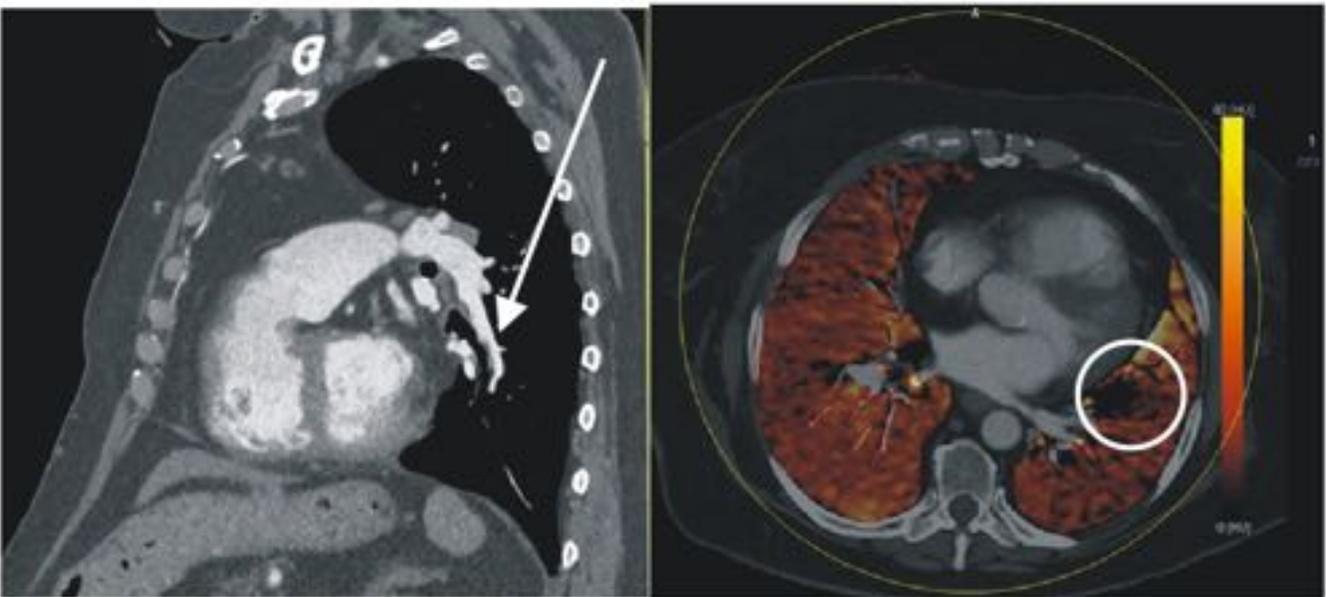


Fig. 9: TEP crónico. (a) Reconstrucción en sagital de la angio-TC pulmonar que muestra un trombo mural en la arteria del lóbulo inferior izquierdo (flecha). (b) La correspondiente reconstrucción en axial del mapa de yodo muestra un defecto de perfusión en el lóbulo inferior izquierdo (círculo), indistinguible de los defectos de un TEP agudo, por lo que debe ser analizado en conjunto con los signos hallados en el estudio angiográfico.

