



TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN Y PROCESADO DE LA ANGIOGRAFÍA COMPUTERIZADA ANTE LA SOSPECHA DE TEP: ALTERNATIVAS A LA TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA HELICOIDAL CLÁSICA.

Iván Rodrigo, Marina Herrero-Huertas, Carlos Trablín de la Moneda, Raquel Acosta Hernández, Agustina Vicente-Bártulos, Inés Pecharromán de las Heras.

HOSPITAL UNIVERSITARIO RAMÓN Y CAJAL, MADRID.

OBJETIVOS DOCENTES

- Desarrollar las alternativas de adquisición y/o procesado de imágenes del TC ante la sospecha de TEP agudo.
- Revisar las ventajas y desventajas que posee cada técnica de adquisición y/o procesado de imagen.

RESUMEN - ÍNDICE

- Introducción al tromboembolismo pulmonar agudo
- Angiografía por tomografía computerizada
- Estudios volumétricos en 320 detectores.
- Utilidad del mapeo de yodo.
- TC de energía dual – presente y futuro.

INTRODUCCIÓN AL TROMBOEMBOLISMO PULMONAR (TEP)

Oclusión parcial o completa de algún punto del árbol arterial pulmonar, secundaria a la presencia de trombos o émbolos que provienen de otras partes del cuerpo

90% trombos proceden del sistema venoso de miembros inferiores

3ª causa de muerte cardiovascular en nuestro medio – 250 mil ingresos anuales en EEUU

Angio TC – prueba de elección

Otras pruebas de imagen ayudan en el proceso diagnóstico

Radiografía simple puede detectar complicaciones (infartos pulmonares) o descartar otras causas como neumonía, edema agudo de pulmón

Gammagrafía ventilación/perfusión de utilidad en pacientes que no pueden someterse a tanta radiación o emplear contraste yodado

Ecocardiografía para descartar sobrecarga del ventrículo derecho.

Ecografía Doppler de miembros inferiores para descartar origen trombótico a ese nivel

ANGIO TC – MÉTODO DE ADQUISICIÓN CONVENCIONAL

83 % de sensibilidad y 96 % de especificidad – comparable a Angiografía convencional (Gold Standard)

Desventajas

Alta dosis de radiación

(Ojo en embarazadas)

Contraste yodado intravenoso

(Alergias e Insuficiencia renal)



Imagen 1. Defecto de repleción en arteria pulmonar derecha, compatible con tromboembolismo pulmonar agudo

CONCEPTOS CLAVE EN EL MÉTODO DE ADQUISICIÓN DEL ANGIO TC

Mínima atenuación necesaria

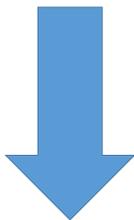
Importante correcta opacificación del árbol arterial pulmonar

92 UH

Trombo agudo

211 UH

Trombo crónico



Contraste yodado intravenoso

Dosis depende del paciente y del equipo de adquisición, generalmente 40 - 100 ml

Flujo de 4-5 ml/s

empírica

Estimada basada en literatura y morfotipo del paciente

Basada en región de interés ó "SURE START"

ROI posicionado en tronco común de arteria pulmonar y cuando llega a 100 - 200 UH se obtiene el estudio

"Bolus timing"

Bolo de 10 ml y ROI en tronco pulmonar. Se calcula una curva de atenuación /tiempo para lanzar el estudio en el momento de mayor UH

Momento / "timing" de adquisición

CONCEPTOS CLAVE EN EL MÉTODO DE ADQUISICIÓN DEL ANGIO TC

PROTOCOLO HABITUAL DEL TEP

ÁREA ABARCADA	Ápex pulmonar hasta diafragma
ENERGÍA DEL TUBO	120 – 140 kV
RESPIRACIÓN	Apnea al final de inspiración
CONTRASTE	40-100 ml, con concentraciones de 350-370 mg/ml a una velocidad de 4-5 ml/s

RADIACIÓN

Producto dosis longitud (DLP)

estimación de la dosis total absorbida en un fantoma a lo largo de la extensión del barrido. Depende de la longitud del área del cuerpo radiada.

Dosis efectiva (medida en mSv)

Se calcula multiplicando DLP por un factor de conversión (k) que variará según el área objeto de estudio (en el tórax $k = 0.017$)

En la mayoría de adquisiciones se suelen emplear unos 250 DLP, ocasionando una dosis efectiva de aproximadamente 4.5 mSv.

ESTUDIOS VOLUMÉTRICOS EN TC DE 320 DETECTORES

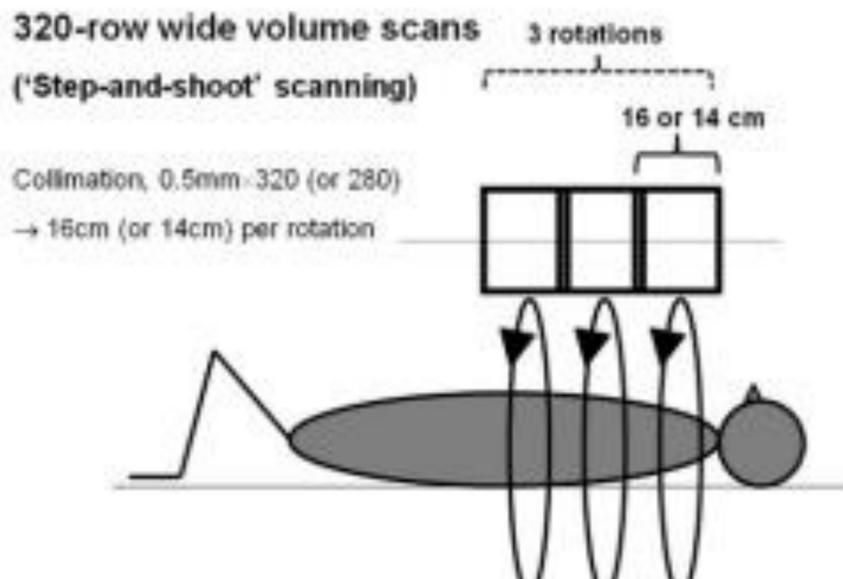


Imagen 2. Esquema del TC de 320 detectores.

