

Cómo informar un TEP (angioTC de arterias pulmonares) de manera brillante 2.0: La era del TC espectral

Marta Coma García¹, César Álvarez Fernández¹, Juan Antonio Morbelli¹, María Ángeles Luceño Ros¹, María Covadonga Álvarez Fernández¹, Beatriz Alonso Peña¹, Juan Ignacio López Fernández¹, Uxía Sobrino Castro¹

¹Complejo Asistencial Universitario de León, León.

OBJETIVOS

- Este trabajo pretende establecer una guía estructurada, completa y sencilla para que cualquier radiólogo general pueda afrontar de manera brillante un estudio de TEP actualizado a los tiempos modernos, donde cobra relevancia el TC espectral.

REVISIÓN DEL TEMA

I. INTRODUCCIÓN

El tromboembolismo pulmonar (TEP) es una patología con elevada incidencia (69/100.000 habitantes) y, por ello, el angioTC de arterias pulmonares constituye un estudio habitual en la asistencia del radiólogo de guardia.

Es fundamental la realización de un diagnóstico adecuado ya que es una patología con una mortalidad del 90% en pacientes no diagnosticados vs 10% en pacientes tratados.

La prueba de elección es el angioTC de arterias pulmonares, una prueba rápida, de amplia disponibilidad y no invasiva. Presenta una sensibilidad del 83-100%, especificidad del 89-97% y VPN elevado (98%). Además, permite valorar diagnósticos alternativos.

El informe radiológico debería incluir datos relativos al diagnóstico y pronóstico, facilitando de ese modo la toma de decisiones terapéuticas y el control radiológico posterior.

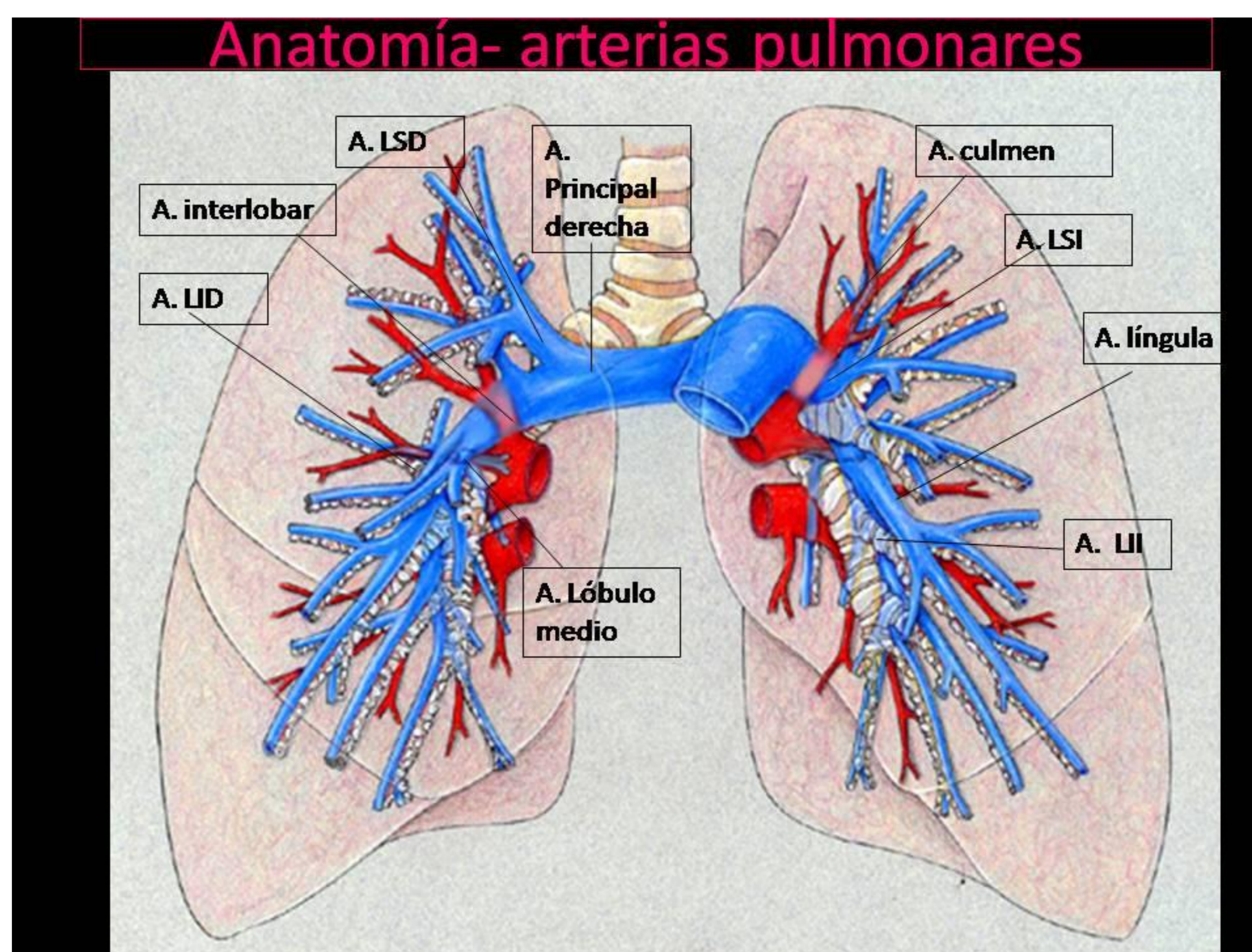
PROTOCOLO:

- Consentimiento informado
- Paciente en decúbito supino con los brazos extendidos sobre la cabeza
- Contraste IV: vía antecubital 20G. 50 ml con flujo de 4 ml/s y lavado posterior con 30 ml de SSF.
- kV: en función del peso del paciente: 80kV: < 70kg, 100kV: 70-100kg, 120kV: >100kg
- Retardo de 6s con técnica de bolus tracking – ROI en arteria pulmonar a 100 UH.
- Barrido en dirección caudo-craneal con respiración suspendida (NO inspiración profunda: dilución contraste en AD).
- Reconstrucciones: importancia del algoritmo de reconstrucción (20f mediastino y 60f pulmón), con reconstrucción fina de la ventana de mediastino (1mm/0,7mm).
- Opcional: Estudio secuencial de EEII hasta poplíteas, con retardo de 3 minutos. Añadir otros 50 ml de contraste IV en una 2ª inyección.

REVISIÓN DEL TEMA

II. ANATOMÍA

Es importante conocer la anatomía del árbol arterial pulmonar: Facilita la descripción de los hallazgos, la valoración de su extensión y su seguimiento.