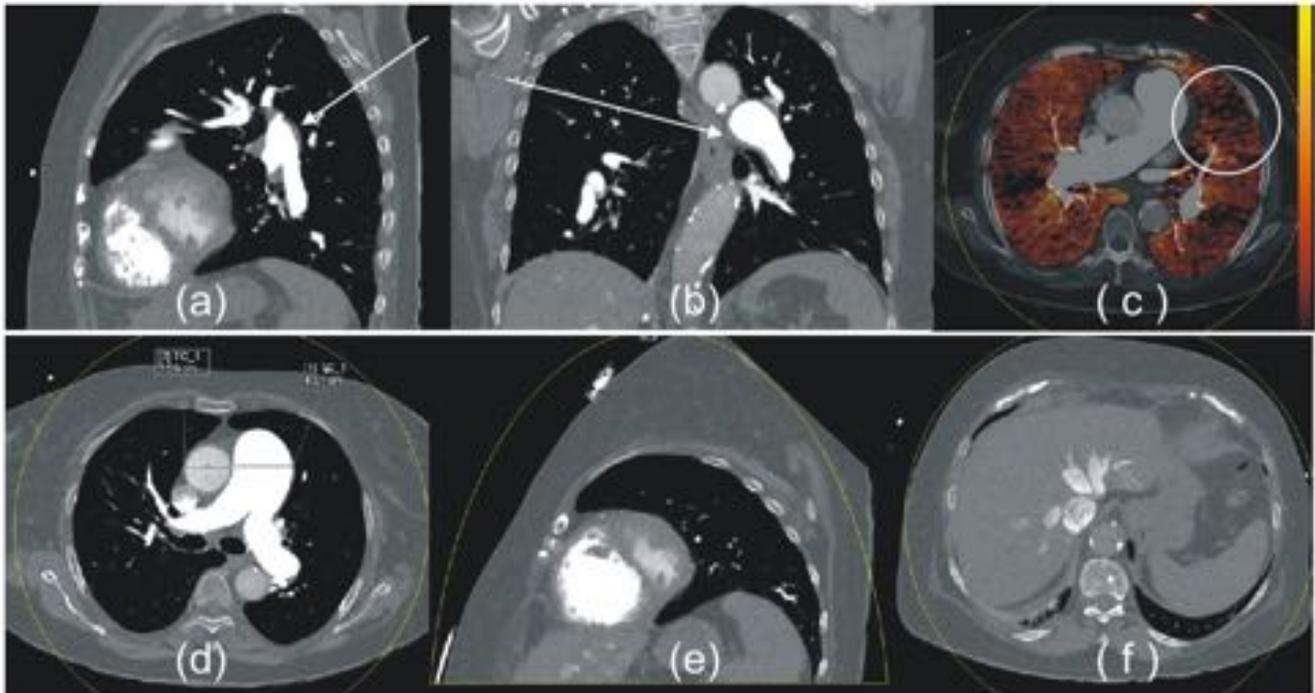


Fig. 10: HTP secundaria a TEP crónico y fallo cardiaco derecho. Reconstrucciones sagital(a) y coronal(b) que muestran un trombo mural (flechas) en la APP izquierda. El mapa de yodo(c) muestra un área de hipoperfusión focal localizado en el LSI(círculo). La angio-TC pulmonar muestra la dilatación del tronco de la arteria pulmonar(d). La hipertrofia del VD y dilatación de las cámaras derechas con inversión del septo IV pueden verse en(e). En(f) vemos el paso de contraste a VCI y VSH como signos de ICD.

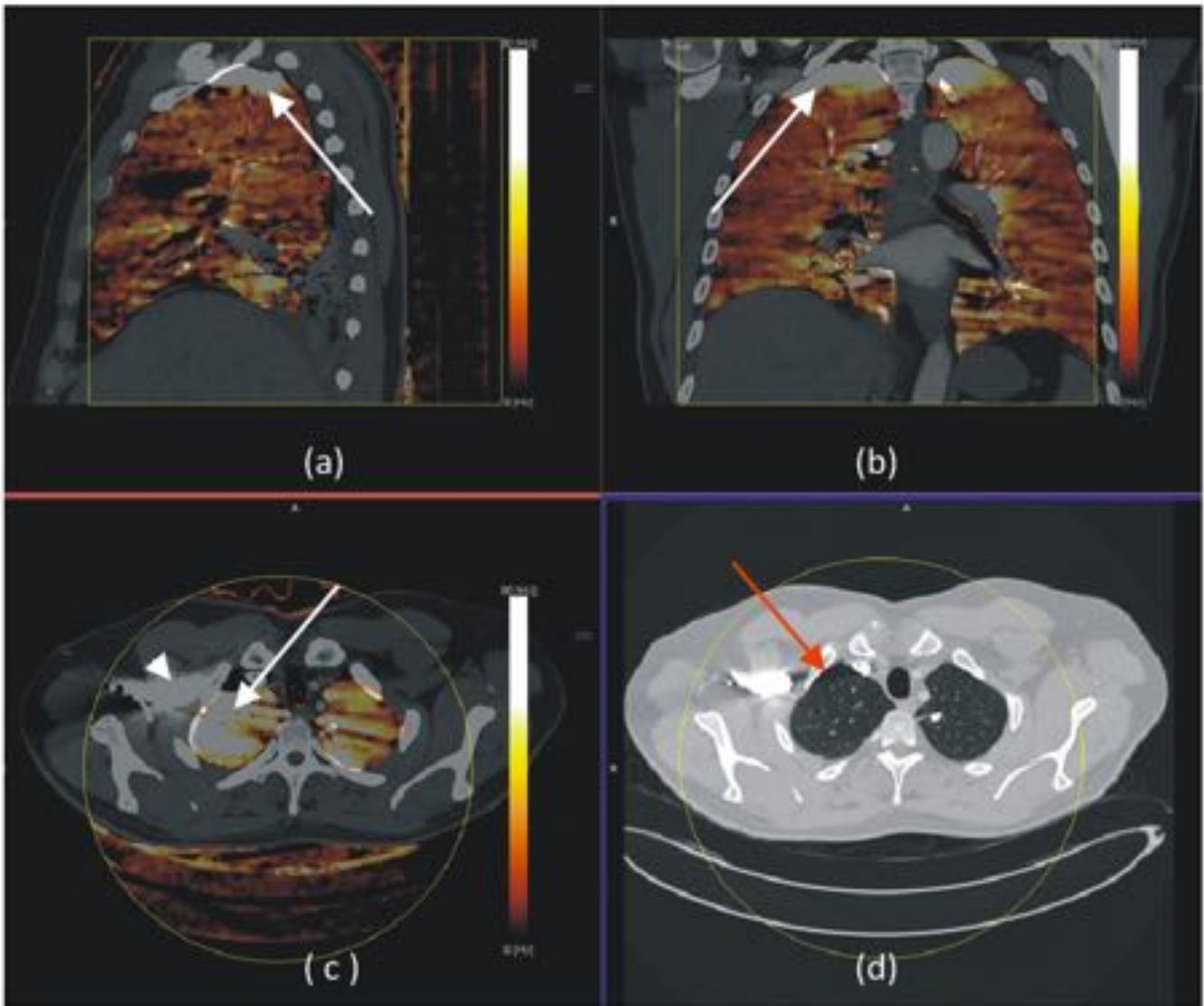


Fig. 11: Artefactos por endurecimiento del haz. (a)Reconstrucciones en sagital(a), coronal(b) y axial(c) del mapa de yodo que muestran un defecto de perfusión con morfología en banda en ambos ápex pulmonares (flechas blancas). Estos defectos son debidos a la presencia de material de contraste sin diluir en la vena subclavia derecha (cabeza de flecha). (d)En la reconstrucción axial de la angio-TC con ventana de pulmón se identifica una banda de baja atenuación (flecha roja) en ambos ápex pulmonares.