Obtenido de: Yamashiro T, Miyara T, Takahashi M, Kikuyama A, Kamiya H, Koyama H, et al. Lung Image Quality with 320-row Wide-volume CT Scans: The Effect of Prospective ECG-gating and Comparisons with 64-row Helical CT Scans. Academic Radiology. abril de 2012;19(4):380-8.)

Con un solo giro del tubo podemos obtener un estudio del tórax con una colimación de 16 cm de diámetro craneocaudal. Es lo que denominamos **protocolo volumétrico**

Ventajas

Menos dosis de contraste (20cc)

Menos dosis de radiación: 90 DLP y menos de 2 mSv

Ideal para nefrópatas

Útil para pacientes jóvenes, especialmente mujeres que podrían estar embarazadas

Desventajas

Zonas ciegas de parénquima pulmonar (vértices y bases pulmonares, senos costofrénicos)

Menor resolución

ESTUDIOS VOLUMÉTRICOS EN TC DE 320 DETECTORES

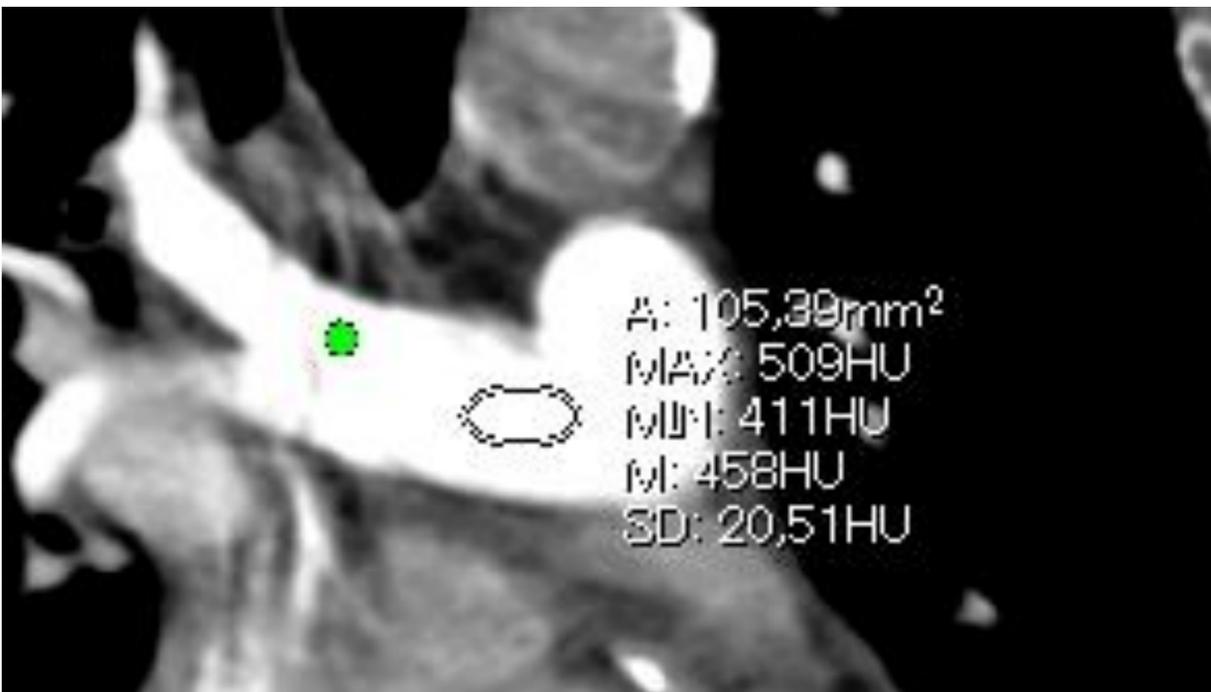
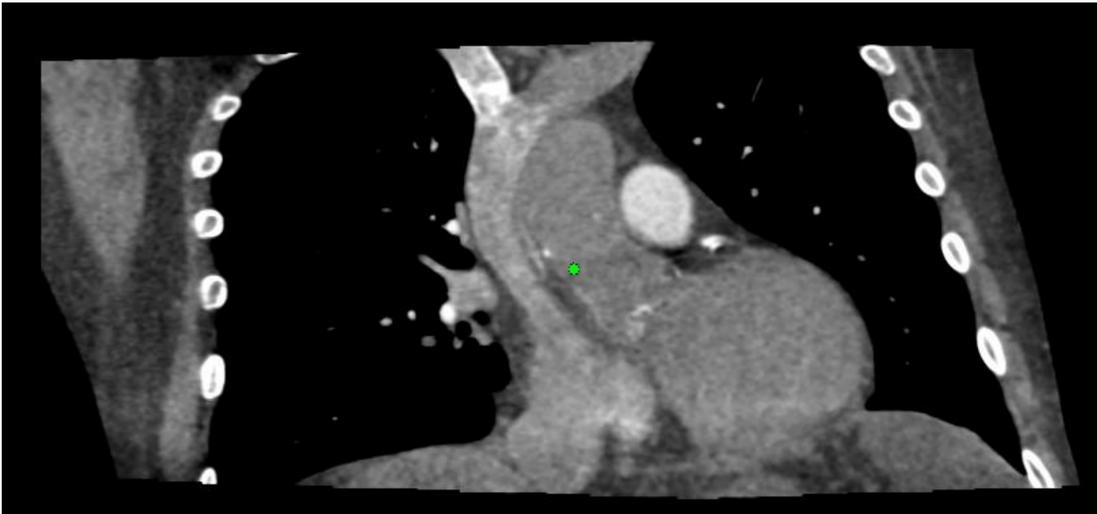


Imagen 3. Adquisición de Angio TC con protocolo volumétrico lo que reduce la dosis de contraste y de radiación recibida. Véase la forma ovoidea de la imagen, con pérdida de la visión de bases y de parte de los senos costofrénicos. También la correcta opacificación de las arterias pulmonares (411 UH).