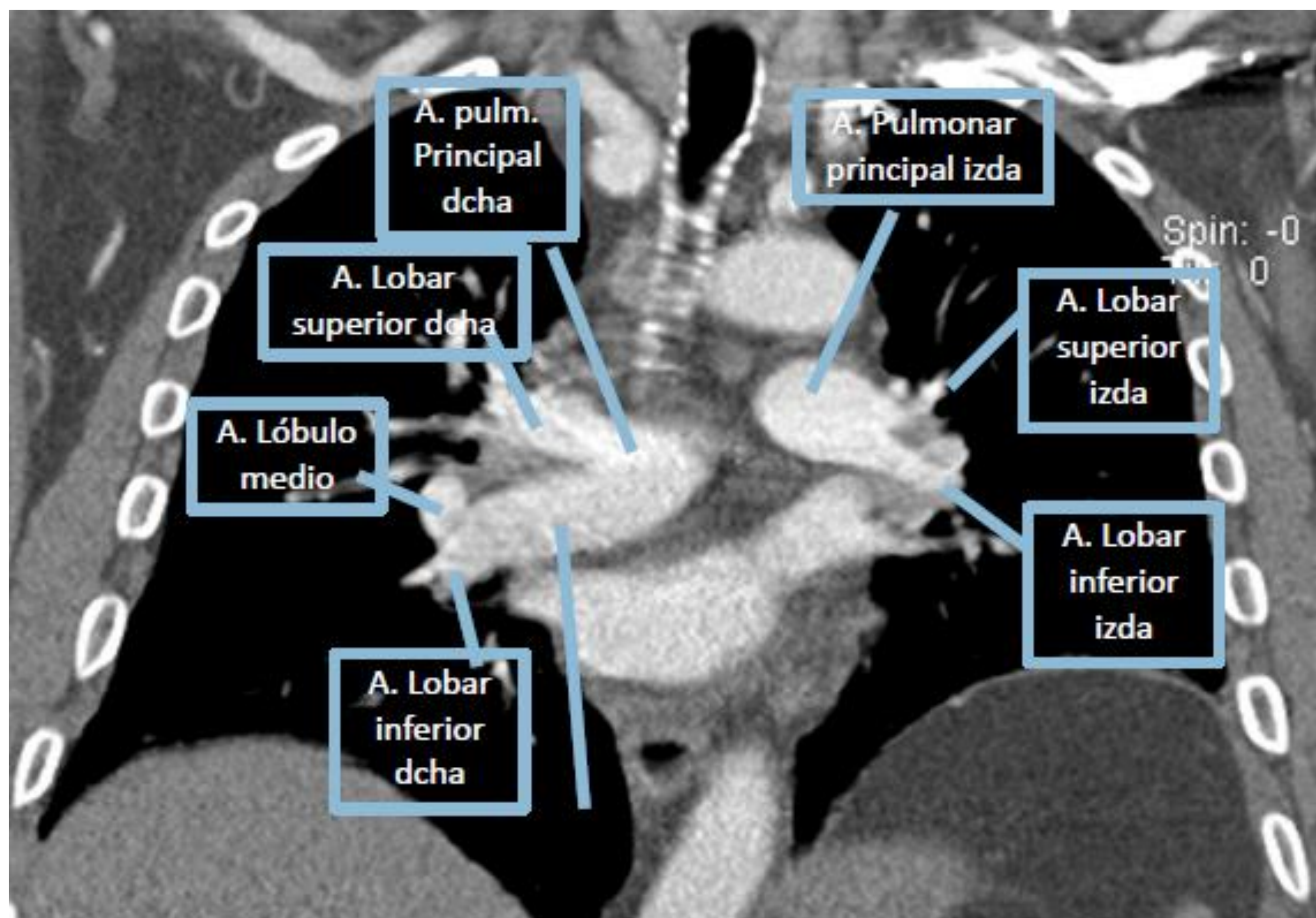


Del VD sale el cono de la arteria pulmonar, que se divide en las dos ramas principales: derecha e izquierda.

Pulmón derecho: de la arteria principal derecha sale en primer lugar la arteria lobar superior, que da 3 arterias segmentarias: apical, anterior y posterior. Tras la salida de ésta se continúa como arteria interlobar, que dará las lobares del LM e inferior. La lobar del LM da 2 segmentarias: medial y lateral. La lobar inferior da 5 segmentarias: en primer lugar la apical del LID y posteriormente las que conforman la pirámide basal: anterior, posterior, medial y lateral.

Pulmón izquierdo: la arteria principal izquierda da lugar a las lobares superior e inferior. La lobar superior se divide en una rama para el culmen y otra para la língula. La arteria del culmen da 2 ramas segmentarias: anterior y ápico-posterior, siendo las ramas apical y posterior subsegmentarias. La arteria lingular da 2 ramas: superior e inferior. La arteria lobar inferior da 4 segmentarias: en primer lugar la apical del LII y posteriormente las que conforman la pirámide basal: anteromedial, posterior y lateral.

REVISIÓN DEL TEMA



AngioTC de arterias pulmonares en plano coronal mostrando la anatomía básica del árbol arterial pulmonar.

REVISIÓN DEL TEMA

III. ESTUDIO CLÁSICO

Aspectos a valorar:

1. Presencia de TEP
2. Cronología
3. Extensión
4. Parénquima pulmonar
5. Repercusión



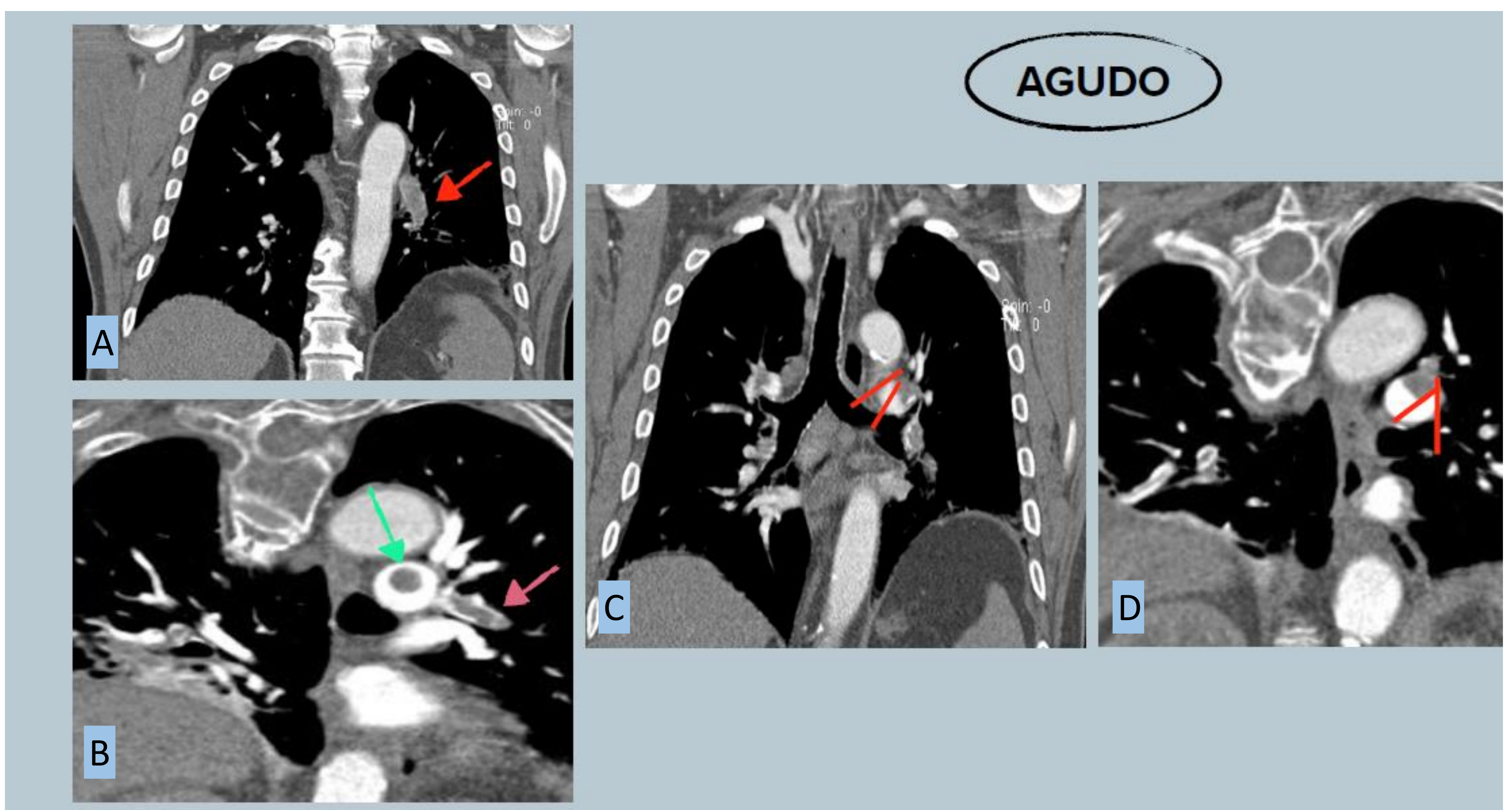
Defecto de repleción en arteria pulmonar principal derecha compatible con TEP.

REVISIÓN DEL TEMA

CRONOLOGÍA:

