



Utilidad de la Tomografía Computarizada con Energía Dual en el diagnóstico del Tromboembolismo Pulmonar

Alumna: Paloma Pérez López
Tutor: Francisco López-Lara Martín
Cotutor: Israel Sánchez Lite

Trabajo Fin de Grado.

Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.

Curso 2018-2019.

Índice

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2. 1. TROMBOEMBOLISMO PULMONAR.....	3
2. 2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE DOBLE ENERGÍA	5
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS	9
4. 1. ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA	9
4. 2. RECONSTRUCCIÓN Y POSTPROCESADO DE LA IMAGEN.....	10
4. 3. PARÁMETROS A ESTUDIO	10
4. 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	12
5. RESULTADOS	12
6. DISCUSIÓN.....	15
7. CONCLUSIÓN.....	18
8. AGRADECIMIENTOS	18
9. BIBLIOGRAFÍA.....	19
ANEXO I	21
ANEXO II	25
ANEXO III	27
ANEXO IV: Póster.....	333

1. RESUMEN

El tromboembolismo pulmonar (TEP) es una patología con gran prevalencia que afecta a uno de cada 1000 habitantes por año, aunque se estima que su incidencia real podría ser aún mayor. Esto se debe tanto a su gran variabilidad clínica como a las dificultades para su diagnóstico, en el que juega un papel fundamental la angiotomografía computarizada de arterias pulmonares (angio-TC). Con la aparición de los nuevos equipos de Tomografía Computarizada con Energía Dual (TCED), se ha incrementado la sensibilidad diagnóstica del TEP, puesto que permiten una mejor visualización de arterias segmentarias y subsegmentarias y permiten analizar la repercusión funcional en el parénquima pulmonar mediante los mapas de yodo, todo ello sin incrementar la dosis de radiación y contraste administrados al paciente. Su principal inconveniente es el sobrediagnóstico que puede generar al detectar trombos en arterias subsegmentarias con muy poca repercusión clínica y funcional.

Debido a la reciente adquisición de un equipo de TCED en el servicio de Radiodiagnóstico del hospital Clínico Universitario de Valladolid, se decide realizar este estudio para evaluar si la energía dual aporta un valor añadido al diagnóstico del TEP. Para ello, se ha realizado un análisis descriptivo de pruebas realizadas en el nuevo equipo durante tres meses por sospecha de TEP estudiando tanto las imágenes obtenidas mediante los cortes axiales convencionales como los mapas de densidad de yodo. A continuación, se ha realizado un análisis estadístico comparativo entre los pacientes con estudio positivo y negativo para TEP según sus hallazgos radiológicos, criterios clínicos y de laboratorio, diagnóstico definitivo y mortalidad. También se han analizado las dosis de radiación y contraste empleadas en el nuevo equipo.

Se han estudiado un total de 127 peticiones de las cuales 29 fueron positivas para TEP (22,7%). La calidad de los estudios fue excelente en el 81,9% de los casos, con dosis de contraste administrado de 44,4 ml de media (DS: 5,44) y de radiación recibida de 3,31 mSv de media (Intervalo de confianza al 95%: 3,14-3,48 mSv). El TEP aislado en arterias segmentarias y subsegmentarias supuso un total de 15 casos (51,7%). Los mapas de yodo fueron normales en el 20% de los casos con TEP, con signos focales de hipoperfusión en el 29% y difusos en el 41%. Según la escala de Wells, un 54% de los pacientes presentaban riesgo bajo, un 34,6% intermedio y un 11% alto de TEP. Hubo un total de 13 fallecimientos (10,3%), 3 en pacientes con TEP (23%) y 10 con estudio de imagen negativo para TEP.

La TCED es una buena herramienta para el diagnóstico del TEP ya que permite disminuir la dosis de radiación y contraste empleados para las pruebas, incrementando el número de estudios con diagnóstico de TEP en arterias segmentarias y subsegmentarias. Los mapas de iodo ayudan relativamente al diagnóstico, puesto que no siempre se correlaciona la hipoperfusión pulmonar con los defectos de repleción en las arterias pulmonares, hecho que podría ser relevante en el pronóstico de los pacientes. Estudios comparativos con muestras más grandes deben ser realizados.

2. INTRODUCCIÓN

2. 1. TROMBOEMBOLISMO PULMONAR

El tromboembolismo pulmonar se define como el enclavamiento en la circulación pulmonar de un trombo desprendido (émbolo) procedente de la circulación venosa. Aunque el origen del émbolo puede ser diverso (venas prostáticas, uterinas, renales, de las extremidades superiores o de cavidades cardiacas derechas) en un 90-95% de los casos proviene de venas situadas en los miembros inferiores, lo que se conoce como trombosis venosa profunda [1].

Se calcula que el TEP afecta en España a uno de cada 1.000 habitantes al año, aunque la incidencia real podría ser superior. Extrapolando los datos obtenidos en estudios epidemiológicos realizados en Estados Unidos, en España se pueden producir alrededor de 80.000 -100.000 TEP al año. Sin embargo, en el año 2010, se reportaron tan solo 22.250 casos de TEP en nuestro país [1-2]. Estos datos se explican tanto por la gran variabilidad clínica de esta patología, pudiendo producirse con frecuencia pequeñas embolias con escasa o nula repercusión clínica, como por las dificultades que entraña su diagnóstico, que ha mejorado en las últimas décadas gracias a la aparición de la tomografía computarizada y la determinación sérica del dímero D [2].

Los factores de riesgo para la aparición de TEP están relacionados con uno o varios elementos de la triada clásica de Virchow: estasis vascular, lesión endotelial e hipercoagulabilidad. Entre los factores de riesgo hereditarios más prevalentes, destacan el factor V de Leiden y las mutaciones en el gen de la protrombina. Sin embargo, estos solo justifican una quinta parte de los casos de TEP. Los factores de riesgo adquiridos son los más relevantes, y entre ellos destacan la historia de enfermedad tromboembólica previa, la inmovilización prolongada, intervención quirúrgica o traumatismo reciente, neoplasias o enfermedades hematológicas activas y su tratamiento. Otros factores de riesgo reseñables son la obesidad, el tabaquismo, la toma de anticonceptivos orales, el embarazo o el síndrome antifosfolípido. Por último, en torno al 20 % de los casos de TEP aparecen en pacientes sin factores de riesgo identificables [1].

Una vez originado, el trombo migra desde su lugar de formación hasta alcanzar la circulación pulmonar, produciendo una alteración del intercambio gaseoso, aumento de la resistencia al flujo aéreo, hiperventilación alveolar y aumento de las resistencias vasculares pulmonares. Este aumento en las resistencias vasculares pulmonares aumenta a su vez la tensión en el ventrículo derecho provocando la dilatación del mismo. Esta dilatación, por medio del abombamiento del septo interventricular, compromete el llenado en la arteria coronaria derecha y el llenado ventricular izquierdo con aparición de síntomas de bajo gasto. Por ello, el fracaso ventricular derecho es la principal causa de muerte en pacientes con TEP [1-3].

En cuanto a la clínica, el TEP debe considerarse ante la aparición de disnea súbita, síncope o hipotensión brusca de causas no aclaradas. La disnea, en primer lugar, seguida del dolor pleurítico, son los síntomas más frecuentes. Otros menos frecuentes son la opresión torácica, la hemoptisis, tos o broncoespasmo. La taquicardia y la taquipnea son los signos más constantes, junto con signos de TVP (calor, rubefacción, dolor en la pantorrilla). Generalmente, la presencia de disnea grave, hipotensión, síncope o cianosis indican un TEP masivo, mientras que la presencia de dolor pleurítico, tos o hemoptisis sugieren embolismo periférico que se acompaña de infarto pulmonar. Debido a que la clínica y las causas predisponentes difieren tanto entre unos pacientes y otros, se han creado las Escalas Wells y Ginebra para evaluar la probabilidad clínica de presentar TEP [1-2].

Para el diagnóstico, en primer lugar, debemos dividir a los pacientes según su estabilidad hemodinámica. En aquellos que presenten signos de inestabilidad hemodinámica la ecocardiografía torácica es la primera prueba a realizar. Esta permitirá la identificación de hipertensión pulmonar aguda y disfunción del ventrículo derecho, que en este contexto confirmará el diagnóstico de TEP y permitirá la indicación de reperfusión inmediata. En los pacientes hemodinámicamente estables, la estrategia diagnóstica consiste en la valoración de la probabilidad clínica, el valor del dímero D y la angio-TC de arterias pulmonares [2,4].

Para valorar la probabilidad clínica pretest de TEP utilizaremos la escala de Wells. Esta establece grados de probabilidad de TEP baja (<2 puntos), intermedia (2-6) o alta (>6). Además, como pruebas básicas podemos realizar una radiografía de tórax, un electrocardiograma y una gasometría que permitirán un primer diagnóstico diferencial con otras patologías cardiopulmonares. Estas pruebas pueden presentar alteraciones específicas del TEP, pero un resultado normal no excluye el diagnóstico. En función de la probabilidad en la escala de Wells indicaremos las pruebas complementarias [2].