LA UTILIDAD DE LOS MAPAS DE YODO

Técnica que representa alteraciones pulmonares debido a la disminución de flujo sanguíneo pulmonar (defectos de perfusión), agudas o crónicas.

Aumenta la especificidad

Se pensaba que también la sensibilidad, pero un estudio reciente no mostró diferencias significativas

Ayuda a determinar el pronóstico en base a la cantidad de parénquima afecto

Reduce el sobrediagnóstico

Ayuda a monitorizar la RESPUESTA anticoagulación

Substracción en TC no dual

Requiere software

2 métodos de generar mapa de yodo

Adquisición en TC dual

Requiere hardware

MÉTODO DE SUBTRACCIÓN PARA OBTENCIÓN DE MAPA DE YODO

PROTOCOLO EJEMPLO EN TC DE 320 DETECTORES.

Colimación	320 x 05 mm
Tiempo de rotación	275 ms
Energía del tubo	100-120 kV
Control de exposición automático	Pre-contraste: índice de ruido en 30 Post-contraste: índice de ruido en 22.5
Área abarcada	Todo el pulmón, desde el ápex hasta las bases incluyendo los senos costofrénicos
Contraste	Aprox. 70 ml a una velocidad de 5 ml/s (empleando por ejemplo el método del "bolus tracking")

Gracias a los avances técnicos en los equipos, sobre todo en TC de 320 detectores, es factible obtener dos estudios superponibles en momentos distintos.

Se consigue substrayendo un estudio pre administración de contraste de un estudio post contraste. Para ello es necesario SOFTWARE.

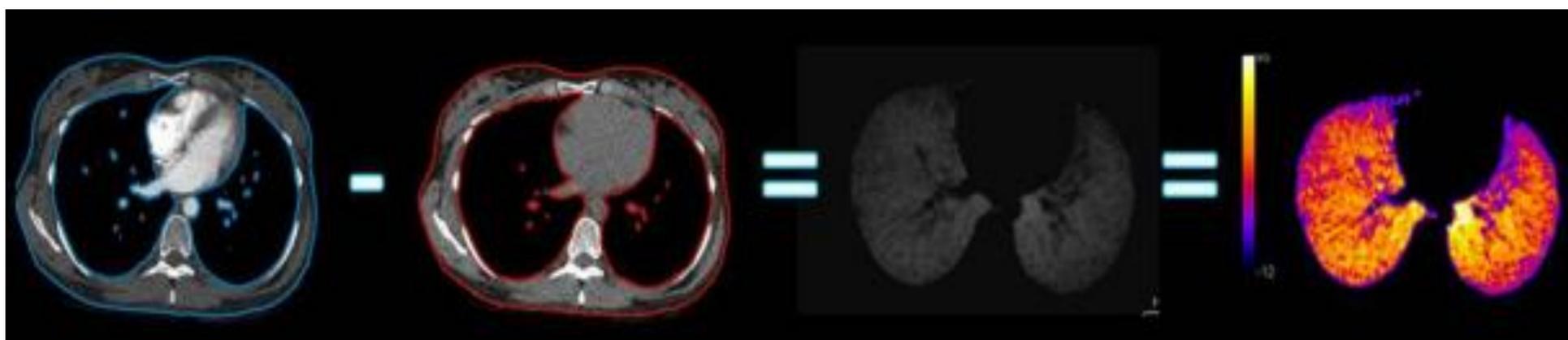


Imagen 4. Ejemplo de substracción para obtener mapa de yodo mediante el uso de un software. Obtenido de Brink M. Subtraction techniques enable single-energy iodine mapping of pulmonary perfusion: An educational exhibit. 2014;1606 words.