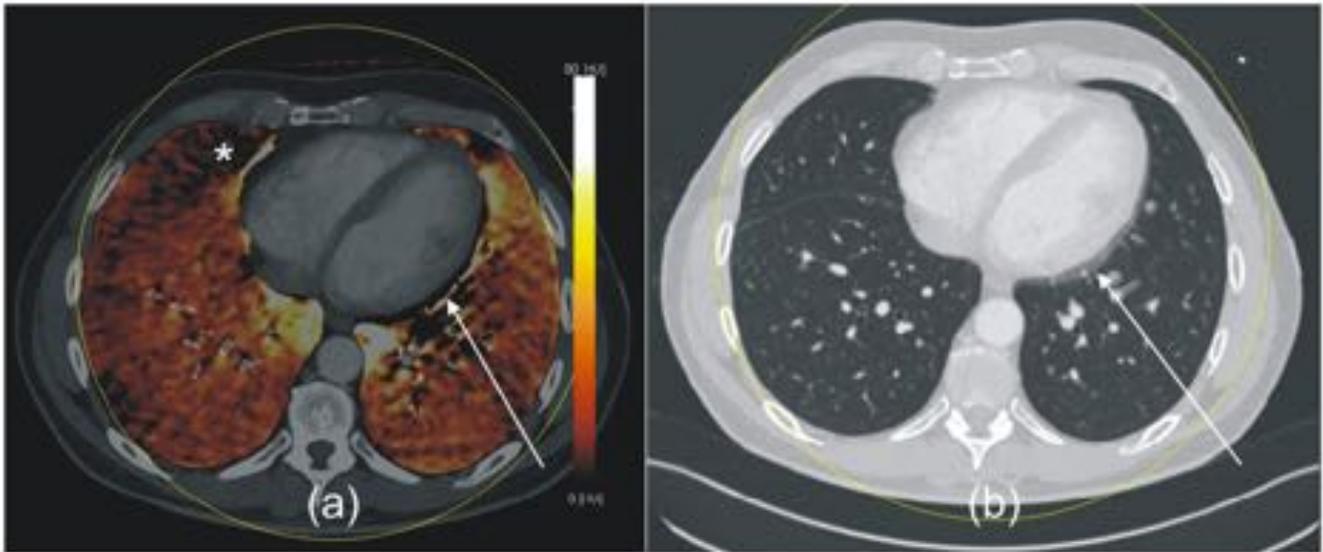


Fig. 12: Artefacto de latido. (a) El mapa de yodo muestra un defecto focal de perfusión en el lóbulo medio (asterisco) y en la língula (flecha) que no se asocian a TEPA. (b) En la reconstrucción en axial de la angio-TC pulmonar con ventana de pulmón se observa la imagen de doble contorno (flecha) rodeando las cámaras cardíacas izquierdas secundaria al artefacto por el movimiento cardíaco.



Fig. 13: Artefacto por movimiento diafragmático. Reconstrucciones en axial (a) y coronal (b) del mapa de perfusión pulmonar que muestran un defecto focal de yodo en ambas bases pulmonares (flechas). Se visualiza una línea blanca adyacente al contorno diafragmático con morfología de semiluna. La reconstrucción en axial de la angio-TC (c) con ventana de pulmón muestra el doble contorno en el borde diafragmático sugestivo de artefacto por el movimiento respiratorio diafragmático (flechas).