La determinación sérica del dímero D debe indicarse en pacientes con baja probabilidad de TEP, y permite descartarlo si su valor es inferior a 500 µg/l. La angiografía con tomografía computarizada (angio-TC) de arterias pulmonares es la prueba de elección ante una sospecha de TEP alta, o probabilidad baja o intermedia con dímero D elevado. Si esta es positiva, se debe iniciar el tratamiento anticoagulante. La gammagrafía ventilación-perfusión pulmonar se considera de segunda elección tras el angio-TC por el gran número de estudios no diagnósticos. La angiografía pulmonar es una prueba invasiva no exenta de riesgos, por lo que solo se recomienda en última instancia. Por último, la ecografía doppler venosa de miembros inferiores permite el diagnóstico de TVP, y queda reservada para el estudio etiológico posterior tras la imagen torácica [2-4].

En pacientes con inestabilidad hemodinámica o factores de alto riesgo el tratamiento consiste en la disolución del coágulo, ya sea mediante trombolisis o embolectomía. En pacientes estables hemodinámicamente y sin disfunción cardiaca la heparina es el tratamiento de elección. Suelen emplearse heparinas de bajo peso molecular (HBPM) por vía subcutánea, dado que su vida media plasmática es más larga, no precisan monitorización del tiempo de tromboplastina parcial activada y el ajuste de dosis no suele ser necesario. La heparina no fraccionada se reserva para los TEP con compromiso hemodinámico junto con los fibrinolíticos. En caso de contraindicación absoluta de anticoagulación, el tratamiento de elección es el filtro de vena cava. Las guías actuales no recomiendan seguimiento por imagen post-TEP [1-4].

Por último, es importante destacar que la mortalidad en el TEP difiere entre los pacientes tratados (y por tanto, diagnosticados) y los no tratados, y ha disminuido en los últimos años debido a un incremento de los primeros. Es por eso que la sospecha clínica y el diagnóstico precoz mediante las pruebas de imagen suponen un pilar fundamental en el manejo esta patología [2-3].

2.2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE DOBLE ENERGÍA

La adquisición de imágenes de tomografía computarizada (TC) mediante exposiciones de dos kilovoltajes diferentes fue explorada por primera vez en la década de 1970. Sin embargo, no fue hasta 2006 cuando se introdujo por primera vez una fuente dual en un sistema de TC [5-6]. Hasta entonces, el desarrollo de los equipos de TC había proporcionado una mejora en el diagnóstico, pero siempre en el contexto de análisis morfológico de las imágenes. Desde la aparición de los nuevos equipos, la TC ofrece la posibilidad de adquirir datos con distintos espectros de rayos X, lo que se conoce como tomografía computarizada con energía dual (TCED) [5].

La TCED supone un cambio sustancial en el diagnóstico, puesto que permite caracterizar y diferenciar determinados elementos químicos y, con ello, detectar alteraciones en ausencia de anomalías morfológicas o densitométricas [6].

La TCED se basa en que la absorción de rayos X depende de la energía del haz y en que los elementos tienen una atenuación diferente a 80 que a 140 kilovoltios (kV). El aire, el agua y la grasa tienen un coeficiente de atenuación similar a distintos kilovoltajes, y no son susceptibles de ser diferenciadas con energía dual (ED). Sin embargo, el yodo, el calcio, el ácido úrico, el xenón y el gadolinio sí que presentan una marcada diferencia de atenuación a distintos voltajes y son los que dan lugar a las principales aplicaciones de esta técnica radiológica. Para diferenciar estos elementos, existen tres modalidades de ED [7-8]:

- Tomografía computarizada de doble fuente: consiste en dos tubos de rayos X, cada uno con sus respectivos detectores, colocados de forma perpendicular en el gantry. Esto permite que la corriente del tubo (miliamperios) se pueda ajustar por separado, lo que implica un nivel de ruido similar en los dos conjuntos de datos. El tubo de 80 kV utiliza una corriente 4-5 veces mayor que el tubo de 140 kV. Los equipos incorporan un filtro de estaño en el tubo de alta energía que permite eliminar los fotones de baja energía del haz de rayos X, así se reduce la radiación y se consigue un mejor análisis espectral.
- Conmutación rápida de kilovoltaje: emplea un solo tubo y una fila de detectores. Durante el giro, el tubo va modulando rápidamente la energía, produciendo de forma alternativa espectros de bajo y alto kilovoltaje. La ventaja de estos equipos es que pueden fabricarse con menor coste, ya que solo necesitan un tubo. Además, teóricamente la descomposición del material es más segura y con menos artefactos. Como desventaja, la separación espectral es peor y puede dar lugar a un alto nivel de ruido en las imágenes de baja energía.
- Detectores sándwich o multicapa: utilizan dos capas de detectores superpuestas y un único haz de rayos X a la energía habitual. Los fotones de baja energía se absorben en la hoja superior del detector, mientras que los fotones de alta energía se recogen en la capa inferior del detector. La ventaja es que solo necesita el tubo estándar; la desventaja es que la diferencia entre los espectros de rayos X es menor.

Los mapas de yodo se obtienen mediante el post-procesado de la descomposición de materiales realizada mediante la TCED, que permite obtener imágenes de vóxeles que solo contengan el material que nos interesa, que en el caso del estudio del TEP es el yodo. Por otro lado, la TCED permite prescindir del estudio inicial basal sin contraste, sustrayéndolo digitalmente, empleando así menor dosis de radiación. Algunos estudios establecen que se puede llegar a reducir la dosis entre un 30 y un 60%, dependiendo del protocolo empleado [7,9].

Hoy en día, las aplicaciones clínicas desarrolladas son aquellas que derivan de la caracterización de los elementos que la ED puede determinar. Se puede extraer el yodo de una TC generando mapas que nos dan idea de la perfusión en tejidos como el pulmonar o el miocárdico. Esto se puede aplicar en patologías tan relevantes como el cáncer de pulmón, el infarto de miocardio o el TEP. También es posible caracterizar el calcio, lo que permite eliminar el hueso y las placas de ateroma calcificadas en los estudios vasculares, o el ácido úrico, para diferenciar las litiasis urológicas cálcicas de las de ácido úrico, o valorar los depósitos de uratos en enfermedades como la gota. El xenón es un elemento cuyo uso para la práctica clínica no está aprobado en España, y el gadolinio no tiene utilidad práctica porque se necesitan grandes concentraciones para poder diferenciarlo [10,11,23].

En cuanto a la aplicación de la TCED para el estudio del TEP, que es lo que trataremos en nuestro estudio, es fundamental conocer las imágenes que podemos encontrar tanto en los cortes axiales de TC como en los mapas de yodo (Anexo I). El mapa de yodo normal es una imagen con un color homogéneo en todo el parénquima pulmonar. En el TEP, los defectos de perfusión aparecen como áreas de color diferente al resto del parénquima, de morfología triangular y base periférica, que afectan a un territorio vascular cuyo tamaño depende del calibre del vaso implicado. Sin embargo, también pueden aparecer como áreas de hipoperfusión difusas, o como un mapa de yodo sin alteraciones debido al desarrollo de circulación pulmonar colateral. Además, existen defectos de perfusión que no son debidos a TEP, como los generados por las enfermedades fibrosantes, el enfisema, el cáncer de pulmón o los artefactos. Por ello es preciso diferenciarlos semiológicamente y correlacionarlos con las imágenes de representación multiplanar de la angio-TC [9-11].

Para la energía dual se han descrito una serie de ventajas y limitaciones. Como ventajas principales se encuentran una mejor visualización de arterias segmentarias y subsegmentarias que con los equipos convencionales y la posibilidad de obtener mapas de yodo, que dan una idea de la funcionalidad del parénquima pulmonar.

Estos permiten determinar si el trombo tiene repercusión clínica en la perfusión pulmonar, y a su vez detectar trombos que pueden pasar desapercibidos en el estudio convencional. Los defectos de perfusión podrían tener además un valor pronóstico e influir en el futuro en la necesidad de instauración y mantenimiento de tratamiento. Además, la energía dual en el angio-TC no expone al paciente a radiación adicional significativa comparada con el angio-TC standard, y permite la utilización de menores dosis de contraste que las técnicas convencionales [12-15].

En cuanto a las limitaciones de la energía dual, los individuos con IMC elevado no son buenos candidatos a la ED, puesto que el ruido de la imagen puede ser tan alto que dificulte la identificación y caracterización de las lesiones. Además, el número de imágenes generadas triplica las de un estudio convencional, lo que genera la necesidad de sistemas de almacenamiento de mayor capacidad y una mayor carga de trabajo para los radiólogos para analizar todas las imágenes se generan. Por último, pueden generar un sobrediagnóstico de TEP al detectar trombos en pequeñas arterias con muy poca repercusión clínica y funcional [12-15].

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis de este estudio es que la TCED permite incrementar la sensibilidad diagnóstica del TEP, puesto que permite una mejor visualización de arterias segmentarias y subsegmentarias, una mayor detección de defectos de repleción en las arterias pulmonares y una valoración de la repercusión funcional del TEP en el parénquima pulmonar. Además, todo es llevado a cabo sin incrementar la dosis de radiación y de contraste empleados durante la prueba con respecto a los equipos convencionales [12]. Por ello, y debido a la reciente adquisición de un equipo de TCED en el servicio de Radiodiagnóstico del hospital Clínico Universitario de Valladolid, se decide realizar este estudio para evaluar si la energía dual aporta un valor añadido al diagnóstico del TEP.