LA UTILIDAD DE LOS MAPAS DE YODO

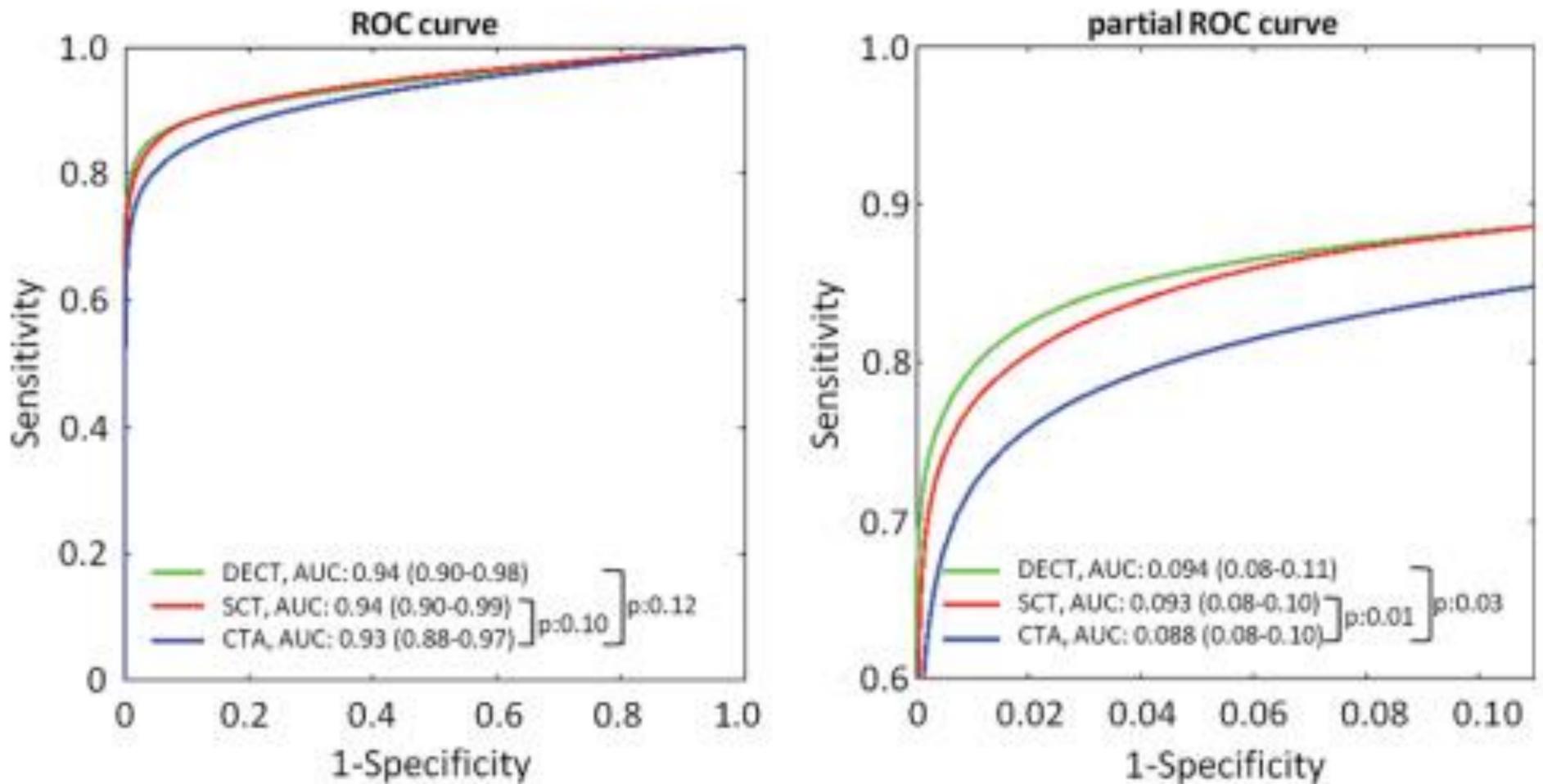


Imagen 5. Representación gráfica de la curva ROC que refleja el rendimiento diagnóstico de la substracción del mapa de yodo en TC convencional (SCT), con el TC de energía dual (DECT) y del Angio CT convencional sin mapa de yodo.

Obtenido de: Grob D, Smit E, Prince J, Kist J, Stöger L, Geurts B, et al. Iodine Maps from Subtraction CT or Dual-Energy CT to Detect Pulmonary Emboli with CT Angiography: A Multiple-Observer Study. *Radiology*. julio de 2019;292(1):197-205.

LA UTILIDAD DE LOS MAPAS DE YODO

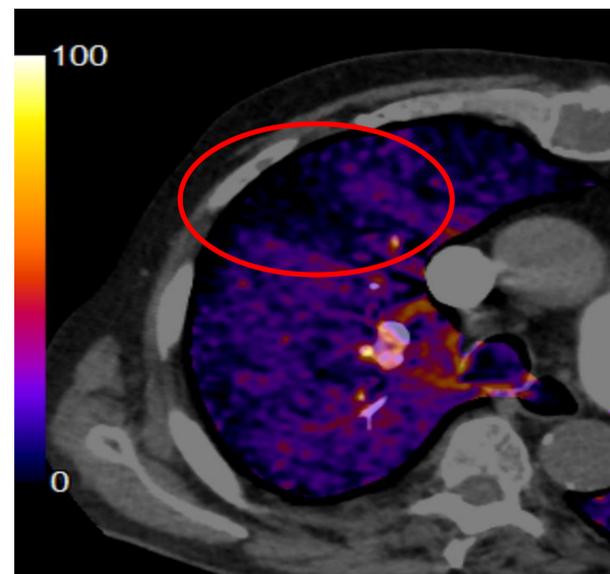
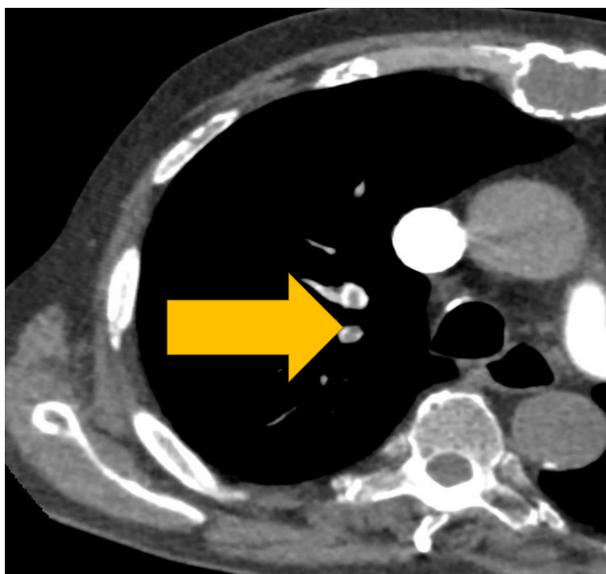
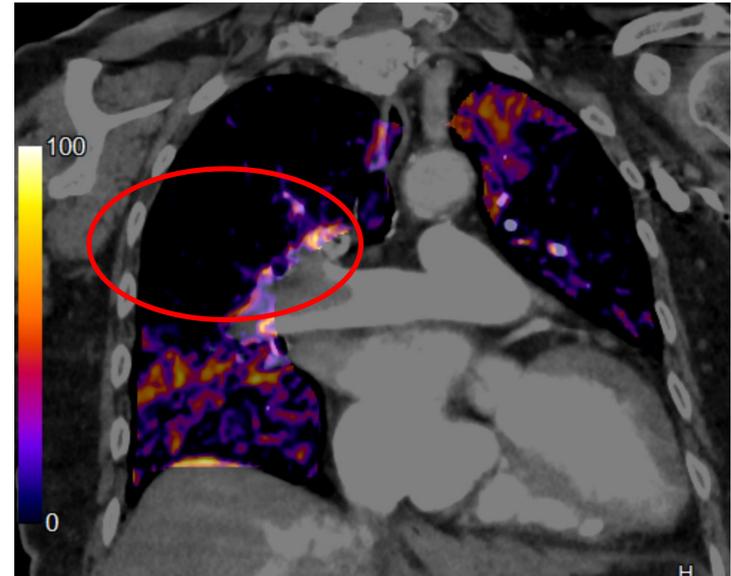
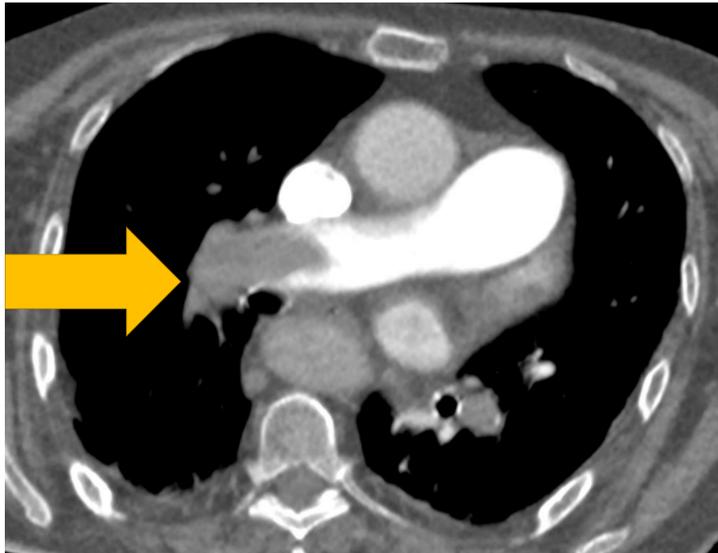