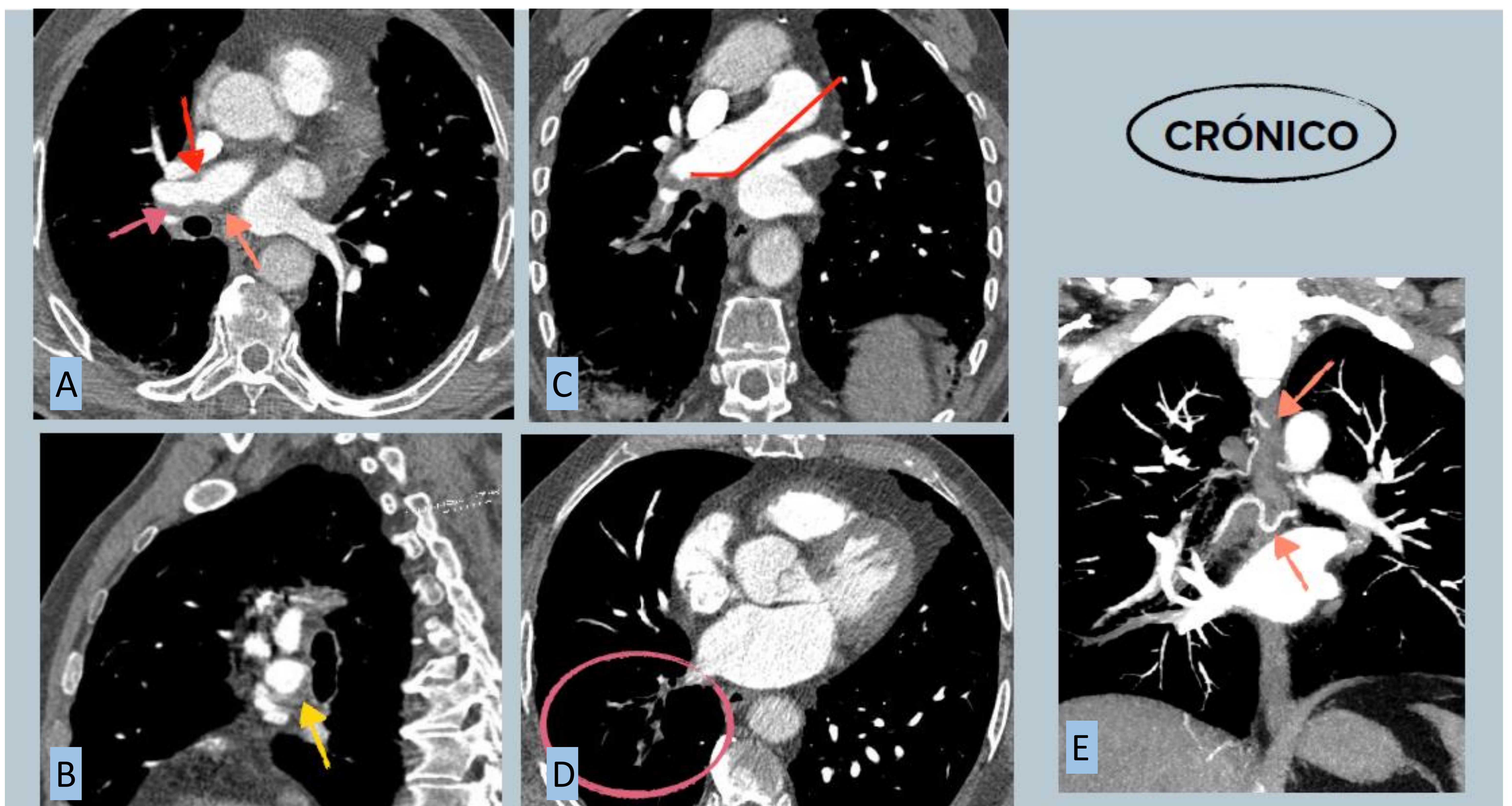
- Agudo:
 - Localización central
 - Ocupan la práctica totalidad de la luz
 - Aumentan el calibre del vaso
 - Puede haber paso de contraste en la periferia de forma concéntrica
 - Si localización excéntrica: ángulo agudo con la pared del vaso
- Crónico:
 - Completo o parcial
 - Si **completo**: disminución de calibre y atrofia vascular
 - Si **parcial**: periferia del vaso; ángulo obtuso
 - Cambios de calibre
 - Puede calcificar
 - Membranas intraarteriales (bandas o webs)
 - Hipertrofia de las arterias bronquiales

REVISIÓN DEL TEMA



TEP agudo: A) Defecto de repleción ocupando la práctica totalidad de la luz del vaso, que se encuentra dilatado. B) Defecto de repleción de localización central (flecha verde: vaso dilatado en eje transversal; flecha roja: vaso dilatado en eje longitudinal). C y D) Ángulo agudo con la pared del vaso.

REVISIÓN DEL TEMA



TEP crónico: A) Defecto de repleción periférico. B) Corte sagital. C) Ángulo obtuso con la pared del vaso. D) Disminución de calibre y atrofia vascular. E) Hipertrofia de arterias bronquiales.

REVISIÓN DEL TEMA

EXTENSIÓN:

- Ramas centrales: Aa. pulmonares principales y lobares.
- Ramas periféricas: Aa. segmentarias y subsegmentarias.
- Afectación de uno o ambos hemitórax.

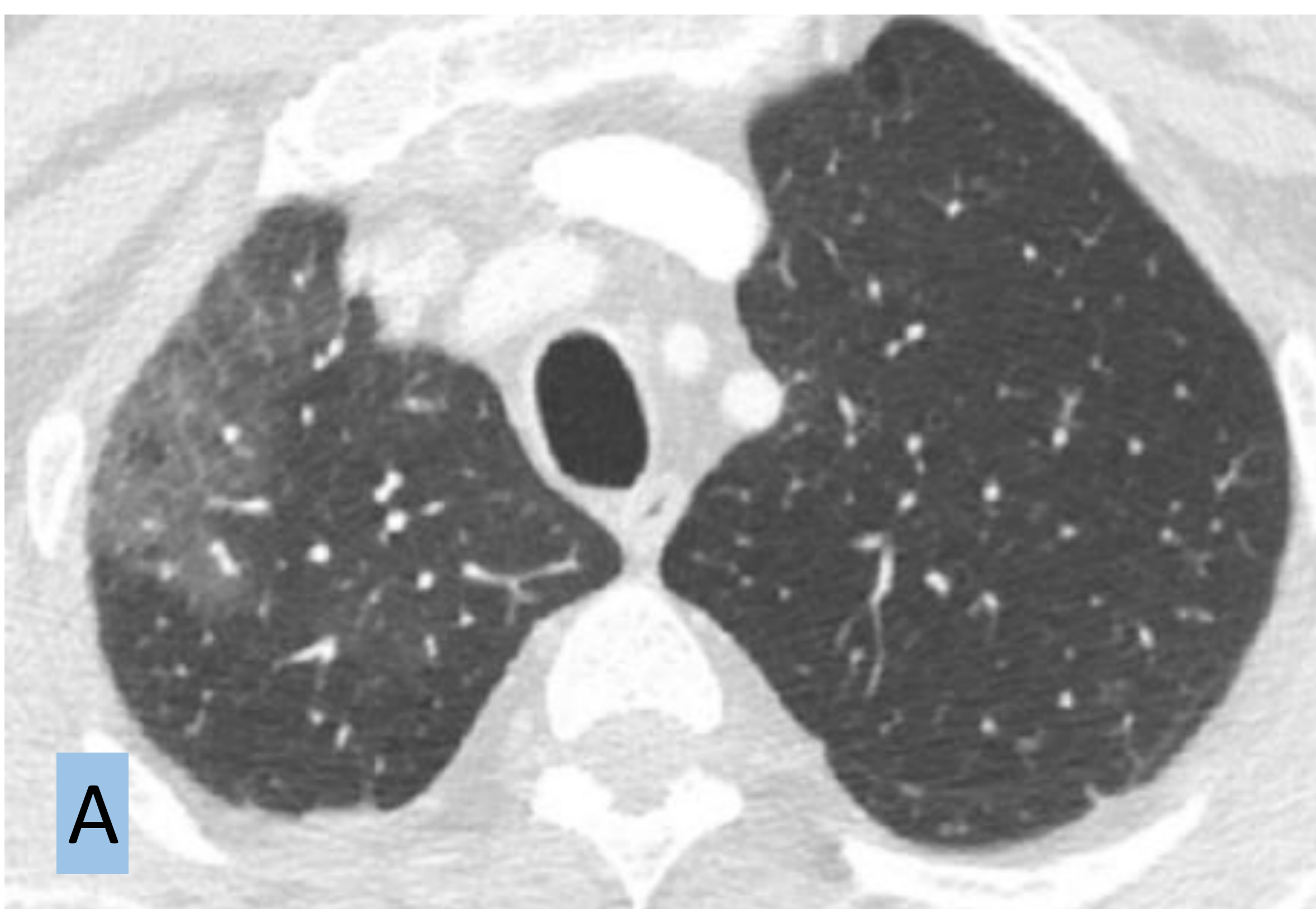
En un informe radiológico NO debe de figurar el concepto "TEP MASIVO". Es un término clínico que implica compromiso o repercusión hemodinámica.

PARÉNQUIMA PULMONAR:

En fase inicial: opacidad en **vidrio deslustrado**, segmentaria, morfología triangular y base pleural, secundaria a **hemorragia** intraparenquimatosa y/o **hipoperfusión** del parénquima circundante.

Con el paso del tiempo: **consolidación** con morfología y localización similar, compatible con **infarto** pulmonar establecido.

Con menos frecuencia, áreas de **atelectasia** por déficit de surfactante u obstrucción bronquial por coágulos.