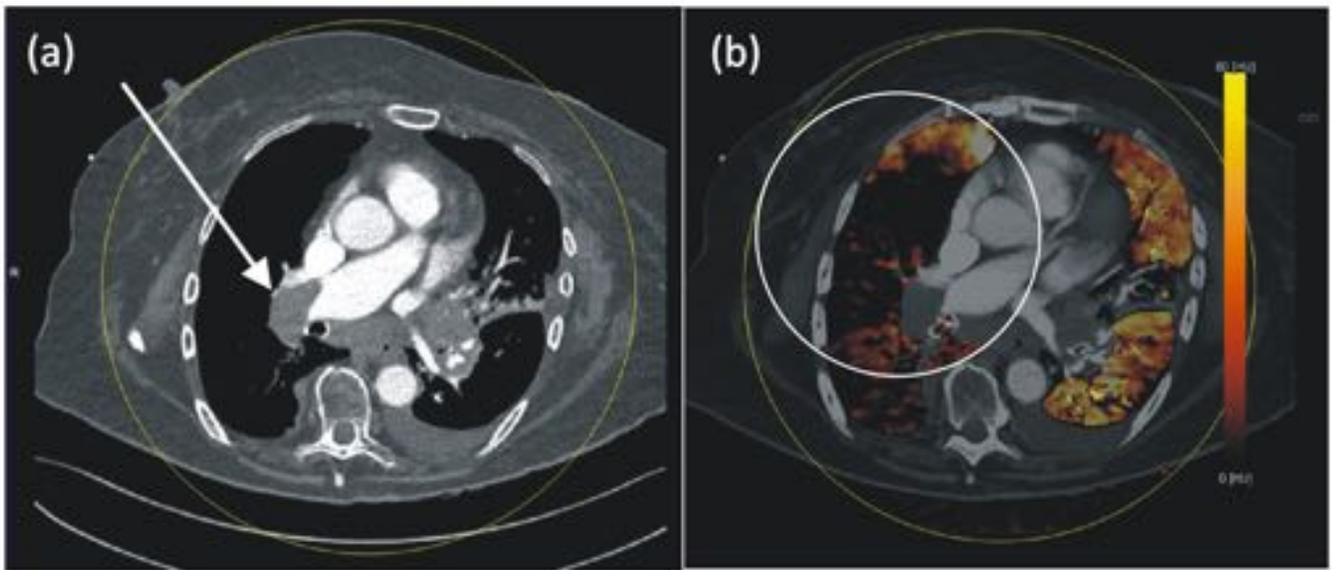


Fig. 14: Defecto de perfusión en el mapa de yodo debido a la presencia de una masa hiliar derecha. En la reconstrucción en axial de la angio-TC pulmonar con ventana de mediastino (a) se identifica la presencia de una masa hiliar derecha que invade la arteria pulmonar derecha (flecha) que condiciona un área de hipoperfusión en el lóbulo superior derecho en el mapa de perfusión pulmonar (b) (círculo).

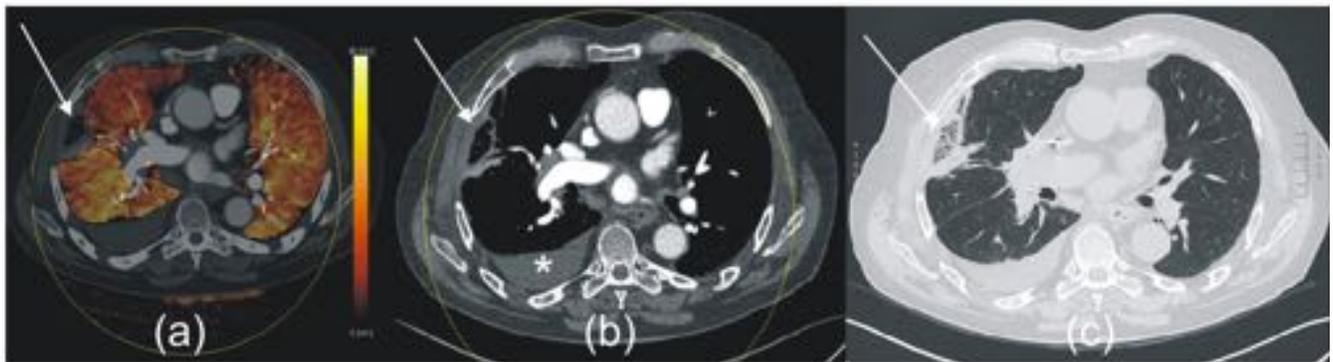


Fig. 15: Defecto de perfusión en el mapa de yodo debido a la presencia de una masa hiliar derecha. Podemos identificar en los cortes axiales de la angio-TC con ventana de pulmón (a) y ventana de mediastino (b), la presencia de una masa que invade el hilio pulmonar derecho (flecha roja), lo que resulta en una disminución de la perfusión en el lóbulo superior derecho reflejada en el mapa de color (c) (círculo) y (d).

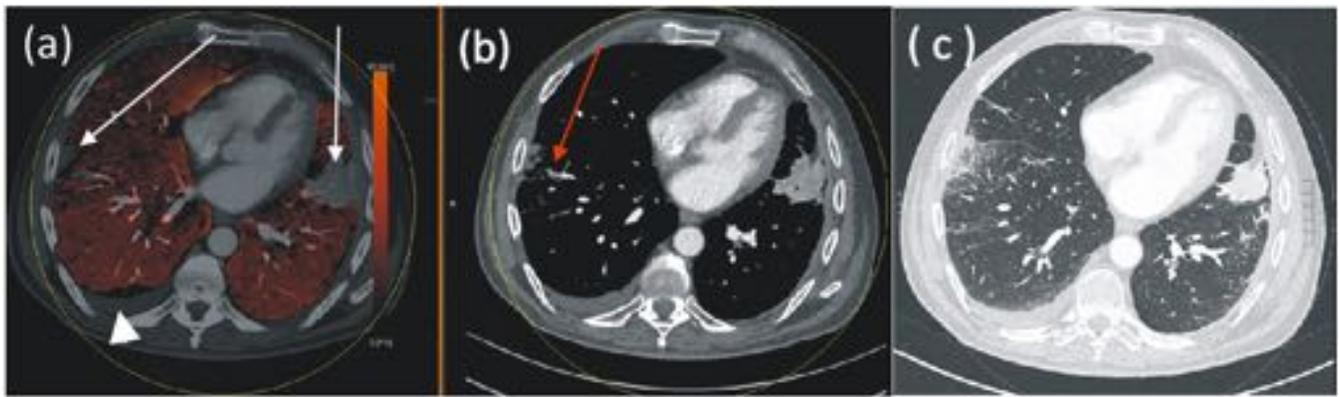


Fig. 16: Atelectasia e infarto pulmonar. En el mapa de yodo (a) se identifican dos áreas de hipoperfusión en el LII y en LID (flechas). La angio-TC pulmonar con ventana de mediastino (b) y de pulmón (c) muestra una atelectasia en el LII y un infarto pulmonar en el LID. En (b) vemos el defecto de repleción en una rama subsegmentaria del LID compatible con TEPA (flecha roja). Nótese la presencia de un derrame pleural derecho representado como un defecto de perfusión en el mapa de yodo (a) (cabeza de flecha).