Imagen 6. Correlación entre el hallazgo de tromboembolismo pulmonar en angio TC (flechas amarillas) y el defecto de perfusión en el mapa de yodo (rodeado en rojo).

¡OJO!

Afectaciones que curse con áreas de hipoperfusión o ausencia de la misma podrán dar falsos positivos en estos mapas de yodo (neumonía, enfisema, atelectasias)

TC DE ENERGÍA DUAL: PRESENTE Y FUTURO

HARDWARE

Algunos materiales interactúan distinto según la dosis de energía que reciban, mostrando distintas unidades Hounsfield (UH)

Se basa en obtener dos adquisiciones con distintos kV, generalmente 80 y 140 kV.

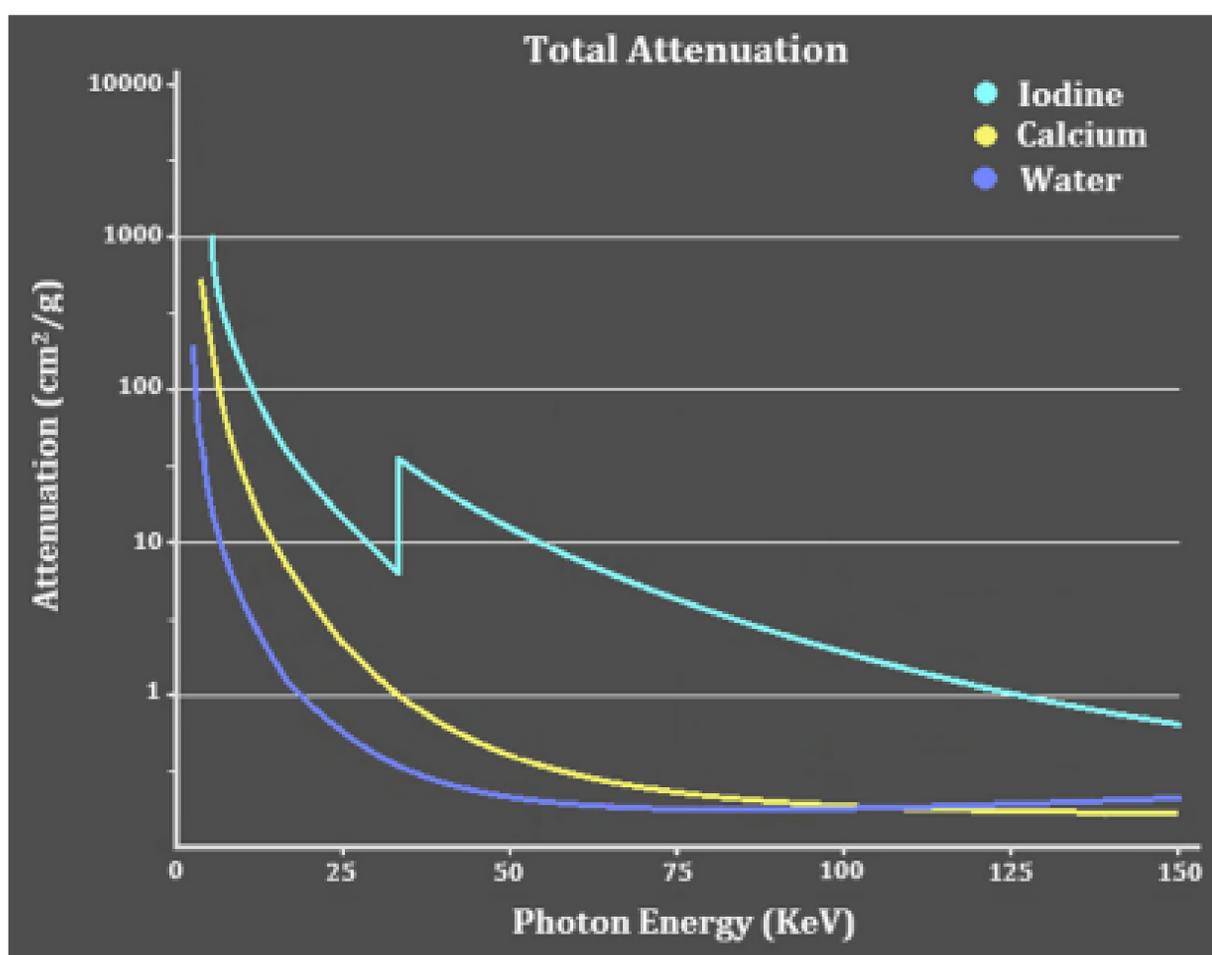


Imagen 6. Representación lineal de los diferentes niveles de atenuación del yodo, el calcio y el agua con distintos niveles de KeV. Obtenido de: Aran S, Shaqdan KW, Abujudeh HH. Dual-energy computed tomography (DECT) in emergency radiology: basic principles, techniques, and limitations. Emerg Radiol. agosto de 2014;21(4):391-405.