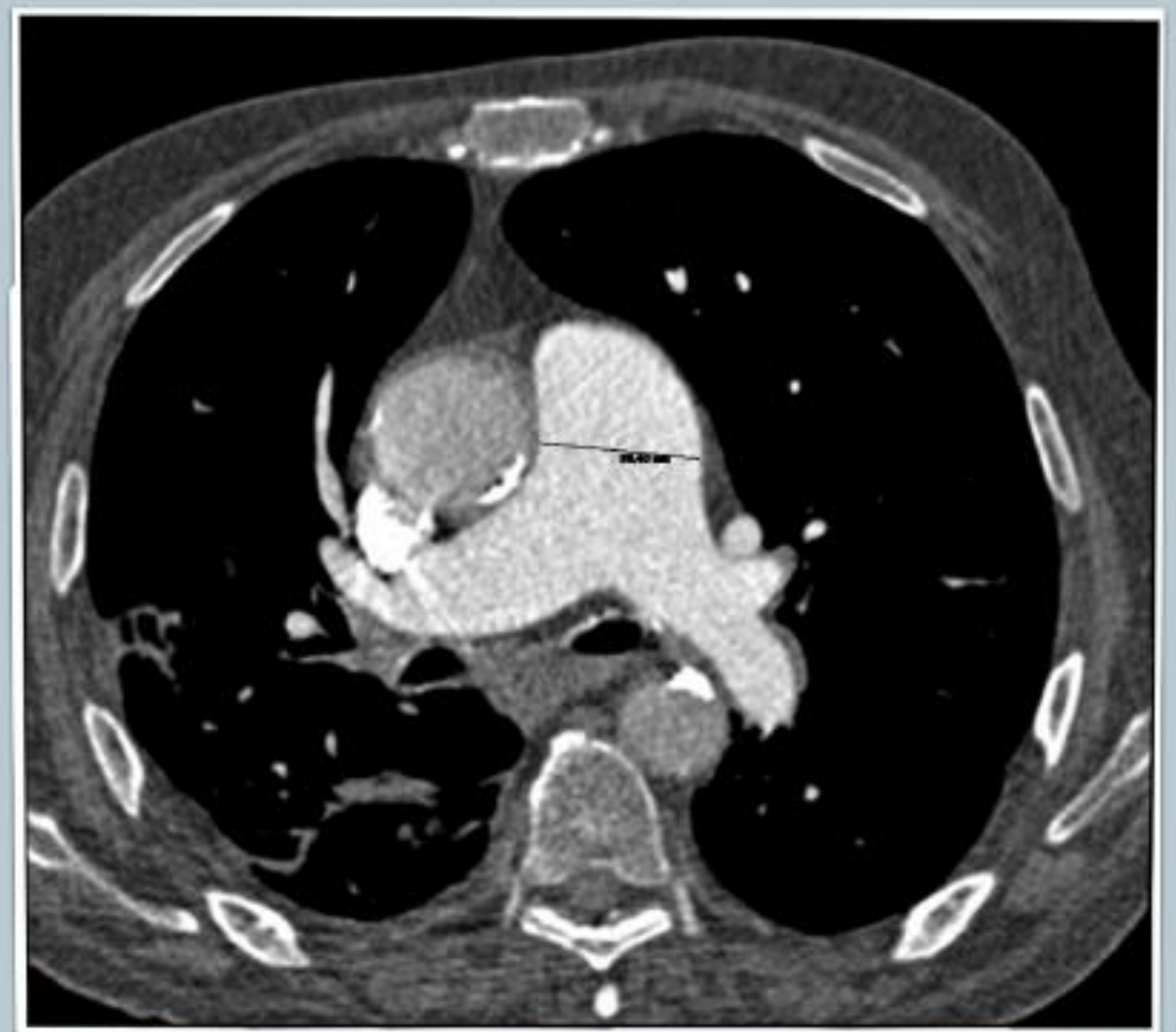
A) Vidrio deslustrado. B) Infarto pulmonar. C) Atelectasia.

REVISIÓN DEL TEMA

REPERCUSIÓN:

- Hipertensión pulmonar precapilar secundaria: gran importancia para el manejo inmediato del paciente y su pronóstico inicial. se produce por la incapacidad para distribuir la volemia de la circulación derecha y pulmón, provocando aumento de presión y consecuentemente de calibre de la arteria pulmonar. A mayor extensión del pie, HTP más frecuente y grave. Son hallazgos de HTP la dilatación del cono de arteria pulmonar ($>2,9\text{cm}$ de diámetro) o un diámetro del cono de la arteria pulmonar mayor que el de la aorta ascendente.
- Signos de sobrecarga cardíaca derecha: es el principal factor pronóstico, relacionado con una mayor morbimortalidad. Es un dato fundamental, ya que condiciona la monitorización, tratamiento y unidad de ingreso del paciente. Estos signos son el mayor volumen del VD respecto al VI, la rectificación o inversión del tabique interventricular y un aumento de espesor de la pared libre del VD ($>4\text{mm}$), aumento de calibre de la AD, reflujo de contraste a vena cava inferior y suprahepáticas y dilatación del seno coronario ($>11\text{mm}$).

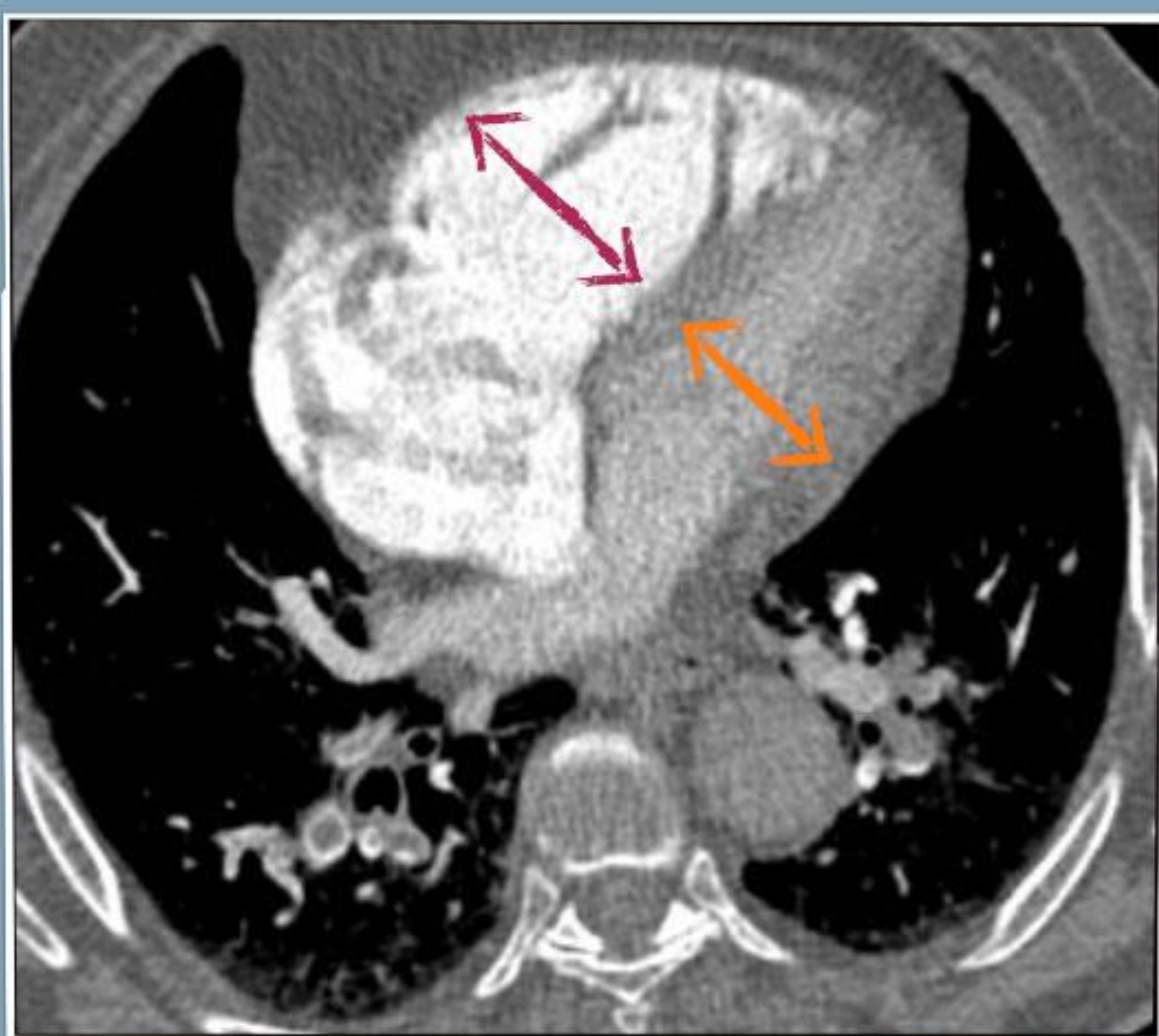
Cono de la A. Pulmonar $> 2,9\text{ cm}$