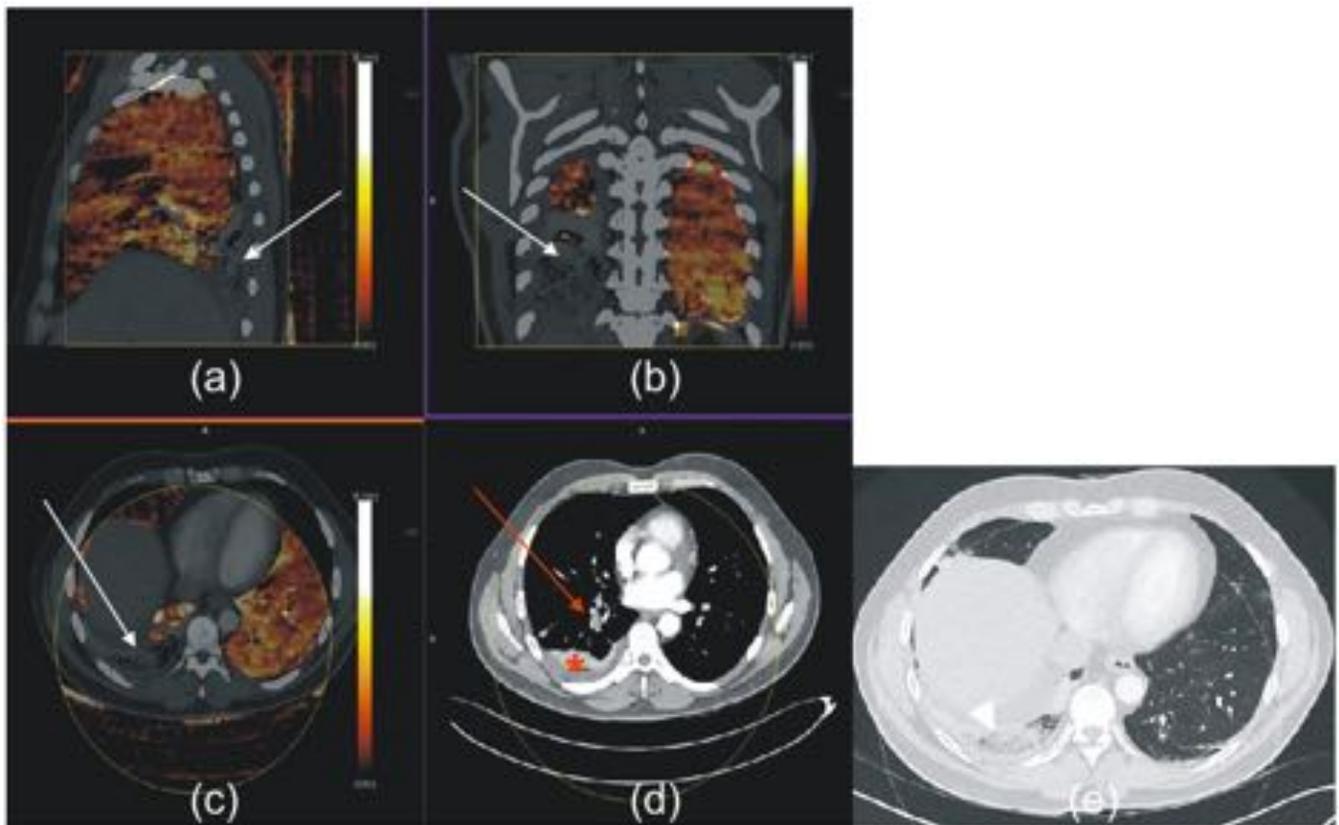


Fig. 17: Infarto pulmonar. Las imágenes (a), (b) y (c) del mapa de yodo muestran un defecto de perfusión en LID secundario a un infarto pulmonar (flecha blanca). La angio-TC con ventana de mediastino (d) muestra el defecto de repleción en una rama segmentaria del LID (flecha roja) y en (e) vemos el infarto pulmonar en el LID (cabeza de flecha). Nótese en LID la ausencia de perfusión en relación con atelectasia (*). Nótese en (c) el círculo amarillo que delimita el límite del campo de la reconstrucción con ED.