TC DE ENERGÍA DUAL: PRESENTE Y FUTURO

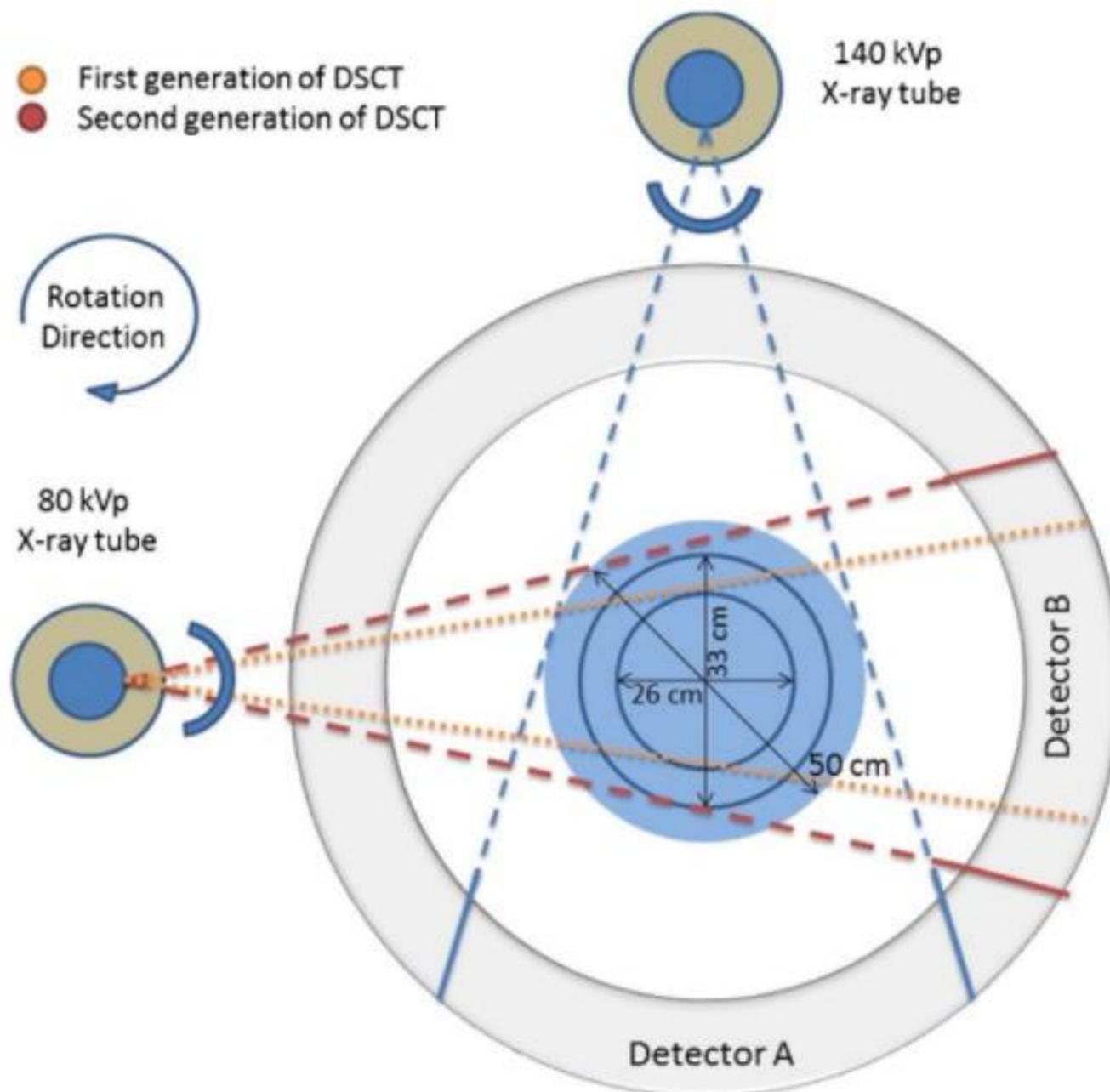


Imagen 7. Esquema de TC DUAL con los dos tubos de rayos X y sus detectores.

Obtenido de: Aran S, Shaqdan KW, Abujudeh HH. Dual-energy computed tomography (DECT) in emergency radiology: basic principles, techniques, and limitations. Emerg Radiol. agosto de 2014;21(4):391-405.

TC DE ENERGÍA DUAL: PRESENTE Y FUTURO

El espectro de 80 kVp ayudan a optimizar el CNR dentro de los vasos pulmonares (mejor calidad de imagen).

Podemos reconstruir la imagen con energía intermedias (90 keV, 130 keV) que puede proporcionar un contraste óptimo.

Podemos conseguir imágenes de corte fino y baja energía (60 keV), lo que permite detectar mejor pequeños émbolos.