Ratio APulm /AoAs > 1

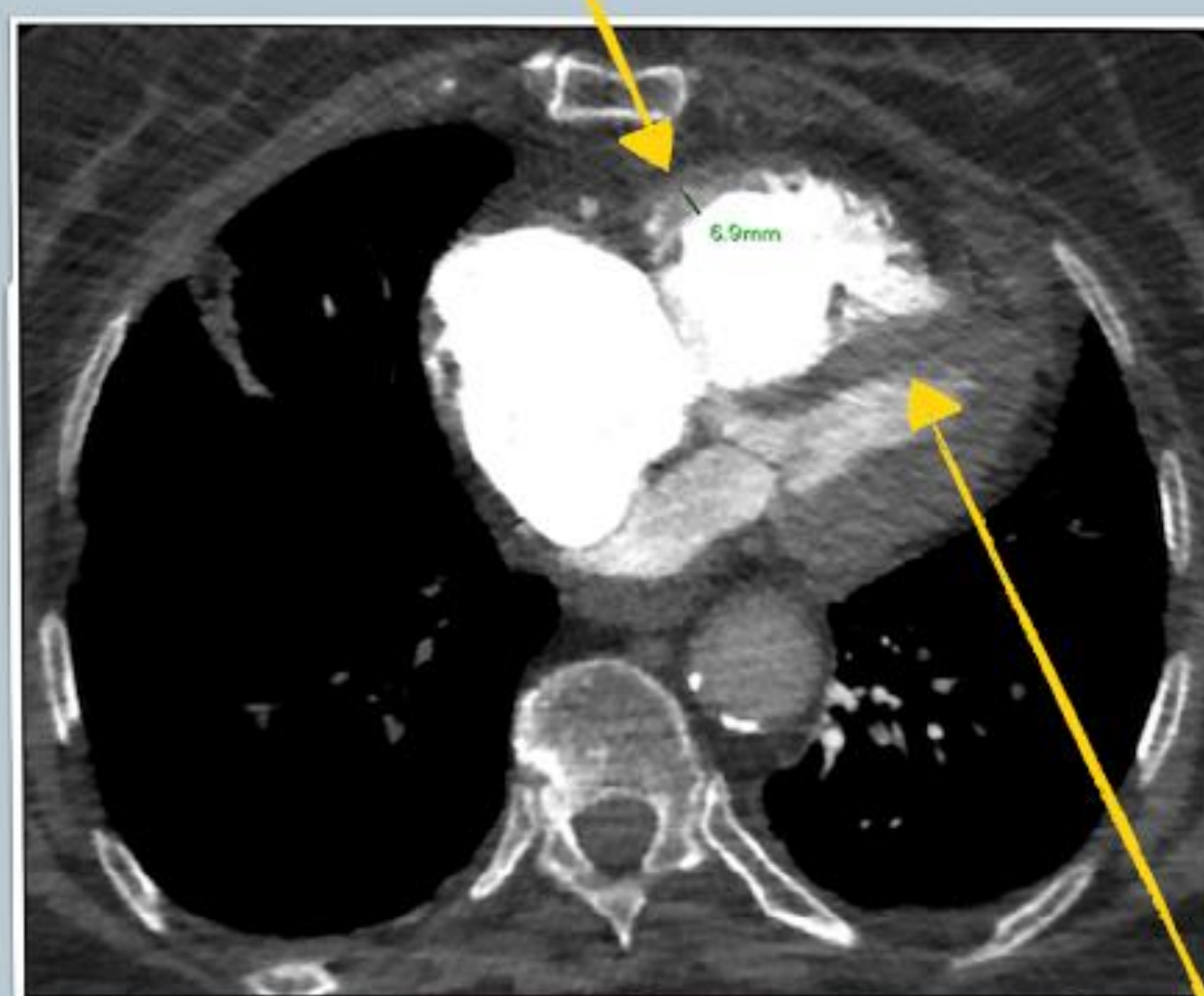
Signos de hipertensión pulmonar.

REVISIÓN DEL TEMA

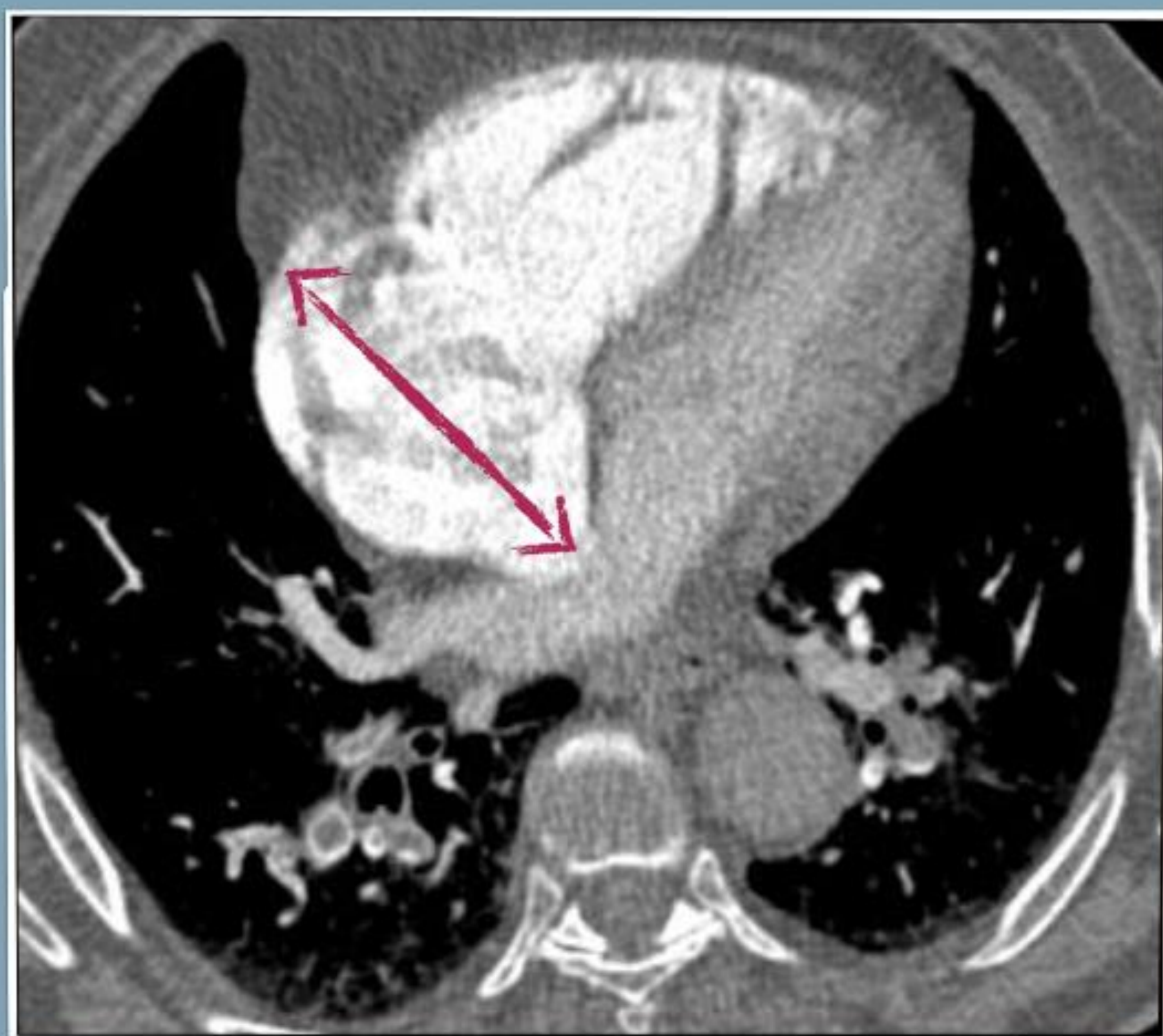


Ratio diámetro transverso VD/VI

Aumento de calibre del espesor de la pared libre del VD (> 4 mm)



Rectificación / inversión del tabique interventricular



Aumento de tamaño de la AD

Reflujo de contraste y dilatación de VCI y suprahepáticas



Dilatación del seno coronario

REVISIÓN DEL TEMA

IV. TC ESPECTRAL

En **TC convencional** diferentes estructuras pueden ser representadas con valores de atenuación similares, lo que dificulta su diferenciación. Esto está determinada por el coeficiente de atenuación (CA) que no es único para cada estructura. El CA depende de la interacción de los fotones / energía (KV) y de la masa de cada materia.