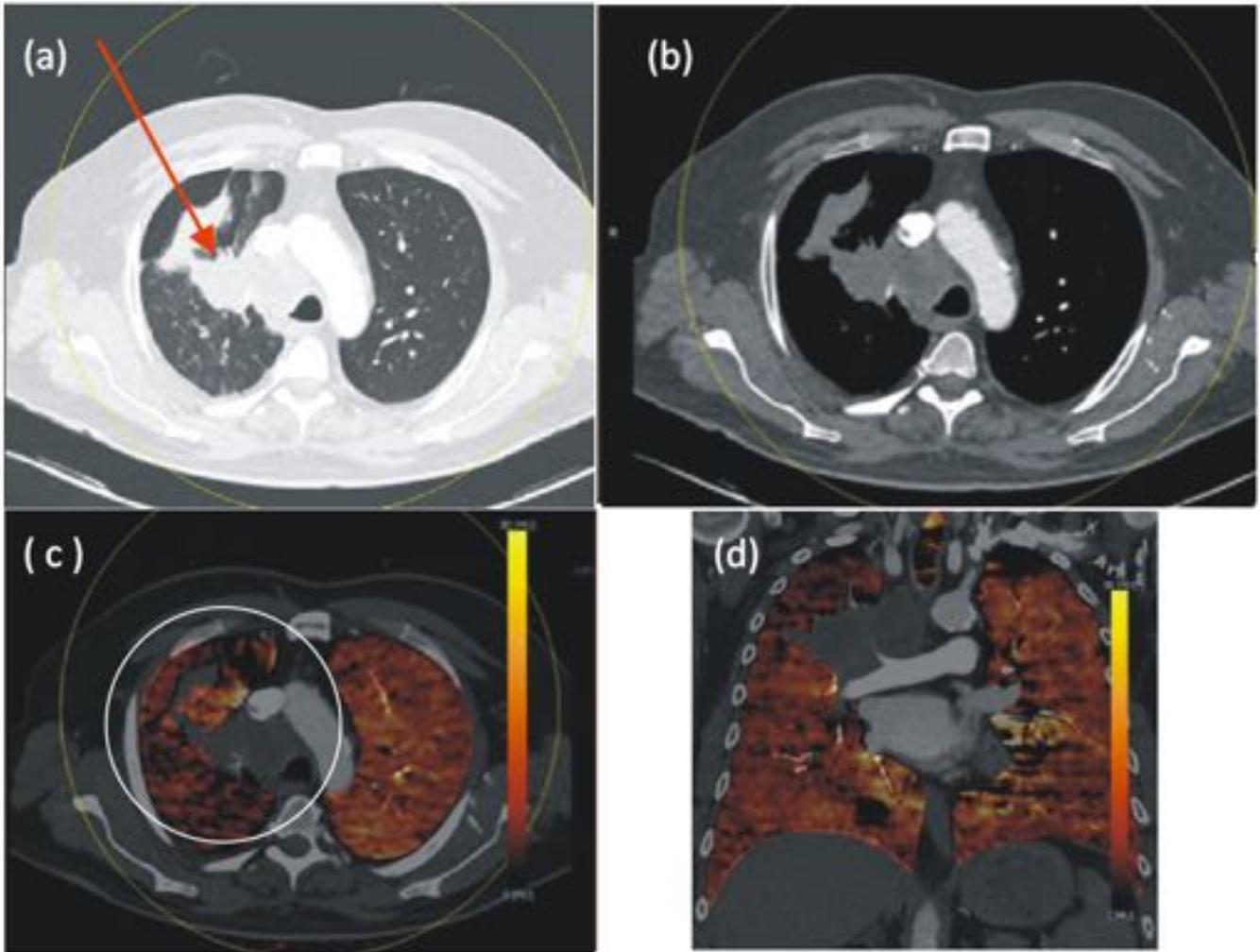


Fig. 18: Infarto pulmonar. (a) Mapa de perfusión pulmonar que muestra un área de hipoperfusión en el LM secundario a infarto pulmonar (flecha). (b) El corte axial de la angio-TC pulmonar con ventana de mediastino muestra el defecto de repleción localizado en una arteria segmentaria del LM (flecha). (c) La angio-TC pulmonar con ventana de pulmón muestra el infarto parenquimatoso en el LM (flecha). Nótese en la base pulmonar derecha la ausencia de perfusión en relación con derrame pleural derecho (*).



Fig. 19: Defecto de yodo focal secundario a infarto pulmonar. (a) El mapa de perfusión pulmonar muestra un área de hipoperfusión en el LID secundario a infarto pulmonar (flecha). (b) La angio-TC pulmonar con ventana de mediastino muestra el defecto de repleción localizado en una arteria sub-segmentaria del LID (flecha). (c) La reconstrucción con ventana de pulmón muestra un aumento de densidad de morfología triangular con base periférica en el LID, en relación con infarto parenquimatoso (flecha).