El objetivo principal del estudio es realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de las imágenes de angio-TC de arterias pulmonares y los mapas de yodo obtenidos con este nuevo equipo por sospecha de TEP, para evaluar si se cumple lo descrito en la bibliografía.

Los objetivos secundarios del trabajo son valorar la adecuación de las peticiones por sospecha de TEP, en función de las características epidemiológicas de los pacientes y el grado de sospecha previo a la realización de la prueba, valorar los criterios clínicos y analíticos más frecuentes en los pacientes con estudio radiológico positivo para TEP, y conocer las patologías que más frecuentemente pueden simular TEP.

Por último, valoraremos la mortalidad asociada a TEP y la relación de esta patología con la TVP en nuestra población diana.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, se han revisado todos los estudios de angio-TC de arterias pulmonares por sospecha de TEP realizados en el equipo de TCED del servicio de Radiodiagnóstico del hospital Clínico Universitario de Valladolid entre los meses de noviembre de 2018 y enero de 2019. En total se han obtenido 135 estudios realizados por esta sospecha, de los cuales, una vez revisados los informes, 127 han cumplido los requisitos de nuestro estudio. Puesto que existen otros dos equipos de TC actualmente en funcionamiento en el servicio, la realización de la prueba en el nuevo equipo o en los convencionales ha sido aleatoria dependiendo exclusivamente de su disponibilidad en ese momento. Todos los pacientes tenían indicación clínica para la realización de la prueba. Los criterios de inclusión han sido los siguientes:

- Pacientes con sospecha de TEP por criterios clínicos y/o de laboratorio en los que su estado hemodinámico permite la realización de la prueba.
- Pruebas realizadas en el equipo de TCED con la técnica GSI (que se explicará a continuación).

Los criterios de exclusión han sido los siguientes:

- Pacientes inestables hemodinámicamente.
- Pacientes con alergia al contraste.
- Pacientes con insuficiencia renal.
- Pacientes embarazadas.
- Pruebas realizadas en otros equipos de TC convencionales o que no fueron realizados con la técnica GSI.

4.1. ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA

Todos los estudios fueron realizados con TCED con un equipo GSI spectral CT Revolution de General Electric, Healthcare (Anexo II).

La adquisición se realizó con técnica GSI (Gemstone Spectral Image) con el protocolo establecido en el equipo con los siguientes parámetros: Voltaje del tubo: entre 80 y 140 kvp, Miliamperaje: 195 mA, Tiempo de rotación: 0,6 seg, pitch: 0,992, colimación: 64x 0,625 mm, DFOV: 36 cm ASIR-V-50%.

Los valores de DLP (Dosis Length Product) del estudio se utilizaron para calcular la dosis efectiva en miliSieverts (mSv) utilizando un factor de conversión región específico de 0.017 para el pulmón.

Para la inyección del contraste se utilizó un protocolo estandarizado con la técnica de “bolus tracking” con inicio de la adquisición del estudio tras inspiración profunda, 5 segundos después de la opacificación de la arteria pulmonar por encima de 90 Unidades Hounsfield (UH) tras posicionar un marcador ROI (Region Of Interest) en dicha arteria. Se utilizaron 50 ml de contraste iodado Iohexol (Omnipaque, GE) de 350 mg/ml que se inyectó en una vena antecubital a un flujo de 4ml/seg. Previamente al contraste se inyectaron 10 ml de suero salino y posteriormente 40 ml.

4.2. RECONSTRUCCIÓN Y POSTPROCESADO DE LA IMAGEN

El equipo realiza automáticamente tres series de reconstrucciones con un promedio (según la superficie corporal del paciente) de 400 imágenes cada una que se envían a la estación de trabajo a través de un servidor. En la estación de trabajo se procesan mediante protocolo estandarizado de GSI para tromboembolismo pulmonar obteniéndose 4 series:

- Una serie de imágenes axiales con 70 Kvp con espesor de corte de 0,63 mm, filtro kernel de mediastino con 400 de WW (ancho ventana) y 40 de WL (nivel de ventana) para usar de referencia.
- Una serie de imágenes axiales con filtro de pulmón y 1500 de WW y -600 WL.
- Una serie de imágenes monocromáticas con rango ajustable desde 40 Kev hasta 140 Kev.
- Una serie de mapas de densidad de Iodo que muestra mediante una escala de color el realce de Iodo en el parénquima pulmonar. En nuestro estudio utilizamos la escala “arco iris” con ajuste de ventana de 400 WW y 40 WL.

En todas las series podemos obtener de forma rápida y sencilla reconstrucciones multiplanares, coronales, sagitales y oblicuas en la estación de trabajo [16-17].

4.3. PARÁMETROS A ESTUDIO

En primer lugar se ha llevado a cabo la revisión de historias clínicas de los pacientes a los que se les solicitó la prueba, recabando así datos epidemiológicos, clínicos y de laboratorio que llevaron a la realización del angio-TC de arterias pulmonares. Se ha establecido la probabilidad clínica pretest para cada paciente de presentar TEP mediante la escala de Wells (Tabla 1).

Puntos	Criterios de Wells
3	Signos de TVP
3	Diagnóstico alternativo menos probable
1,5	Frecuencia cardiaca mayor de 100 latidos por minuto
1,5	Cirugía o inmovilización en las 4 semanas previas
1,5	Episodio de TEP o TVP previas
1	Hemoptisis
1	Antecedentes de cáncer o enfermedad oncológica activa

Tabla 1. Sistema Wells de estimación de probabilidad clínica de padecer tromboembolismo pulmonar que divide a los pacientes en tres grupos: baja probabilidad (0-1 puntos), intermedia (2-6) y alta (puntuación de 7 o superior).

A continuación, se ha llevado a cabo el análisis de las imágenes por un radiólogo experto en patología torácica y su correlación con los datos recogidos en el informe radiológico del angio-TC. Se han analizado tanto los cortes axiales convencionales como los axiales con filtro de pulmón, las imágenes monocromáticas y los mapas de densidad de yodo simultáneamente, para correlacionar los defectos de repleción arteriales con defectos de perfusión en el parénquima pulmonar y viceversa. En cuanto a los mapas de yodo, estos se han revisado en la estación de trabajo con objeto de buscar la presencia o ausencia de áreas de hipoperfusión, valorando su distribución y morfología, así como su correlación con la existencia de TEP o con otros hallazgos patológicos en el TC. En los casos positivos para TEP, se han analizado los datos referentes a la distribución, multiplicidad y características de los trombos visualizados.

La calidad de la imagen se valoró mediante análisis visual por un radiólogo experto. Esta se dividió en excelente (3 puntos), buena (2), moderada (1) o mala (0) según la opacificación adecuada de la arteria pulmonar y la existencia o no de artefactos que dificultasen la valoración. Se recogieron las dosis de contraste utilizado y la radiación recibida por el paciente, calculada como el producto del DLP (Dosis Length Product) en mGy x cm, por el factor conversión específico de 0.017 para el pulmón (mSv / mGy x cm).

Además del TEP, se han recogido los hallazgos más frecuentes relacionados con el mismo, la presencia o no de signos de insuficiencia cardiaca derecha y la medición de la arteria pulmonar principal (estos dos últimos como datos pronósticos). También se han recogido los hallazgos radiológicos más frecuentes en los estudios negativos para TEP.

Por último, se ha revisado el diagnóstico final en los informes médicos de los pacientes, así como la mortalidad al mes del estudio y la aparición o no de TVP en los pacientes con estudio positivo para TEP.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se trata de un estudio de cohortes retrospectivo. Se ha empleado el test Chi-cuadrado de Pearson para analizar la asociación de las variables cualitativas. En el caso de que el número de celdas con valores esperados menores de 5 haya sido mayor de un 20%, se ha utilizado el test exacto de Fisher o el test de Razón de verosimilitud para variables con más de dos categorías.

Las comparaciones de los valores cuantitativos se han realizado mediante la prueba T de Student para muestras independientes.

Los datos han sido analizados con el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 24.0 para Windows. Aquellos valores de $p < 0,05$ han sido considerados estadísticamente significativos.

5. RESULTADOS

En este estudio se han analizado las peticiones de angio-TC de arterias pulmonares realizadas entre el 7 de Noviembre de 2018 (día en el que el nuevo aparato de TCED entró en funcionamiento) hasta el 31 de Enero de 2019. De los 135 estudios solicitados durante los meses de este trabajo, dos de ellos fueron anulados por inestabilidad hemodinámica de los pacientes, uno se encontraba repetido en el listado de peticiones, y otros 5 no fueron incluidos en nuestro estudio por haberse realizado sin la técnica GSI, lo que no permitió la obtención de mapas de iodo. Por tanto, durante estos 85 días, un total de 127 peticiones cumplieron los criterios de nuestro estudio. Se realizaron un número medio de 1,49 (1-6) angio-TC al día, y en 25 días no se realizó ningún angio-TC de arterias pulmonares en nuestro equipo.

En cuanto al Servicio de procedencia de las peticiones, un 75,4% de las peticiones se efectuaron desde el Servicio de Urgencias, un 15,1% desde Medicina Interna, un 4% desde Neumología, un 1,6% desde Neurología, un 0,8% desde Cardiología y el porcentaje restante (3,1%) desde otros Servicios (Cirugía Torácica, Cirugía General y Medicina Intensiva). Los pacientes a los que se les solicitó el angio-TC de arterias pulmonares fueron en su mayoría mujeres (55,9%). La edad media de los pacientes fue de 70 años (intervalo de confianza al 95%: 66,4-73 años).