Utilidades prácticas

- Salvar estudios subóptimos con poco contraste.
- Reducir la dosis de contraste yodado.
- Generar mapas de yodo.
- Caracterizar lesiones con atenuaciones parecidas al contraste.
- Reducir el artefacto de materiales protésicos

TC DE ENERGÍA DUAL: PRESENTE Y FUTURO

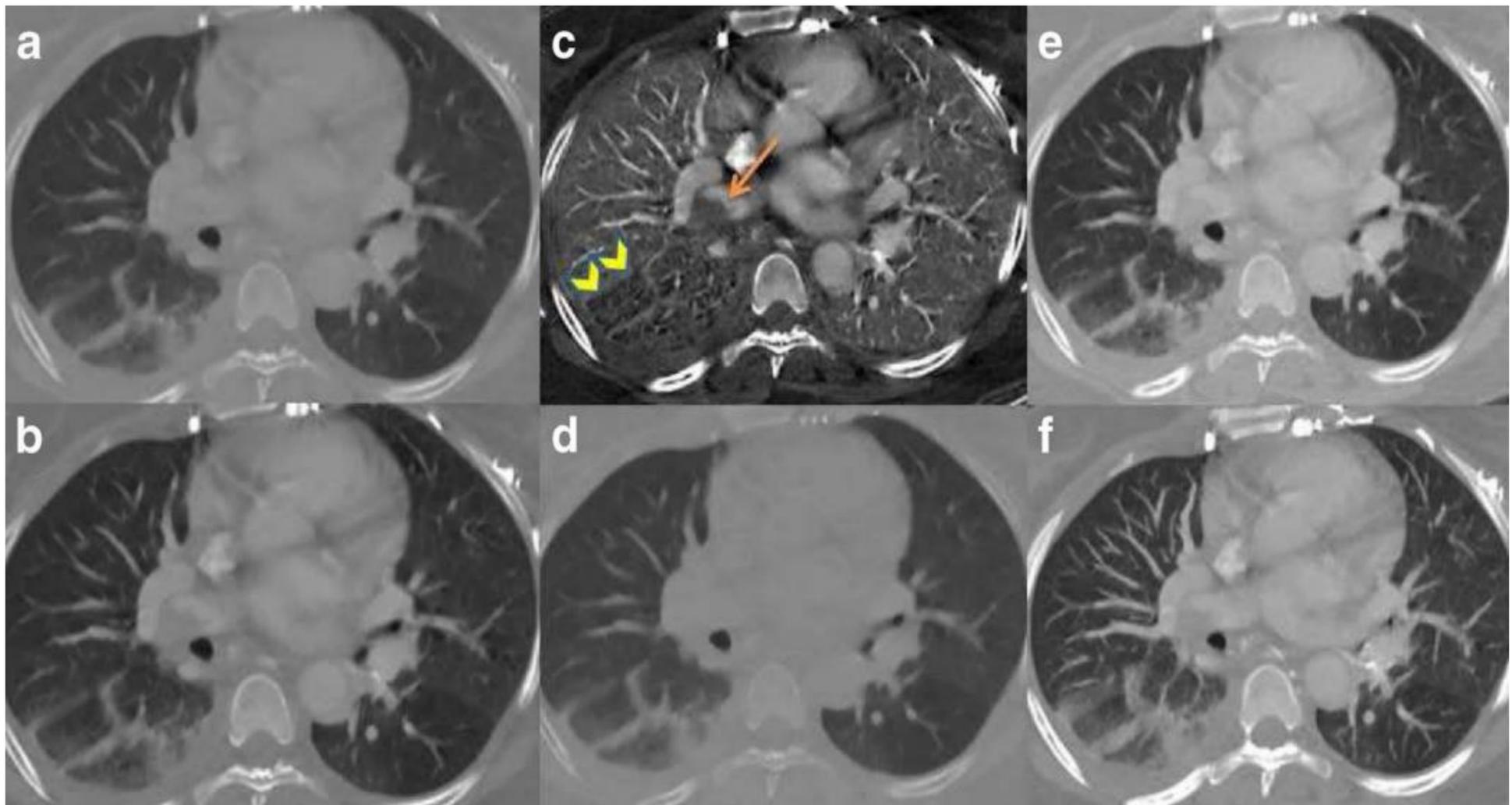


Imagen 7. Estudio TC DUAL con contraste yodado de mujer de 45 años con embolismo pulmonar. Se obtiene el estudio con 100 keV (a), 60 keV (b), ventana de yodo (c), ventana de agua (d), 140 keV (e), MIP (f). En imagen "c" se visualiza marcado con flecha naranja el émbolo pulmonar con una zona de infarto pulmonar (cabezas de flecha amarillas). También se visualiza mejor este émbolo en la imagen "b". En conclusión, imágenes con menor energía ayudan a matizar mejor la vascularización pulmonar y las ventanas de yodo permiten apreciar defectos de perfusión. La ventana de agua ayuda a diferenciar las zonas de calcio del contraste.

Obtenido de: Aran S, Shaqdan KW, Abujudeh HH. Dual-energy computed tomography (DECT) in emergency radiology: basic principles, techniques, and limitations. *Emerg Radiol.* agosto de 2014;21(4):391-405.