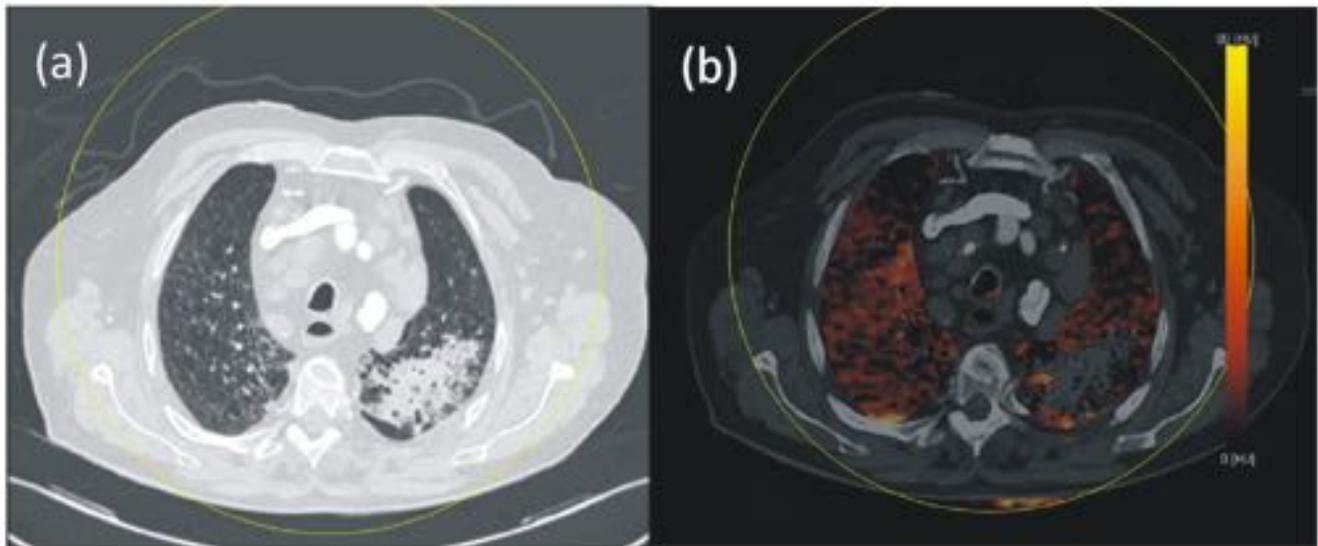


Fig. 20: Paciente con neumonía en el lóbulo superior izquierdo. (a) En el corte axial de la angio-TC pulmonar con ventana de pulmón se identifica una consolidación en el lóbulo superior izquierdo. (b) En el mapa de perfusión pulmonar se identifica el defecto de perfusión pulmonar correspondiente en el lóbulo superior izquierdo.

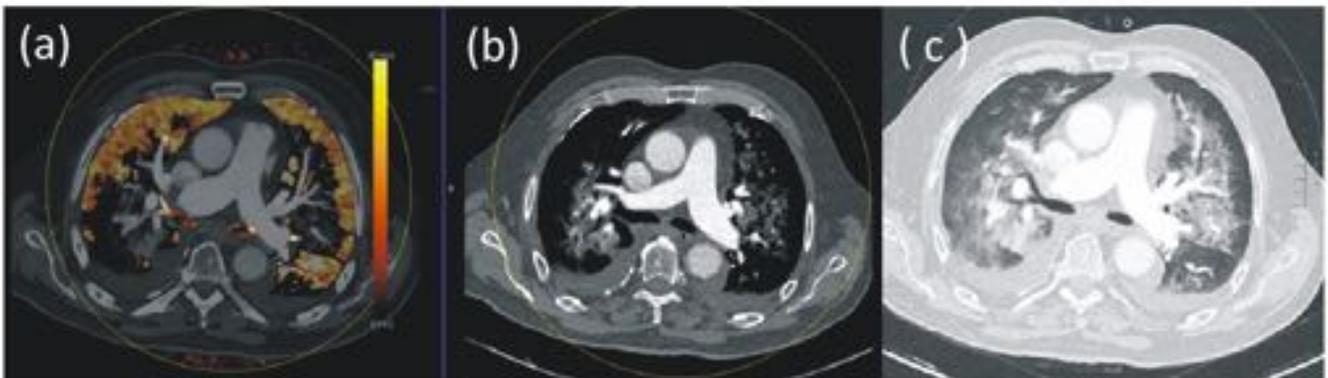


Fig. 21: Paciente con fallo cardiaco. (a) Reconstrucción en axial del mapa de perfusión pulmonar que muestra áreas de hipoperfusión pulmonar parcheadas bilaterales. Cortes axiales de la angio-TC con ventana de mediastino (b) y de pulmón (c) que muestran áreas parcheadas bilaterales de patrón en vidrio deslustrado secundarias a edema y derrame pleural bilateral, correspondientes a las áreas de pseudo-defectos de perfusión vistas en el mapa de color (a).