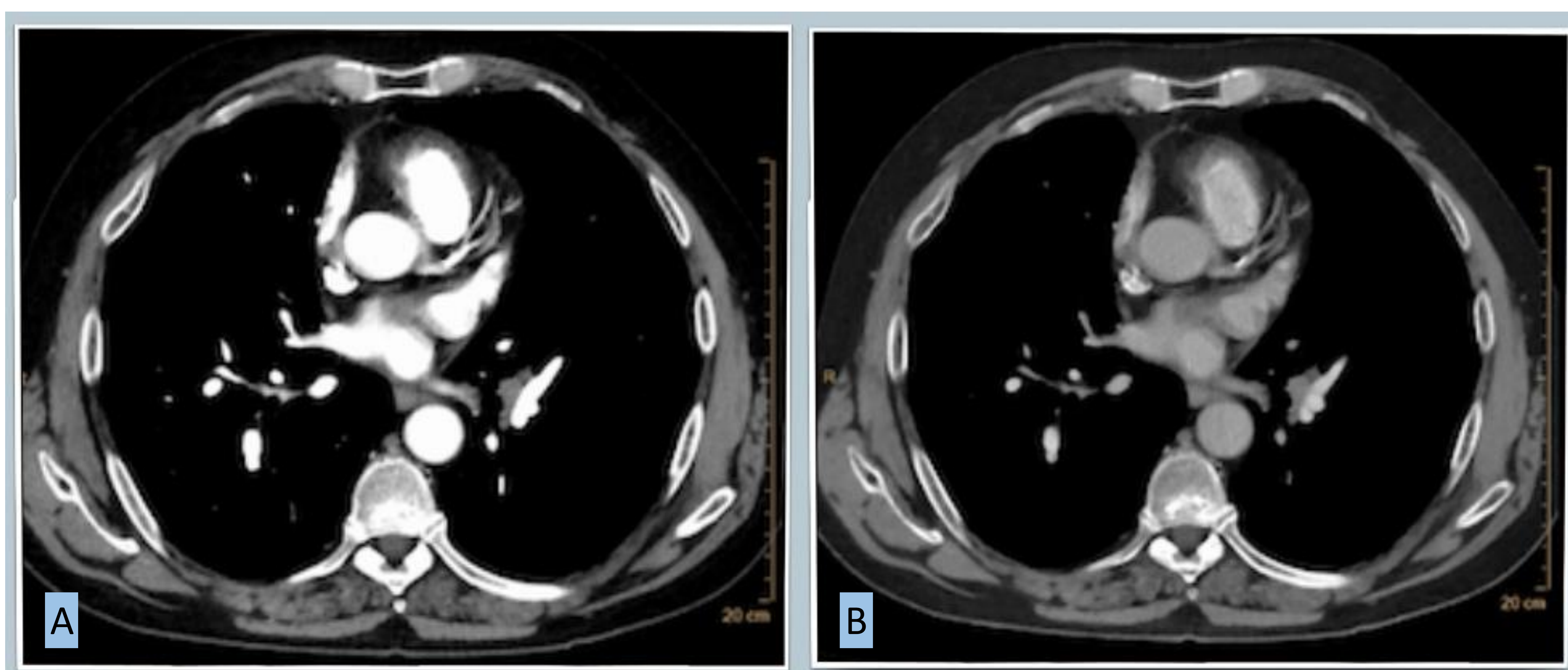
El **TC multienergía** se define como el uso de valores de atenuación obtenidos a diferentes niveles de energía (KV), utilizando los cambios conocidos del CA entre 2 o más espectros de energía para poder diferenciar o cuantificar el material o tejido.

La mayor ventaja del TC espectral es que permite **diferenciar diferentes materiales en una única adquisición** gracias a técnicas de postprocesado que utilizan la suma total de 2 materiales de base (yodo y calcio o yodo y agua) para determinar los CA de una estructura específica.

Su utilidad en el TEP radica en la obtención de **imágenes monoenergéticas** Son imágenes que hubieran sido obtenidas con un solo espectro de energía a un KV específico, ya sea éste **bajo** (45-55 KeV) o **alto** (110 KeV).

	BAJA ENERGÍA	ALTA ENERGÍA
PRINCIPIO	Realza los píxeles de mayor atenuación	Disminuye el efecto de los artefactos de endurecimiento del haz de rayos
APLICACIONES	1.- Mejor resolución de contraste. 2.- Reducción del volumen del CIV. 3.- TC convencional ↓ Estudio angiográfico	1.- Disminuye el artefacto de prótesis metálicas y stents 2.- Disminuye el "blooming" de las placas calcificadas en los estudios vasculares.

REVISIÓN DEL TEMA



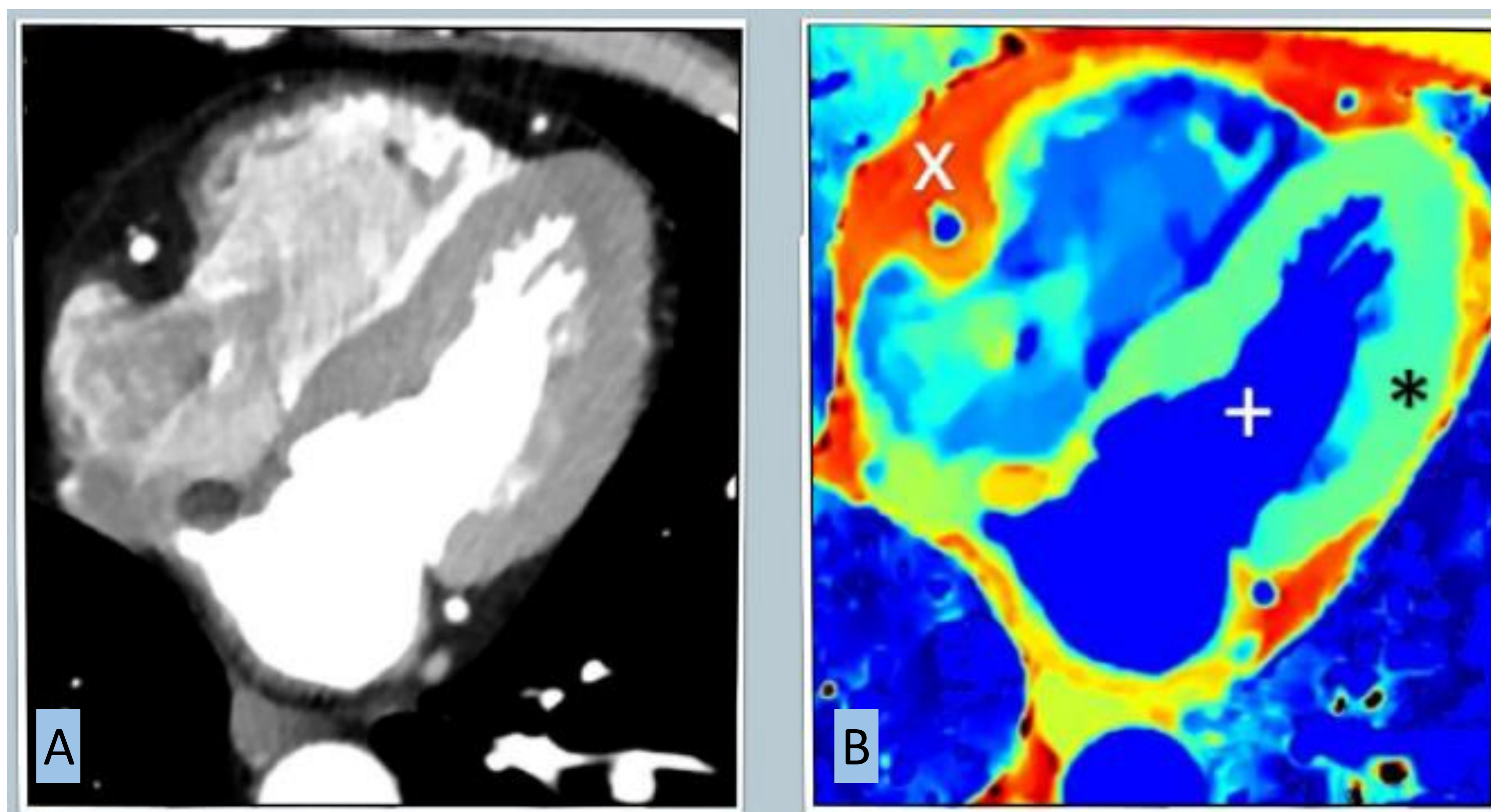
Mismo angioTC con monoenergía a bajo (A) y alto (B) KV.

REVISIÓN DEL TEMA

Z-Efectivo: Es una imagen en la que los valores de los vóxeles representan el **número atómico** efectivo del tejido o material. El rango se encuentra entre 5 y 30. **Principal aplicación clínica:** detectar zonas con disminución de contraste yodado (hipoperfundidas) en tejidos que normalmente captan yodo (pulmón o miocardio).