TC DE ENERGÍA DUAL: PRESENTE Y FUTURO

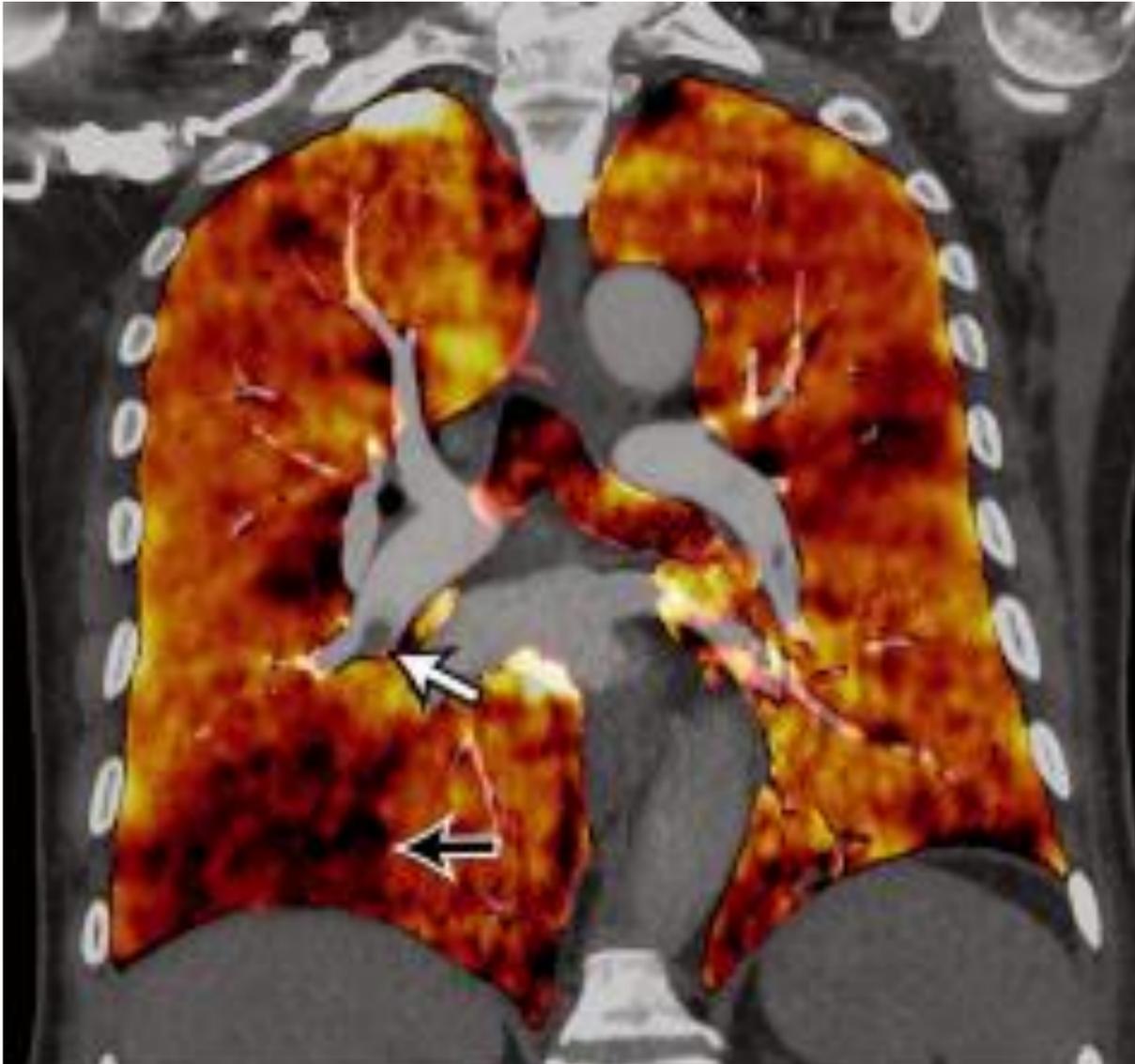


Imagen 6. Mapa de yodo obtenido por DECT. La flecha blanca destaca el émbolo pulmonar y la flecha negra el defecto en el parénquima pulmonar.

Obtenido de: Moore AJE, Wachsmann J, Chamrathy MR, Panjikaran L, Tanabe Y, Rajiah P. Imaging of acute pulmonary embolism: an update. *Cardiovasc Diagn Ther.* junio de 2018;8(3):225-43

BIBLIOGRAFÍA

1. Bustos Fiore A, González Vázquez M, Trinidad López C, Mera Fernández D, Costas Álvarez M. Defectos de perfusión en el mapa de yodo pulmonar: causas y semiología. Radiología. julio de 2018;60(4):303-11.
2. Aran S, Shaqdan KW, Abujudeh HH. Dual-energy computed tomography (DECT) in emergency radiology: basic principles, techniques, and limitations. Emerg Radiol. agosto de 2014;21(4):391-405.
3. Weidman EK, Plodkowski AJ, Halpenny DF, Hayes SA, Perez-Johnston R, Zheng J, et al. Dual-Energy CT Angiography for Detection of Pulmonary Emboli: Incremental Benefit of Iodine Maps. Radiology. noviembre de 2018;289(2):546-53.
4. Moore AJE, Wachsmann J, Chamarthy MR, Panjikanan L, Tanabe Y, Rajiah P. Imaging of acute pulmonary embolism: an update. Cardiovasc Diagn Ther. junio de 2018;8(3):225-43.
5. Yamashiro T, Miyara T, Takahashi M, Kikuyama A, Kamiya H, Koyama H, et al. Lung Image Quality with 320-row Wide-volume CT Scans: The Effect of Prospective ECG-gating and Comparisons with 64-row Helical CT Scans. Academic Radiology. abril de 2012;19(4):380-8.
6. Khan A, Nasir K, Khosa F, Saghir A, Sarwar S, Clouse ME. Prospective Gating With 320-MDCT Angiography: Effect of Volume Scan Length on Radiation Dose. American Journal of Roentgenology. febrero de 2011;196(2):407-11.
7. Brink M. Subtraction techniques enable single-energy iodine mapping of pulmonary perfusion: An educational exhibit. 2014;1606 words.
8. Tilve-Gómez A, Rodríguez-Fernández P, Trillo-Fandiño L, Plasencia-Martínez JM. Técnicas de imagen diagnósticas empleadas en la presentación aguda de la enfermedad tromboembólica venosa. Radiología. julio de 2017;59(4):329-42.
9. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones.
10. Roy C, Quin R, Labani A, Leyendecker P, Mertz L, Ohana M. Wide volume versus helical acquisition using 320-detector row computed tomography for computed tomography urography in adults. Diagnostic and Interventional Imaging. octubre de 2018;99(10):653-62
11. Grob D, Smit E, Prince J, Kist J, Stöger L, Geurts B, et al. Iodine Maps from Subtraction CT or Dual-Energy CT to Detect Pulmonary Emboli with CT Angiography: A Multiple-Observer Study. Radiology. julio de 2019;292(1):197-205.