En cuanto a los criterios clínicos para solicitar las pruebas, el síntoma más frecuentemente reflejado en las peticiones fue la disnea, reflejada en el 71,7% de las solicitudes, seguida del dolor torácico (30,7%), la tos (24,4%), el síncope (18,9%) y la hemoptisis (4,7%). Los signos más frecuentes en las peticiones fueron la taquicardia (42,5%), taquipnea (21,3%) y signos de TVP (18,9%). En cuanto a los antecedentes que predisponen a TEP más reflejados en las solicitudes fueron inmobilizaciones previas (19,7%), antecedentes oncohematológicos (17,3%), antecedentes de TEP o TVP (17,3%), cirugías previas (11%), e ingesta de anovulatorios (3,2%).

En función de estos criterios clínicos se calculó la probabilidad clínica pretest de presentar TEP mediante la escala de Wells, como se muestra a continuación. Según esta, un 54% de los pacientes presentaban riesgo bajo, un 34,6% intermedio y un 11% alto de TEP. De aquellos con riesgo bajo, en ninguno se constató la presencia de TEP en el angio-TC. Por el contrario, en aquellos con probabilidad preclínica alta, tan solo uno fue negativo para TEP en la prueba de imagen.

			TEP		Total
			Ausencia	Presencia	
Riesgo	Bajo	n	69	0	69
		%	70,4%	0,0%	54,3%
	Intermedio	n	28	16	44
		%	28,6%	55,2%	34,6%
	Alto	n	1	13	14
		%	1,0%	44,8%	11,0%
Total	n	98	29	127	
	%	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabla 2. Tabla de contingencias en la que se relaciona el riesgo de padecer TEP calculado mediante la escala de Wells frente a la presencia o ausencia de TEP.

En cuanto a las pruebas complementarias realizadas antes del angio-TC de arterias pulmonares, hemos destacado la radiografía de tórax y la determinación sérica del dímero D. Otras como la gasometría o el electrocardiograma con datos sugestivos de TEP se reflejaban en un total de 20 peticiones (hipoxemia, patrón S1Q3T3, fibrilación auricular de reciente diagnóstico/sin anticoagular, etcétera). En cuanto a la radiografía de tórax, esta fue realizada en 105 pacientes (82,7%), de los cuales fue normal en un 46,7% de los casos. Los hallazgos patológicos más frecuentes en la radiografía fueron derrame pleural (25,7%), consolidaciones alveolares (15,24%), cardiomegalia (12,38%), aumento de la trama broncovascular (10,47%) y nódulos pulmonares (2,86%) entre otros.

El dímero D fue realizado en un total de 102 pacientes (80,3%), de los cuales superó el valor de corte (500 µg/ml) en 97 pacientes (95,1%). En 5 pacientes se realizó el angio-TC de arterias pulmonares con dímero D negativo (menor de 500) y en 25 pacientes (19,7%) se solicitó el angio-TC sin haber determinado el dímero D. El valor medio del dímero D fue de 4067,94 µg/ml (DS: 5588,01). Por grupos de valores, el valor del dímero D se situó más frecuentemente entre 1000 y 2000 µg/ml, con un 30,4% de los resultados en este rango, seguido del intervalo entre 500 y 1000 µg/ml (23,5%) y del intervalo entre 1000 y 1500 µg/ml (20,6%) (Anexo III).

A continuación se analizaron los datos de los angio-TC de arterias pulmonares realizados. En cuanto a la calidad de los estudios, esta fue considerada excelente en un total de 104 pruebas (81,9%), buena en 9 (7,1%) y moderada en 14 (10,9%), obteniendo una puntuación final de 2,700 sobre 3 de media (DS: 0,103). En aquellos estudios de calidad buena y moderada, los artefactos fueron técnicos (35,7%), respiratorios (35,7%), por obesidad (7,1), por movimiento del paciente (7,1%) o una combinación de los anteriores (14,3%). La cantidad de contraste administrado fue de 44,4 ml de media (DS: 5,44), ya que inicialmente se emplearon dosis de 30 y 40 ml y finalmente esta se fijó en 50 ml, para obtener una calidad óptima en los estudios. La dosis efectiva de radiación recibida por los pacientes fue de 3,31 mSv de media (Intervalo de confianza al 95%: 3,14-3,48 mSv) (Anexo III).

En total, 29 de los 127 estudios fueron positivos para TEP, lo que supone un porcentaje del 22,7% de los angio-TC realizados. En los pacientes con TEP, los síntomas más frecuentes fueron la disnea (58,6%) y el dolor torácico (20,7%). Los signos más frecuentes la taquicardia (44,8%) y taquipnea (17,2%) y los antecedentes más frecuentes que se relacionaron con un estudio positivo fueron las inmovilizaciones previas (37,9%) y antecedentes de TEP o TVP previos (20,7%). Cabe destacar que todos estos datos, a excepción de las inmovilizaciones previas, fueron proporcionalmente más frecuentes en los pacientes con ausencia de TEP (Anexo III).

En cuanto a distribución anatómica del tromboembolismo, este fue en la mayor parte de los casos bilateral (62%), múltiple (86%), e incompleto (78%), afectando más frecuentemente a campos derechos e inferiores (Anexo III). Se visualizó TEP en las arterias pulmonares principales en 8 de los casos (27,6%), en las lobares en 14 casos (48,3%), en las segmentarias en 27 (93,1%) y subsegmentarias en 11 (37,9%). El TEP aislado en arterias segmentarias y subsegmentarias (y no en arterias lobares o principales) supuso un total de 15 casos (51,7%), y únicamente en subsegmentarias un total de 3 casos (10,3%).

En cuanto a los signos acompañantes al TEP, el derrame pleural fue el más frecuente. Este estaba presente en un 27,6% de los pacientes con TEP, sin embargo, también en un 28,6% de los pacientes sin TEP. Otros signos muy sugestivos de TEP como el patrón en mosaico y el infarto pulmonar fueron informados por los radiólogos en un 3,4 y un 17,2% respectivamente de los pacientes positivos para TEP. En cuanto a los signos de disfunción ventricular derecha (abombamiento del tabique interventricular, dilatación del ventrículo derecho), estos fueron positivos en 11 pacientes con TEP. La medida del tronco de la arteria pulmonar, que se relaciona con el grado de hipertensión pulmonar fue ligeramente superior en los pacientes con TEP (26,38 mm de media), frente a aquellos con ausencia de TEP (25,94 mm).

Respecto a los mapas de iodo, se identificaron cuatro tipos de patrones en los pacientes con TEP: defectos de perfusión triangulares y periféricos, en 7 pacientes, defectos de perfusión irregulares y difusos, en 14 pacientes, defectos de perfusión causados por artefactos, en 2 casos, y ausencia de defectos de perfusión, en 6 pacientes. Además del TEP, el angio-TC de arterias pulmonares permitió el diagnóstico de otras patologías. El diagnóstico alternativo al TEP más frecuente fueron las infecciones, con 22 casos, seguidas de insuficiencia cardiaca descompensada (14 casos), dolor neuromuscular (5), disnea no filiada (5), ansiedad (4) y derrame pleural masivo (2), entre otros. En cuanto a la mortalidad a los 30 días en nuestra serie de casos, hubo un total de 13 fallecimientos (10,3%), 3 en pacientes con TEP (23%) y 10 con estudio de imagen negativo para TEP. La causa más frecuente de fallecimiento fue la insuficiencia cardiaca refractaria (28,6%) seguida de las infecciones respiratorias (21,4%) y la progresión tumoral (14,3%). Por último, para el estudio etiológico del tromboembolismo pulmonar, se realizó una ecografía doppler de miembros inferiores en 24 de los 29 casos de TEP (82,8%), de los cuales, se constató TVP en un 75% de los casos.

6. DISCUSIÓN

Este estudio sobre la utilidad de la TCED en el diagnóstico del TEP ha permitido conocer el impacto real que tiene el uso de estos nuevos equipos en la población del área este de Valladolid. Nuestro trabajo viene precedido por otro estudio llevado a cabo en el mismo Servicio en 2013 por el doctor Ruiz García [20], que en este caso analizó los datos de 250 peticiones de angio-TC por sospecha de TEP realizadas con uno de los equipos convencionales del Servicio. En otro estudio, Bogot et al [12] compararon la TCED con los equipos estándar y Geyer et al [18] y Delesalle et al [19] estudiaron los resultados en los equipos de TCED para el diagnóstico de TEP y otras patologías.

En este trabajo hemos obtenido un total de 29 casos positivos para TEP, lo que supone un 22,7% de los estudios realizados. Este dato resulta similar respecto al estudio de Ruiz García [20] en el cual hubo un 24% de positividad y al estudio de Geyer [18] (19%). Este bajo índice de positividad para TEP en los diversos estudios puede explicarse debido a la alta disponibilidad del angio-TC, ya que se trata de una técnica de imagen de fácil acceso con pocas contraindicaciones. Esto hace que sea solicitada con frecuencia por múltiples especialidades, destacando en nuestro trabajo el Servicio de Urgencias, que realizó un 75,4% de las peticiones.