Valores:

- Agua (la mayoría de tejidos): en torno a 7
- Grasa: < 7
- Tejidos que captan yodo o calcificados: se acercan a 30

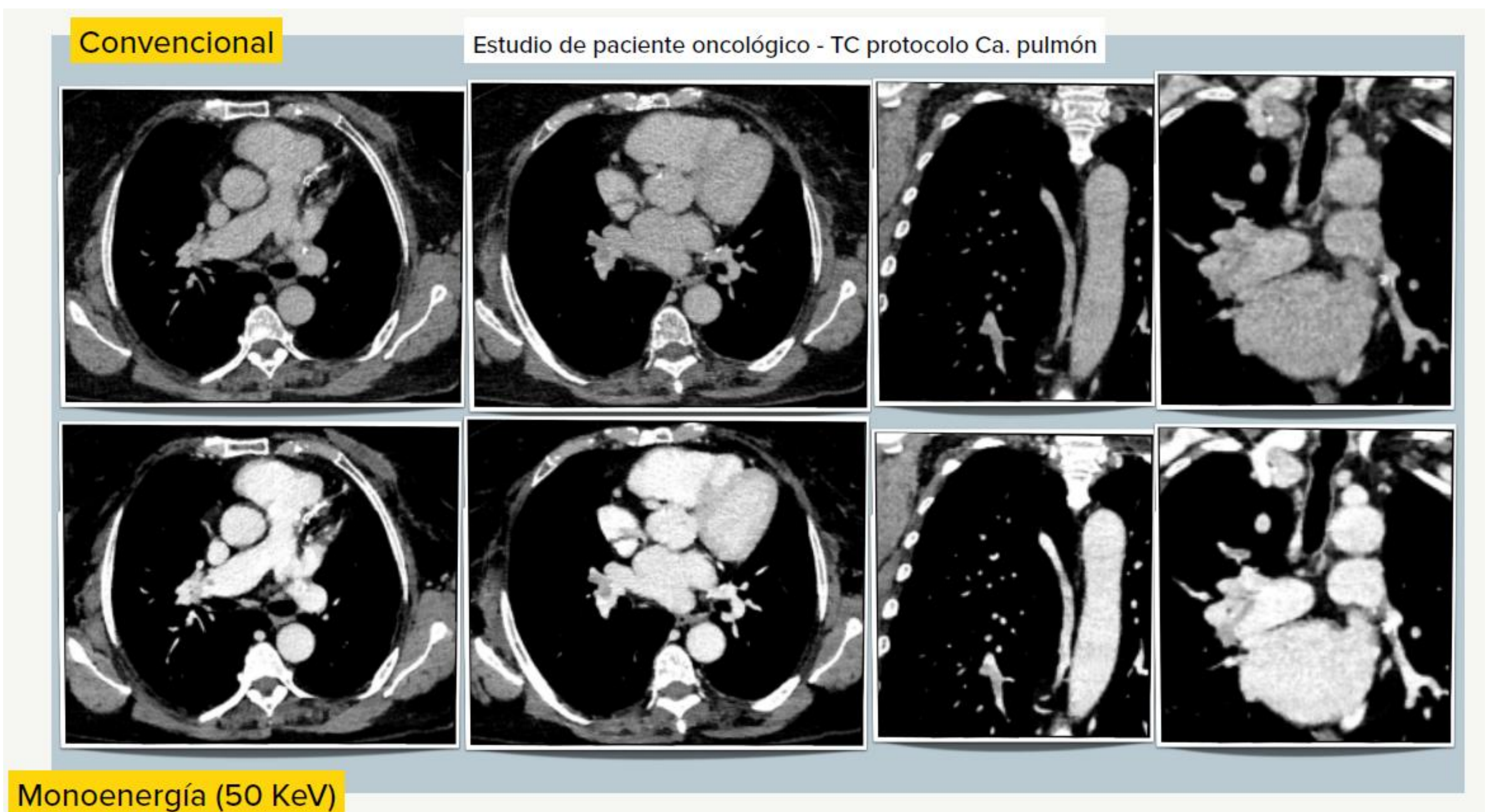


Valoración cardiaca en estudio convencional (A) y Z-efectivo (B).

REVISIÓN DEL TEMA

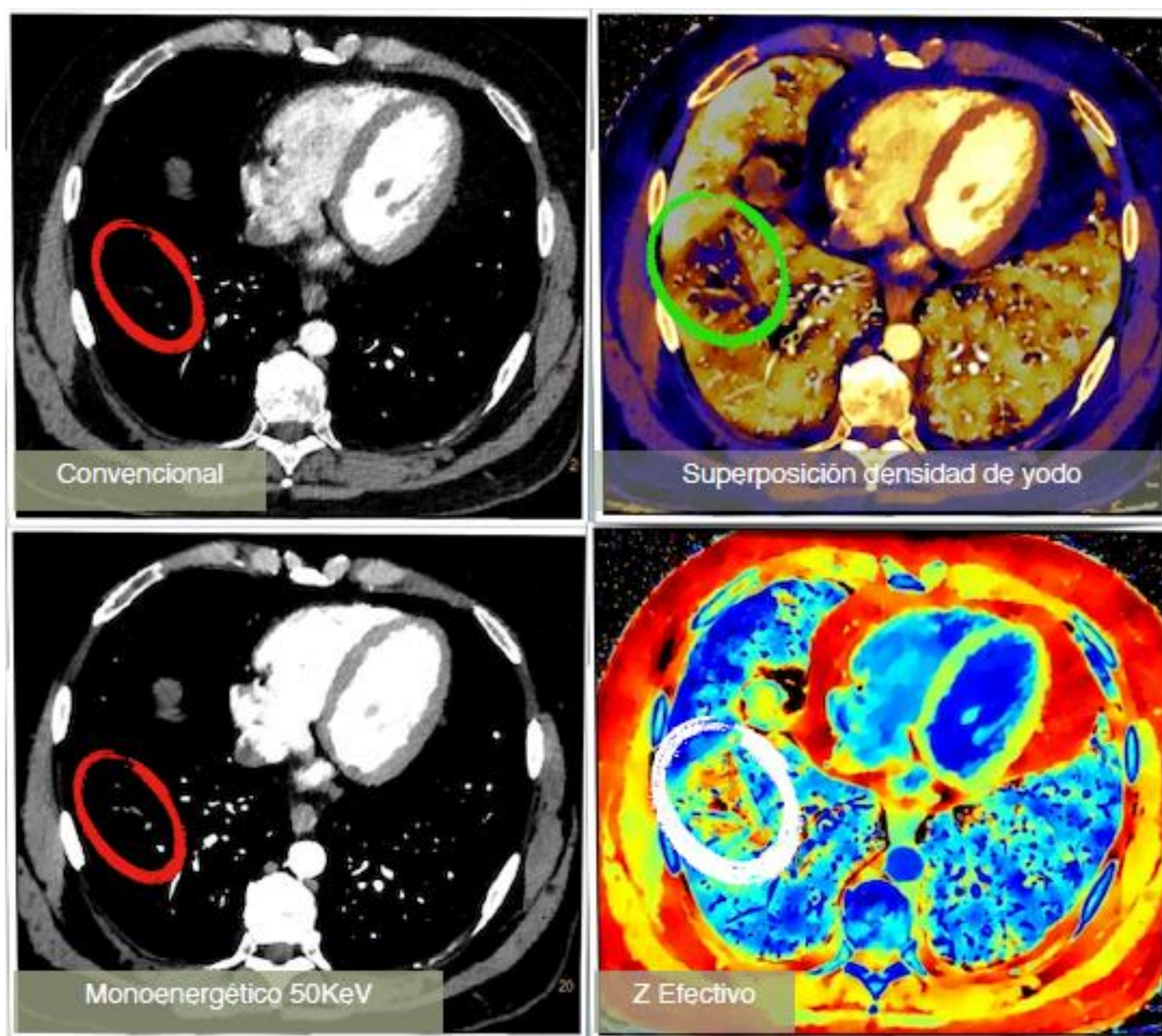
APLICACIÓN EN EL TEP:

- Permite rescatar estudios de **calidad subóptima**.
- Permite valorar la **cantidad de yodo** en el pulmón perfundido: valorar la repercusión hemodinámica de un trombo y mejorar la detección de pequeños trombos periféricos.