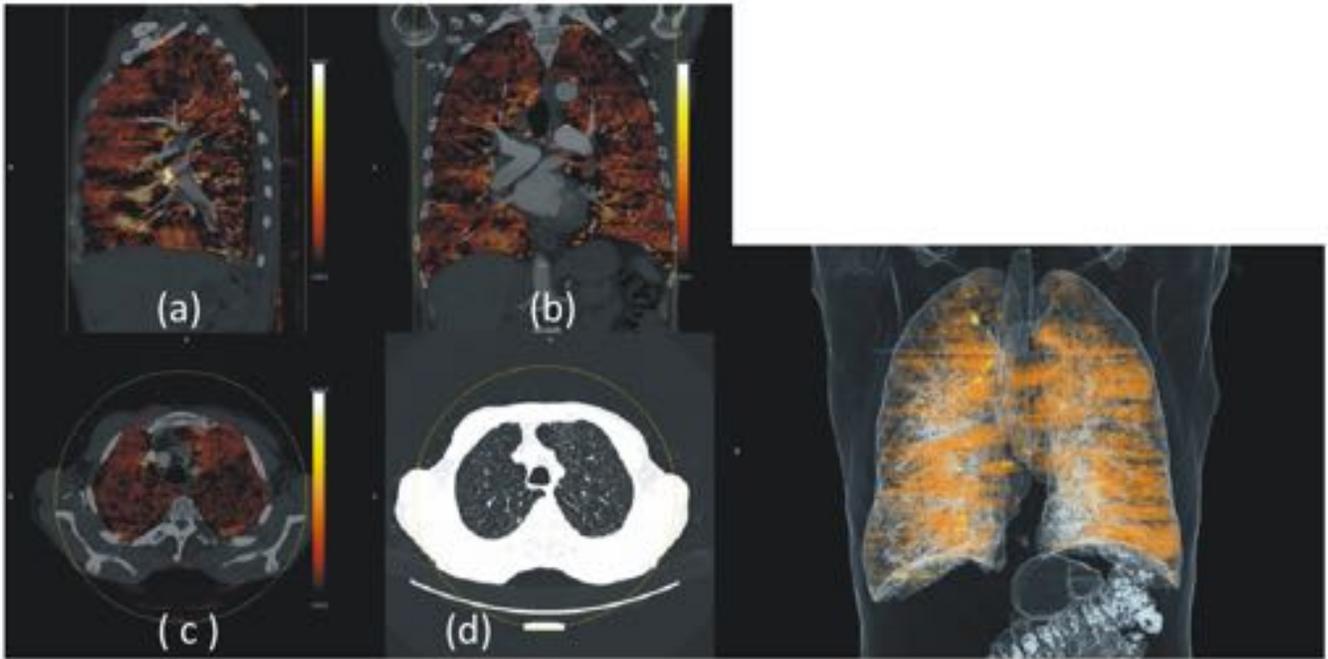


Fig. 22: Defecto de perfusión visualizado en el mapa de yodo debido a la presencia de enfisema. Reconstrucciones en sagital (a), coronal (b) y axial (c) del mapa de yodo pulmonar muestran un realce heterogéneo del parénquima pulmonar debido a la presencia de enfisema, ya visualizado previamente en el corte axial con ventana de pulmón de la angio-TC pulmonar (d).

Conclusiones

La técnica de energía dual cuando se sospecha un tromboembolismo pulmonar permite la valoración simultánea del trombo en la arteria y la perfusión del parénquima, sin una exposición extra a la radiación (la dosis de radiación utilizada en la TCED es equivalente a la de la TC convencional). En casos de presencia de TEPA y en combinación con la angio-TC, aumenta la detección de pequeños embolismos distales.

Los defectos focales de yodo en el mapa de perfusión pulmonar de causa no- embólica, se identifican frecuentemente en la TCED. El conocimiento de estos defectos no embólicos nos ayuda a una mejor interpretación de la TC con energía dual. Las causas más frecuentes de estos defectos son los debidos a artefactos por el endurecimiento del haz o artefactos por movimiento, así como los secundarios a la presencia de lesiones paraneumáticas. Conociendo su localización y su morfología característica, debemos ser capaces de diferenciarlos de aquellos secundarios a la presencia de tromboembolismo pulmonar.

Bibliografía / Referencias

1. C. Delgado Sánchez-Gracián, C. Martínez Rodríguez y C. Trinidad López. La tomografía

- computarizada de doble energía: ¿para qué la quiero?. Radiología SERAM 2012.
2. M. Roibás Urraca; Madrid/ES. Energía dual TC: fundamentos técnicos y aplicaciones clínicas. 10.1594/seram2012/S-1323. SERAM 2012.
 3. A. C. Bustos Fiore, C. Trinidad, M. González Vázquez, A. Grande Astorquiza, R. Oca Pernas, A. Fernandez del Valle; Vigo/ES. Defectos de perfusión en el mapa de Iodo pulmonar: Causas y semiología. 10.1594/seram2014/S-0856. SERAM 2014.
 4. M.A. Sánchez Nistal. ACTUALIZACIÓN. Hipertensión pulmonar: aportación de la TCMD al diagnóstico de sus distintos tipos. 2010 SERAM. doi:10.1016/j.rx.2010.05.012
 5. Mi-Jin Kang, Chang Min Park, Chang-Hyun Lee, Jin Mo Goo, Hyun Ju Lee. Focal Iodine Defects on Color-Coded Iodine Perfusion Maps of Dual-Energy Pulmonary CT Angiography Images: A Potential Diagnostic Pitfall. AJR 2010; 195:W325-W330.
 6. G-M Lu, S-Y Wu, B M Yeh and L-J Zhang. PICTORIAL REVIEW. Dual energy computed tomography in pulmonary embolism. The British Journal of Radiology, 83 (2010), 707-718.
 7. Edward T. D. Hoey, Deepa Gopalan, Nicholas J. Screatton. Dual-Energy CT Pulmonary Angiography: A New Horizon in the Imaging of Acute Pulmonary Thromboembolism. AJR 2009; 192:W341-W342 0361-803X/09/1926-W341.
 8. Claudia Grosse, Alessandra Grosse. CT Findings in Diseases Associated with Pulmonary Hypertension: A Current Review. RadioGraphics 2010; 30:1753-1777.
 9. Elena Peña, Carole Dennie, John Veinot, Susana Hernández Muñiz. Pulmonary Hypertension: How the Radiologist Can Help. RadioGraphics 2012; 32:9-32.
 10. Seyed Ameli-Renani, Farzana Rahman, Arjun Nair, Laurie Ramsay, Jenny Louise Bacon, Alex Weller, Heminder K. Sokhi, Anand Devaraj, Brendan Madden, Ioannis Vlahos. Dual-Energy CT for Imaging of Pulmonary Hypertension: Challenges and Opportunities. RadioGraphics 2014; 34:1769-1790.
 11. Guang Ming Lu, Yan'E Zhao, Long Jiang Zhang and U. Joseph Schoepf. Dual Energy CT of the Lung. American Journal of Roentgenology 2012 199:5_supplement, S40-S53.
 12. Mi-Jin Kang, Chang Min Park, Chang-Hyun Lee, Jin Mo Goo and Hyun Ju Lee. Dual-Energy CT: Clinical Applications in Various Pulmonary Diseases. Radiographics 2009.
 13. Guang Ming Lu, Yan'E Zhao, Long Jiang Zhang and U. Joseph Schoepf. Dual- Energy CT of the Lung. American Journal of Roentgenology. 2012;199: S40- S53. 10.2214/AJR.12.9112.