Por otro lado, debemos tener en cuenta los resultados del cálculo de la escala de Wells, que es considerada la principal forma de estimar la probabilidad clínica de padecer TEP antes de realizar el angio-TC [2,21,22]. En nuestro estudio, el 54,3% de los pacientes presentaban riesgo bajo de padecer TEP, y todos ellos fueron negativos para TEP en el estudio de imagen. En el lado opuesto, el 11% de los pacientes presentaba riesgo elevado según Wells, y de estos, todos menos uno obtuvieron un estudio de imagen positivo para TEP. De los pacientes con riesgo moderado, 34,6%, aproximadamente un tercio obtuvieron estudio positivo. Por lo tanto, los resultados en la escala de Wells sí se han correlacionado adecuadamente en nuestro estudio con los resultados en la prueba de imagen. Dado que más de la mitad de los angio-TC se solicitaron con una probabilidad baja de presentar TEP, hemos obtenido en consecuencia un gran número de estudios negativos. De esto podemos concluir que realizar una correcta sospecha clínica y el cálculo de la escala de Wells son piezas clave para el diagnóstico del TEP y pueden evitar someter a los pacientes a pruebas con radiación ionizante de forma innecesaria.

En cuanto al dímero D, en 5 pacientes de nuestro estudio se realizó el angio-TC con dímero D negativo y en 25 pacientes (19,7%) se realizó la prueba de imagen sin haberlo determinado previamente. Puesto que el dímero D tiene un altísimo valor predictivo negativo y las guías recomiendan su cálculo en pacientes con bajo o moderado riesgo de TEP según Wells [2], no calcularlo solo habría estado justificado en el 11% de pacientes con elevada probabilidad clínica de TEP. En cuanto a la radiografía de tórax, fue normal en la mitad de casos en los que se realizó (105), lo cual refuerza la sospecha de TEP. En los casos restantes permitió observar hallazgos asociados al TEP o diagnósticos alternativos (cardiomegalia, consolidaciones alveolares, etcétera) que limitan la probabilidad de encontrar TEP en el angio-TC. Estos resultados son similares al estudio de Ruiz García [20]. En cuanto a la eco-doppler de miembros inferiores, se solicitó en un porcentaje muy alto de los casos (82,8%) si comparamos con su estudio, en el que solo se realizó en un 60% y la mitad de ellos fueron negativos [20].

Sobre la distribución anatómica del TEP, los estudios de Bogot [12], Coupal [16] y Geyer [18] afirman que la TCED permite un mayor diagnóstico de TEP en arterias segmentarias y subsegmentarias debido a una mejor calidad de las imágenes. En nuestro estudio supusieron el 51,7% de los diagnósticos de TEP de forma aislada, aunque la cifra asciende a 93,1% para los casos en los que las segmentarias se vieron afectadas junto con otras arterias. El TEP exclusivamente subsegmentario supuso un 10,3% de los casos positivos para TEP. Todos estos datos son superiores a los obtenidos por Ruiz García [20], en el que el TEP subsegmentario aislado fue de un 6,6% y en todos los casos el diagnóstico fue dudoso, y solo obtuvo 7 casos de TEP exclusivo en arterias segmentarias (11,6%). En el trabajo de Bogot et al [12] demostraron una mejor visualización de estos vasos con los equipos de TCED que con los convencionales. Este aumento en la detección de TEP aislado en arterias segmentarias y subsegmentarias genera algunos interrogantes, puesto que no está demostrado que el tratamiento en estos pacientes implique un cambio en la supervivencia [1-3]. Actualmente no hay recomendaciones claras sobre si tratar o no a los pacientes con TEP subsegmentario aislado, por lo que hay que individualizar [2]. Por tanto, vemos como el aumento en la sensibilidad diagnóstica que permiten los nuevos equipos puede dar lugar a un sobrediagnóstico y sobretratamiento de los pacientes sin una repercusión real sobre la supervivencia.

En cuanto a los mapas de iodo, gran novedad con respecto a los equipos convencionales, estos han resultado solo de relativa utilidad, puesto que pueden alterarse por motivos diferentes al TEP, y pueden resultar normales en estudios de imagen positivos para TEP [5,9]. A pesar de ello, en nuestro estudio hemos observado que defectos de perfusión en los mapas han permitido a los radiólogos revisar con más detenimiento esa parte del árbol vascular pulmonar en busca de TEP. En el estudio de Geyer et al [18] los defectos de perfusión triangulares sí se correlacionaron con la presencia de TEP. Sin embargo, el resto de patrones (irregulares, difusos, bilaterales, normales) no permitieron descartar ni confirmar presencia de TEP, y deben ser correlacionados con los cortes axiales convencionales según los autores del estudio.

Por otro lado, esta falta de correlación entre los defectos de perfusión pulmonares y de repleción en las arterias podría servir en el futuro como marcador pronóstico de la enfermedad, puesto que aquellos pacientes con mapa de iodo normal (y por tanto una perfusión adecuada del pulmón) podrían haber desarrollado circulación colateral para reperfundir tejidos distales a la obstrucción, lo que podría concederles un mejor pronóstico a largo plazo [6, 18, 19]. A día de hoy, tan solo son considerados de mal pronóstico en el TEP los signos de insuficiencia cardiaca derecha [3,23].

En cuanto a la mortalidad en nuestra serie de casos, esta fue algo mayor para los pacientes con TEP que en el estudio de Ruiz García [22]. De los tres pacientes fallecidos, dos presentaban mapas de iodo con sendas alteraciones de la perfusión, y el último falleció por causas ajenas al TEP presentando solo TEP subsegmentario y un mapa con pocas alteraciones.

Por último, en cuanto a la dosis de radiación empleada en las pruebas, de 3,31 mSv de media, esta ha resultado ser mucho más baja que la empleada en los equipos convencionales del Servicio (Anexo III), lo que coincide con la bibliografía existente [6,7,18]. Las dosis de contraste empleadas, de 50 ml, son entre un 8 y un 50% más bajas respecto a las que se emplean en los equipos convencionales del Servicio (60-90 ml) lo cual es importante de cara al alto número de pacientes con insuficiencia renal que pueden requerir estos estudios. Además, la calidad de los estudios no se ha visto disminuida con respecto al estudio de Geyer [18] en el que se utilizaba un equipo de TCED similares al nuestro.

7. CONCLUSIÓN

La TCED es una buena herramienta para el diagnóstico del TEP ya que permite disminuir la dosis de radiación y contraste empleados para las pruebas, incrementando el número de estudios con diagnóstico de TEP en arterias segmentarias y subsegmentarias. Los mapas de iodo ayudan relativamente al diagnóstico, puesto que no siempre se correlaciona la hipoperfusión pulmonar con los defectos de repleción en las arterias pulmonares, hecho que podría ser relevante en el pronóstico de los pacientes. Por último, es necesario realizar una correcta sospecha clínica de los casos de TEP mediante predictores como la escala de Wells, y el dímero D, para evitar estudios innecesarios. Estudios comparativos con muestras más grandes deben ser realizados.

8. AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, los doctores López-Lara y Sánchez Lite, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y su valiosa orientación. Al doctor Ruiz García de Radiodiagnóstico y a M Fe Muñoz del departamento de Apoyo a la Investigación, por su aportación desinteresada a este proyecto, y a todo el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico de Valladolid, por su disponibilidad y ayuda siempre que lo he necesitado.

9. **BIBLIOGRAFÍA**

1. Uresandi F, Monreal M, García-Bragado F et al. Normativa SEPAR: Consenso nacional sobre el diagnóstico, estratificación del riesgo y tratamiento de los pacientes con tromboembolia pulmonar. Arch Bronconeumol. 2013; 49(12) 534-547.
2. Calvillo Batllés P. Algoritmo para el diagnóstico y el seguimiento de la tromboembolia pulmonar aguda. Radiología. 2017; 59(1):75-87.
3. Plasencia-Martínez J, Carmona-Bayonas A, Calvo-Temprano D, Jiménez-Fonseca P. Valor pronóstico de la tomografía computarizada en la tromboembolia pulmonar aguda. Radiología. 2016; 58(5):391-403.
4. Martínez Montesinos L, Plasencia Martínez J, García Santos J. ¿Está indicada la angiografía por tomografía computarizada de las arterias pulmonares en pacientes con alta probabilidad clínica de tromboembolia pulmonar? Radiología. 2018; 60(2):152-155.
5. Albrecht M, Bickford M, Nance J. State-of-the-Art Pulmonary CT Angiography for Acute Pulmonary Embolism: American Journal of Roentgenology: AJR 2017; 208 (3):495-504.
6. Hoey E, Gopalan D, Screatton N. Dual-Energy CT Pulmonary Angiography: A New Horizon in the Imaging of Acute Pulmonary Thromboembolism. American Journal of Roentgenology. 2009; 192(6):W341-W342.
7. Delgado Sánchez-Gracián C, Martínez Rodríguez C, Trinidad López C. La tomografía computarizada de doble energía: ¿para qué la quiero? Radiología. 2013; 55(4):346-352.
8. Roibás Urraca M. Energía dual TC: Fundamentos técnicos y aplicaciones clínicas. CONGRESO SERAM 2012. Póster DOI: 10.1594/seram2012/S-1323.
9. Bustos Fiore A, González Vázquez M, Trinidad López C, Mera Fernández D. Defectos de perfusión en el mapa de yodo pulmonar: causas y semiología. Radiología. 2018; 60(4):303-311.
10. Kang M, Park C, Lee C, Goo J, Lee H. Dual-Energy CT: Clinical Applications in Various Pulmonary Diseases. RadioGraphics. 2010; 30(3):685-698.
11. Otrakji A, Digumarthy S, Lo Gullo R, Flores E. Dual-Energy CT: Spectrum of Thoracic Abnormalities. RadioGraphics. 2016; 36(1):38-52.