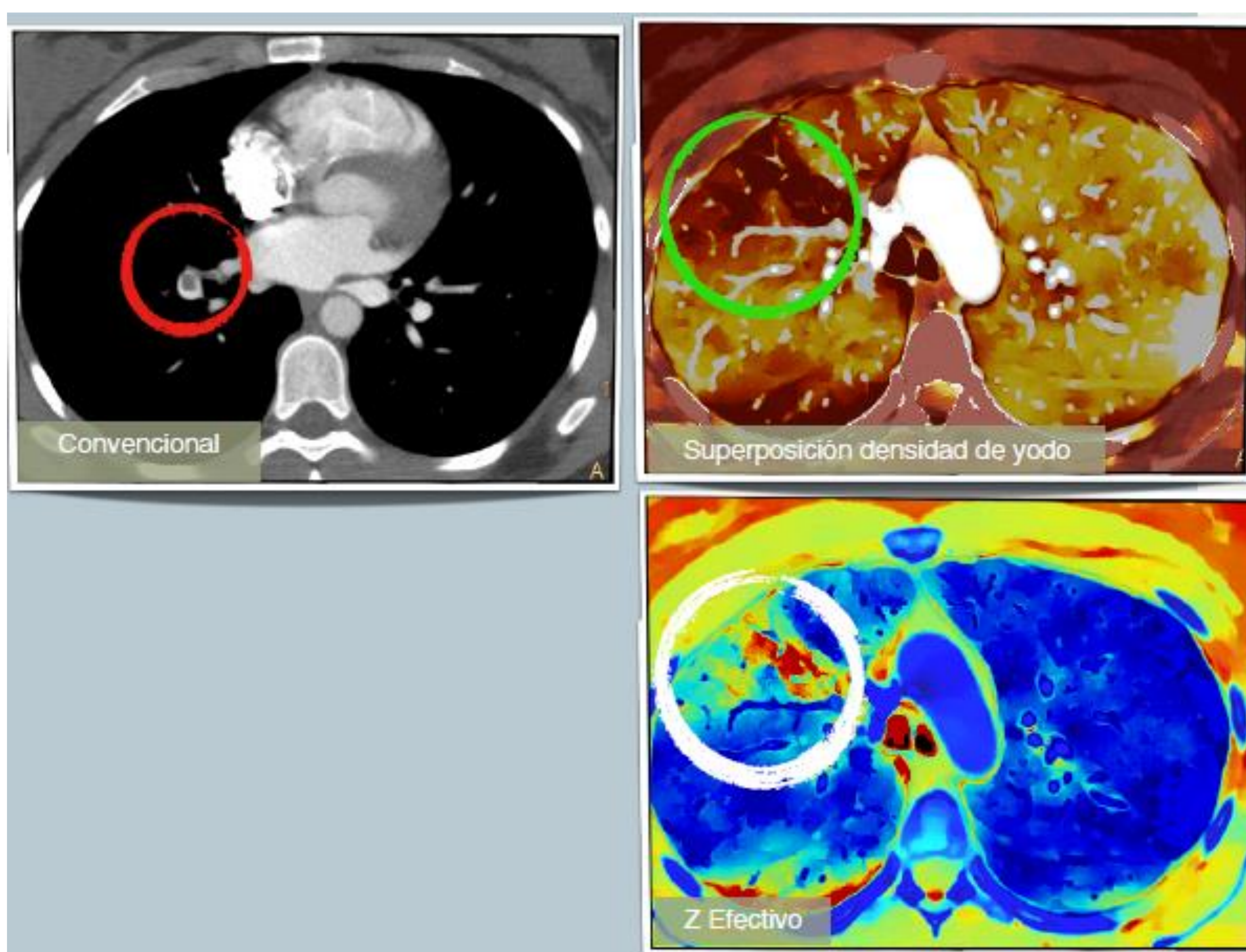
Valoración de TEP en estudio sin protocolo de angioTC (calidad subóptima). Estudio convencional (arriba) vs monoenergía (abajo). El estudio con energía permite ajustar las distintas densidades para una mejor valoración de las estructuras contrastadas. Facilita la visualización de los los distintos punciones para una mejor valoración de las estructuras contrastadasdefectos de repleción.

REVISIÓN DEL TEMA



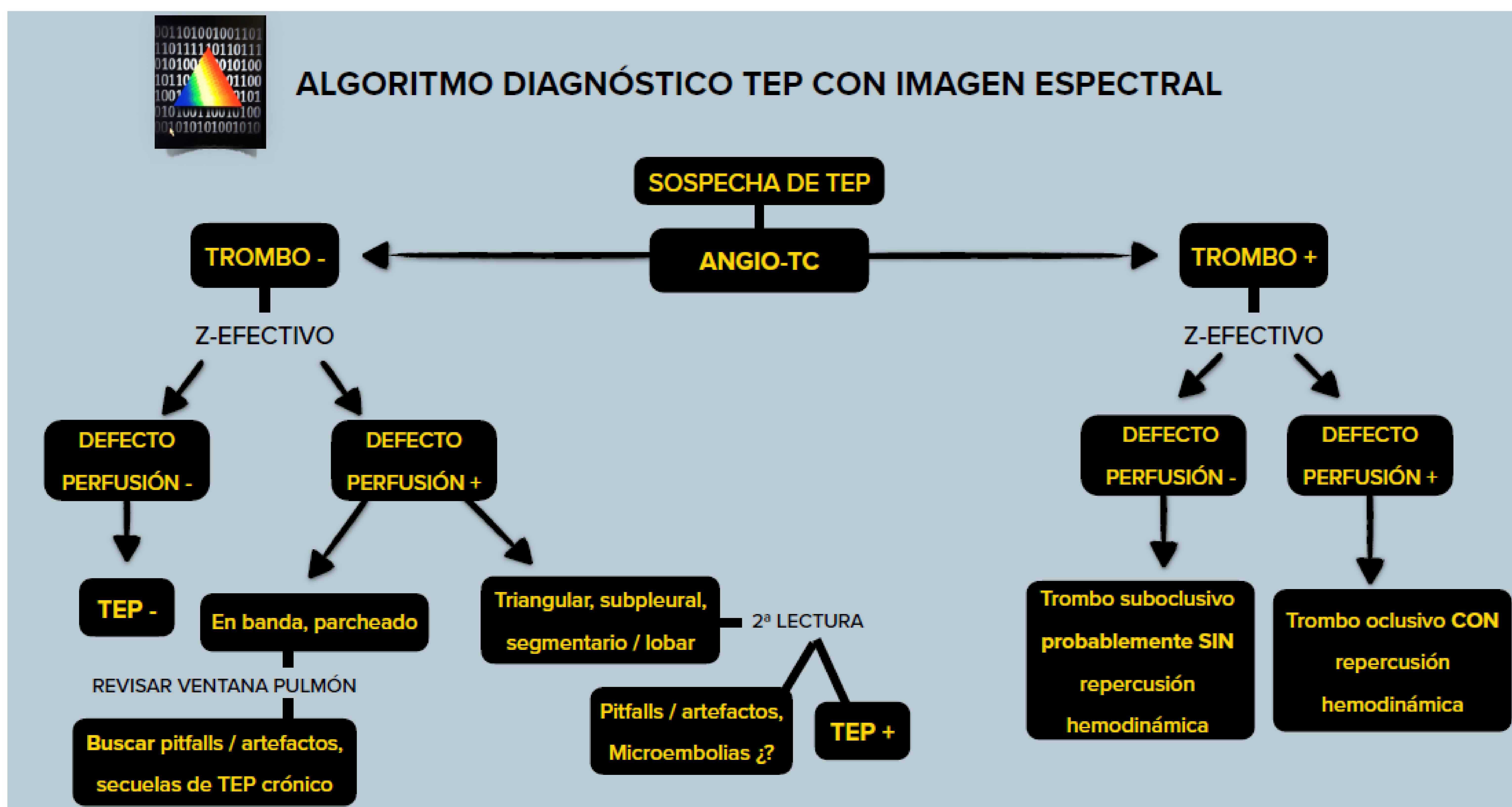
La aplicación de las distintas herramientas que proporciona el TC espectral permite una mejor valoración de las áreas de hipoperfusión parenquimatosa pulmonar. En las imágenes vemos un área de hipoperfusión, de difícil valoración en el estudio convencional, puede apreciarse una ausencia de contraste yodado a ese nivel en el estudio de superposición de densidad de yodo (zona “negra”, no perfundida), y distinto valor Z-efectivo que el resto del parénquima pulmonar.

REVISIÓN DEL TEMA



TEP agudo. En el estudio de superposición de densidad de yodo y en el Z-efectivo apreciamos las zonas de hipoperfusión parenquimatosa secundaria al TEP.

REVISIÓN DEL TEMA



CONCLUSIÓN

- El TEP es una patología frecuente y grave, por lo que su estudio es un desafío habitual de urgencia para cualquier radiólogo general no experto en tórax.
- La prueba diagnóstica de elección es el angioTC de arterias pulmonares.
- Una lectura sistemática facilita la aproximación diagnóstica y pronóstica, evitando errores.
- La introducción del TC espectral permite utilizar nuevas herramientas que completan el estudio clásico del TEP, generando una visión más global de la patología y siendo concluyente en casos de duda diagnóstica.
- El TC espectral ofrece ventajas como la disminución de radiación y contraste empleadas, así como aumento de sensibilidad y especificidad para detección de distintas patologías, fundamentalmente cardiovasculares. El radiólogo tendrá que adaptarse a esta nueva técnica para realizar una adecuada interpretación
- La redacción de un informe estructurado, completo y sencillo es fundamental para optimizar el manejo y seguimiento del paciente.

REFERENCIAS

- Han D, Lee KS, Franquet T, et al. Thrombotic and nonthrombotic pulmonary arterial embolism: spectrum of imaging findings. Radiographics 2003;23(6):1521-1539.
- Wittram C, Maher NM, Yoo AJ, Kalra MK, Shepard JA. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. Radiographics 2004;24(5):1219-1238.
- Tallón Guerola P, Arenas Jiménez J, de la Hoz Rosa J. Diagnóstico casual de tromboembolismo pulmonar: descripción de las características clínicas y radiológicas y su evolución. Radiología 2008;50:239-43.
- Kalisz K, Halliburton S, Abbara S, Leipsic J, Albrecht M et al. Update on Cardiovascular Applications of Multienergy. Radiographics 2017;37(7): 1955-1974.
- Parakh A, Lennartz S, An C, Rajiah P, Yeh B, Simeone F et al. Dual Energy CT Images: Pearls and Pitfalls. Radiographics 2021;41(1):98-119.