12. Bogot N, Fingerle A, Shaham D, Nissenbaum I. Image Quality of Low-Energy Pulmonary CT Angiography: Comparison With Standard CT. *American Journal of Roentgenology*. 2011; 197(2):273-278.
13. Sista A, Kuo W, Schiebler M, Madoff D. Stratification, Imaging, and Management of Acute Massive and Submassive Pulmonary Embolism. *Radiology*. 2017; 284(1):5-24.
14. Lu G, Wu S, Yeh B, Zhang L. Dual-energy computed tomography in pulmonary embolism. *The British Journal of Radiology*. 2010; 83(992):707-718.
15. Tilve-Gómez A, Rodríguez-Fernández P, Trillo-Fandiño L, Plasencia-Martínez J. Técnicas de imagen diagnósticas empleadas en la presentación aguda de la enfermedad tromboembólica venosa. *Radiología*. 2017; 59(4):329-342.
16. Coupal T, Mallinson P, Gershony S, McLaughlin P. Getting the Most From Your Dual-Energy Scanner: Recognizing, Reducing, and Eliminating Artifacts. *American Journal of Roentgenology*. 2016; 206(1):119-128.
17. Rassouli N, Etesami M, Dhanantwari A, Rajiah P. Detector-based spectral CT with a novel dual-layer technology: principles and applications. *Insights Imagine* 2017 8:589-598.
18. Geyer L, Scherr M, Körner M, Wirth S. Imaging of acute pulmonary embolism using a dual energy CT system with rapid kVp switching: Initial results. *European Journal of Radiology*. 2012; 81(12):3711-3718.
19. Delesalle M, Pontana F, Duhamel A, Faivre J. Spectral Optimization of Chest CT Angiography with Reduced Iodine Load: Experience in 80 Patients Evaluated with Dual-Source, Dual-Energy CT. *Radiology*. 2013; 267(1):256-266.
20. Ruiz García JI, Gómez Mora RD, López Pedreira MR, Jiménez Cuenca M, Casadiego Matarranz L, Petruzzella Lacave R. Sospecha de Tromboembolismo pulmonar. Estudio de 250 peticiones. Póster del VII Congreso de la Sociedad Centro-Norte de Radiología (CENORA) 2013.
21. Wittram C, Maher M, Yoo A. CT Angiography of Pulmonary Embolism: Diagnostic Criteria and Causes of Misdiagnosis. *RadioGraphics*. 2004; 24(5):1219-1238.
22. Motta-Ramírez GA, Diagnóstico de tromboembolia pulmonar mediante angiotomografía computada. *Anales de Radiología México* 2017; 16(3):227-250.
23. Kevin Kalisz, Sandra Halliburton, Suhny Abbara, Jonathon A. Leipsic. Update on Cardiovascular Applications of Multienergy CT. *RadioGraphics* 2017; 37:1955-1974.

ANEXO I

Hallazgos radiológicos del TEP

A continuación haremos un breve repaso de los principales hallazgos que pueden encontrarse al realizar un angio-TC de arterias pulmonares a un paciente con TEP.

CRITERIOS TEP AGUDO:

- 1- Oclusión arterial total por un defecto de repleción.
- 2- Defecto de repleción parcial produciendo el signo de la rosquilla “polo mint” en cortes perpendiculares y el signo del rail de tren en imágenes longitudinales.
- 3- Defecto de repleción parcial que forma ángulos agudos con la pared arterial.

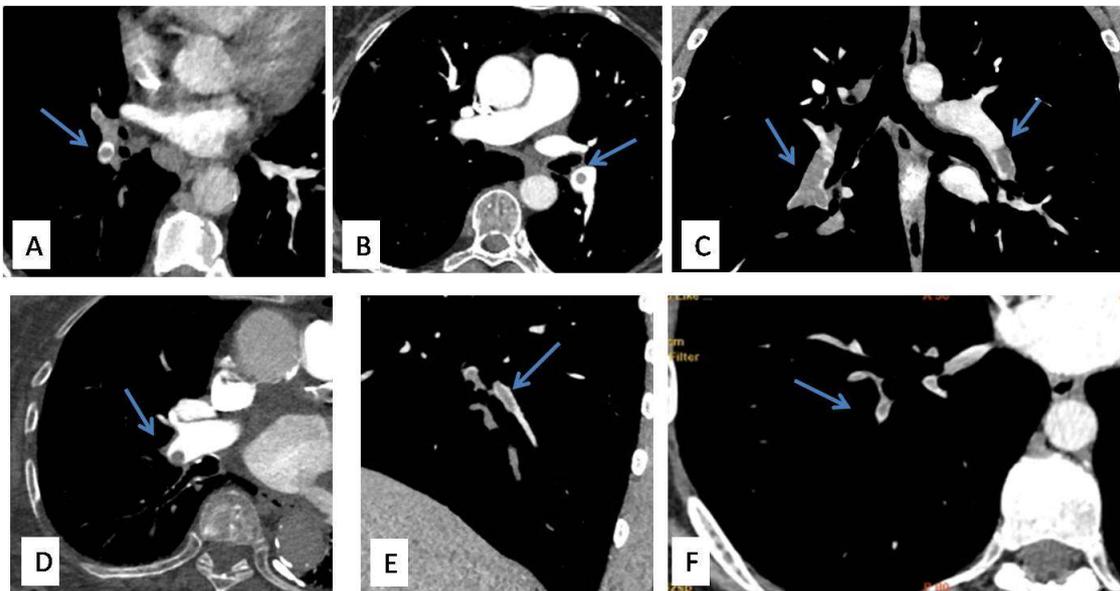


Figura 1. Ejemplos de TEP en diferentes pacientes: A) y B) defectos de repleción centrales endoluminales, con signo de la rosquilla o del “polo mint”; C) TEP bilateral oclusivo en lado derecho y signo de “rail de tren” en lado izquierdo; D) TEP con defecto de repleción con ángulos agudos: imagen en “pata de cangrejo”; E) TEP subsegmentario en plano sagital; F) TEP subsegmentario en plano axial.

SIGNOS INDIRECTOS:

- Infartos pulmonares.
- Oligoemia focal.
- Patrón en mosaico (más en TEP crónico).
- Bandas lineales.
- Derrame pleural.

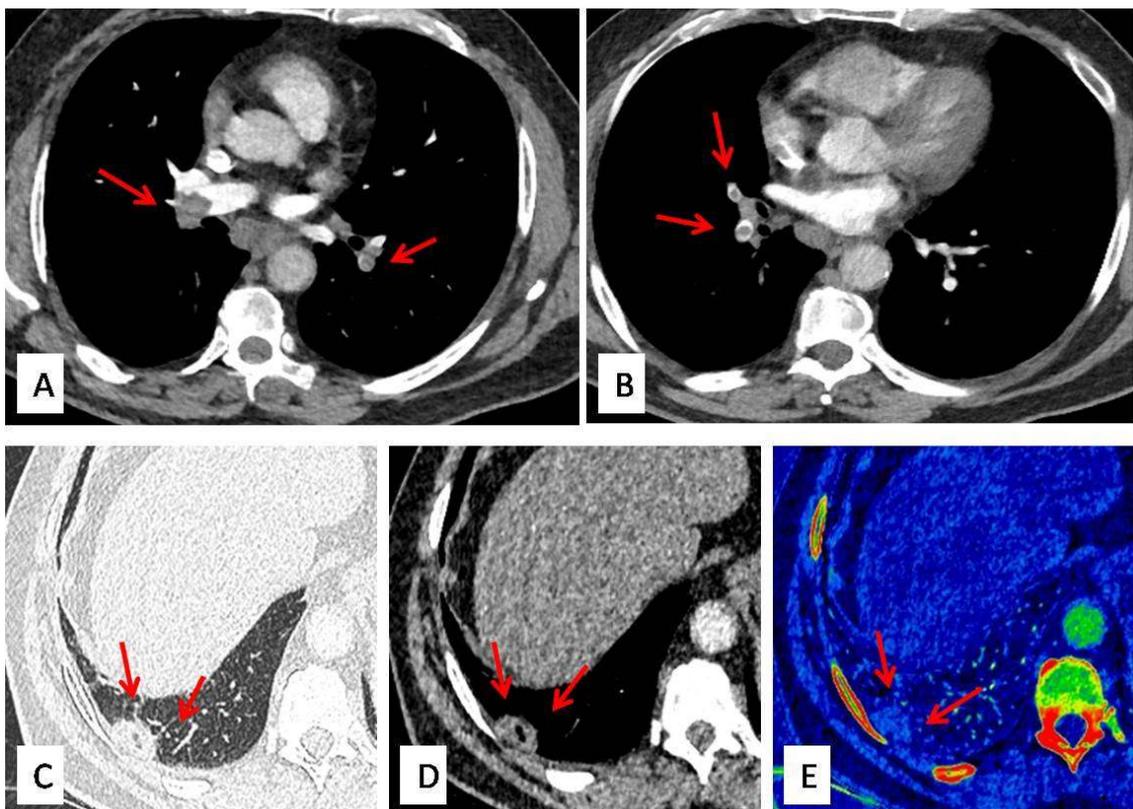


Figura 2: Paciente con TEP múltiple bilateral con infarto pulmonar en lóbulo inferior derecho. A) y B) Múltiples defectos de repleción en arterias pulmonares. C) ventana pulmonar, D) ventana mediastino: Opacidad periférica posterobasal con pequeña cavitación central que corresponde a un infarto pulmonar. E) mapa de yodo donde también se identifica.

ALTERACIONES CARDIACAS:

- Aumento en el volumen del ventrículo derecho.
- Desviación del septo interventricular hacia el ventrículo izquierdo.
- Dilatación del tronco de la arteria pulmonar principal.

La aparición de signos de alteración cardiaca es indicador de HTP y disfunción del ventrículo derecho, lo cual conlleva mayor inestabilidad hemodinámica y peor pronóstico. Son hasta la actualidad los únicos signos considerados pronósticos en pacientes con TEP.

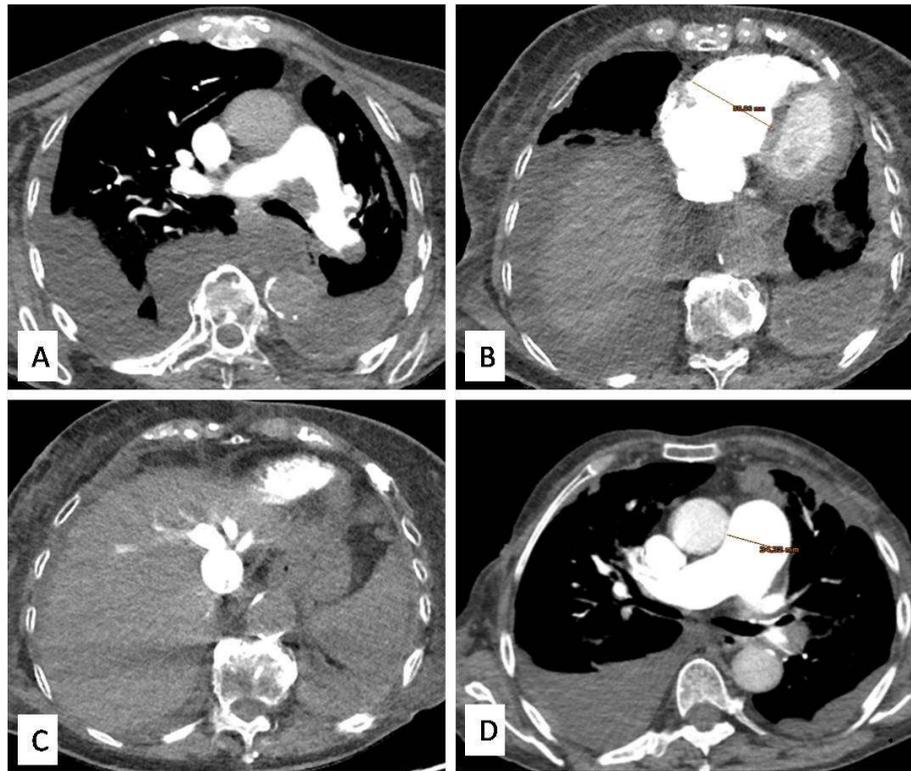


Figura 3. Paciente con TEP masivo y signos de gravedad: A) TEP acabalgado en las arterias principales y en la arteria lobar inferior izquierda. Derrame pleural bilateral. B) Dilatación de ventrículo derecho. C) Reflujo de contraste a venas suprahepáticas. D) Otro paciente con dilatación de la arteria pulmonar principal.

Mapas de yodo:

El mapa de yodo normal es una imagen con un color homogéneo en todo el parénquima pulmonar. En el TEP, los defectos de perfusión aparecen como áreas de color diferente al resto del parénquima, de morfología triangular y base periférica, que afectan a un territorio vascular cuyo tamaño depende del calibre del vaso implicado.

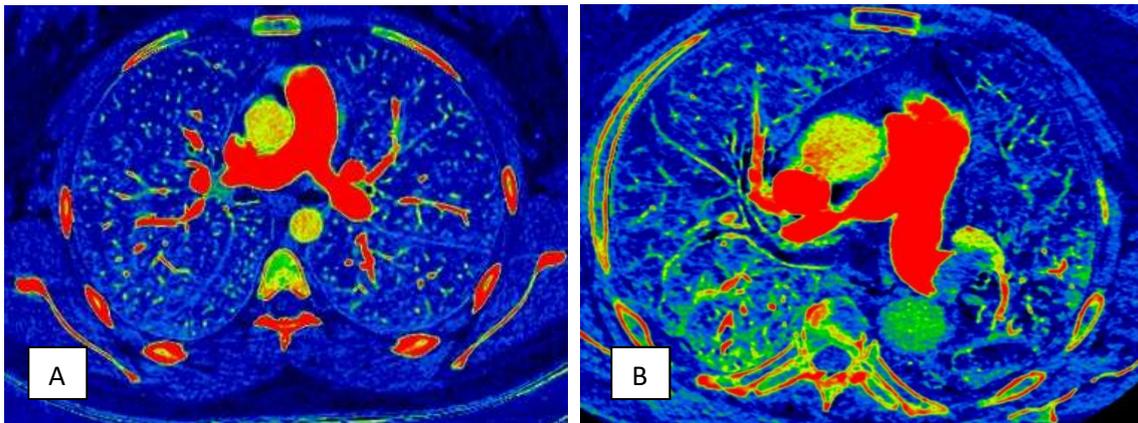


Figura 4. A-Mapa de yodo normal; B-TEP en arteria pulmonar principal izquierda con alteración del mapa de yodo en ambos campos pulmonares.

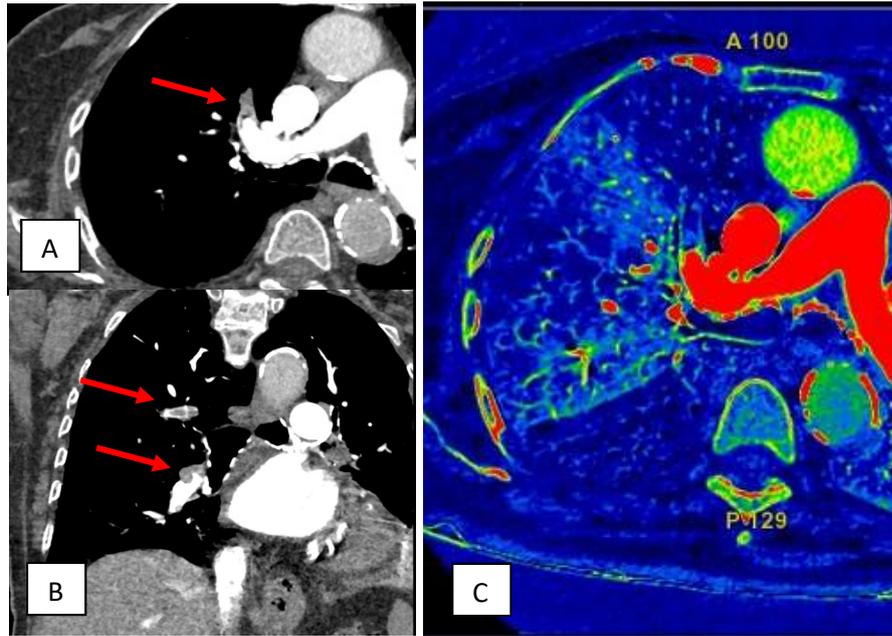


Figura 5. A y B-Correlación entre TEP en arterias lobares derechas y C- defectos de perfusión en el parénquima pulmonar.

Además, los mapas de yodo pueden alterarse por otros motivos, como enfermedades fibrosantes, enfisema, cáncer de pulmón o artefactos.

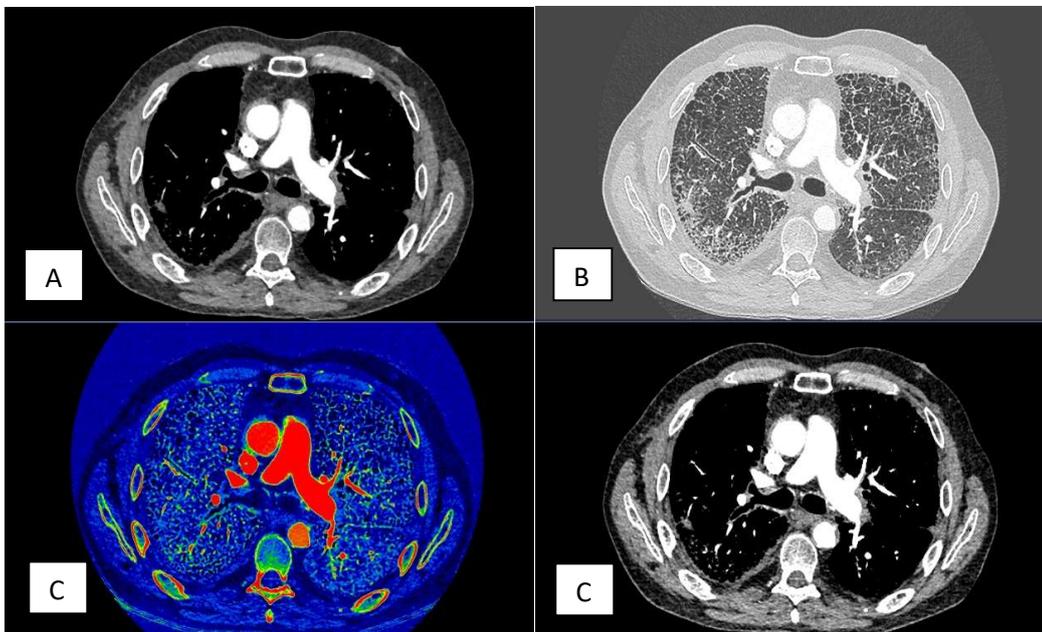


Figura 6. Fibrosis pulmonar con patrón en panal difuso visto con ventana mediastínica (A), ventana de pulmón (B), mapa de yodo (C) y serie monocromática (D).

ANEXO II

Adquisición de la imagen radiológica y postprocesado de la imagen:

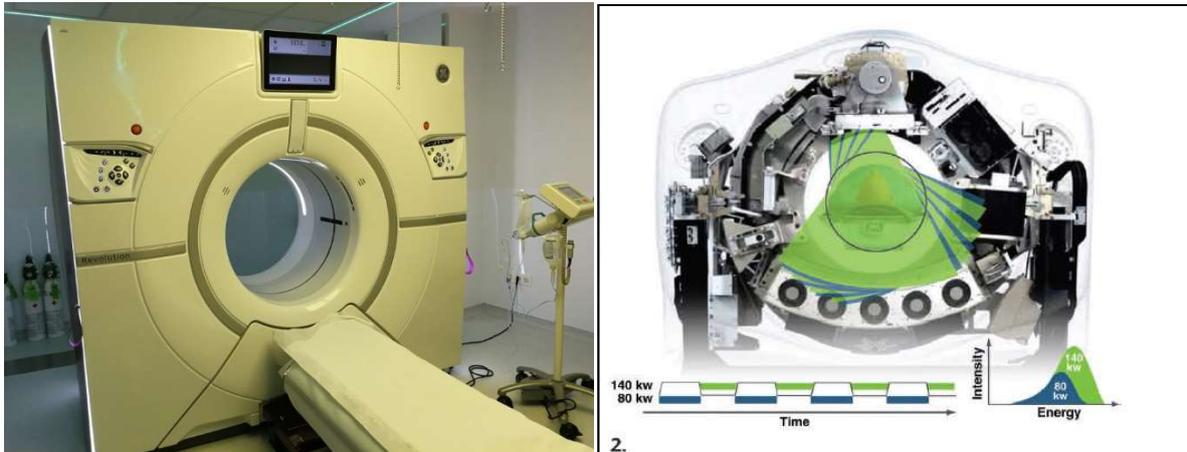


Figura 7. Imagen derecha: TC espectral Revolution General Electric del Hospital Clínico Universitario de Valladolid; Imagen izquierda: Esquema de su interior [ref 10]: el sistema está compuesto por un único tubo y un detector. El tubo es capaz de modificar rápidamente el kilovoltaje desde alto (140 kV) hasta bajo kilovoltaje (80 kV) en cada adquisición.



Figura 8. Técnica de inyección del contraste. Imagen derecha: pantalla del inyector con el protocolo establecido; imagen izquierda: pantalla durante la inyección del contraste mediante la técnica “bolus tracking”.

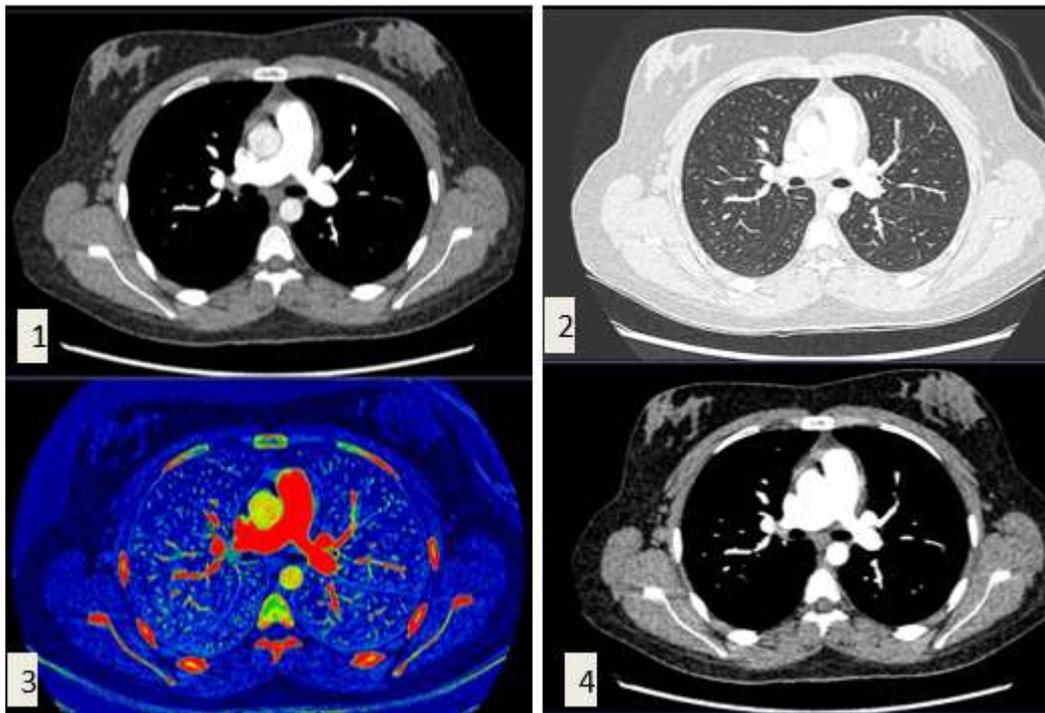


Figura 9. Protocolo estandarizado de reconstrucción en la estación de trabajo. 1-Ventana de mediastino; 2-Ventana de pulmón; 3-Mapas de yodo en color; 4-Serie monocromática.

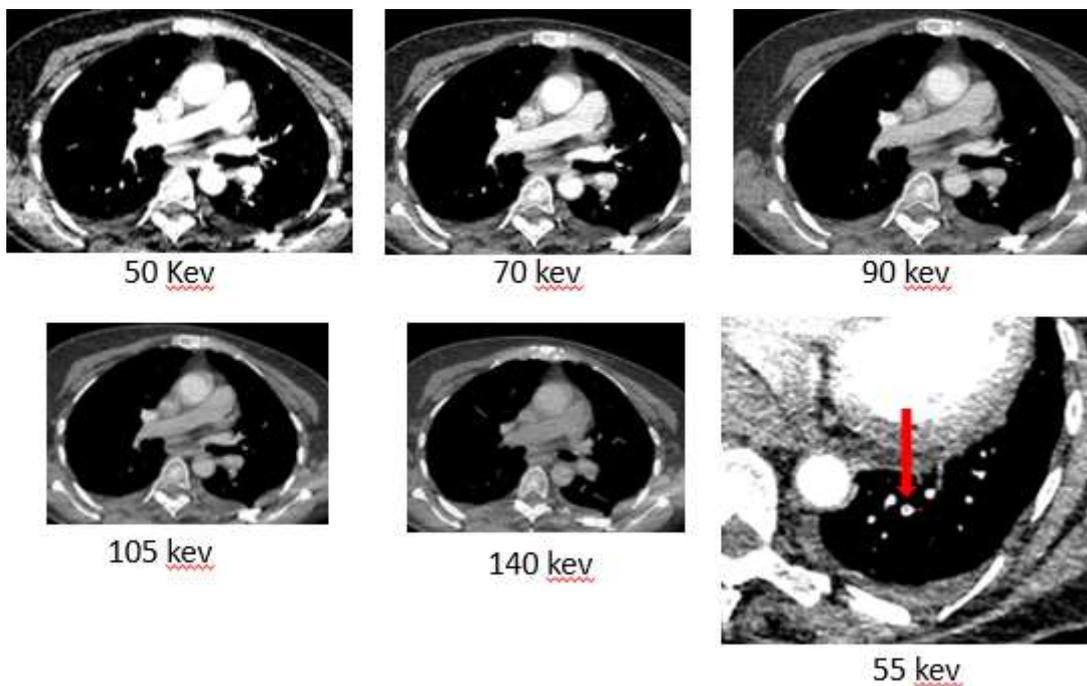


Figura 10. Valor del estudio monocromático. Permite modificar los Kev desde 40 a 140 kev. El realce del yodo aumenta con los kev bajos y disminuye con kev altos, donde simula un estudio sin contraste. De esta forma podemos optimizar el realce vascular mejorando los estudios subóptimos.

ANEXO III

Ampliación de los resultados:

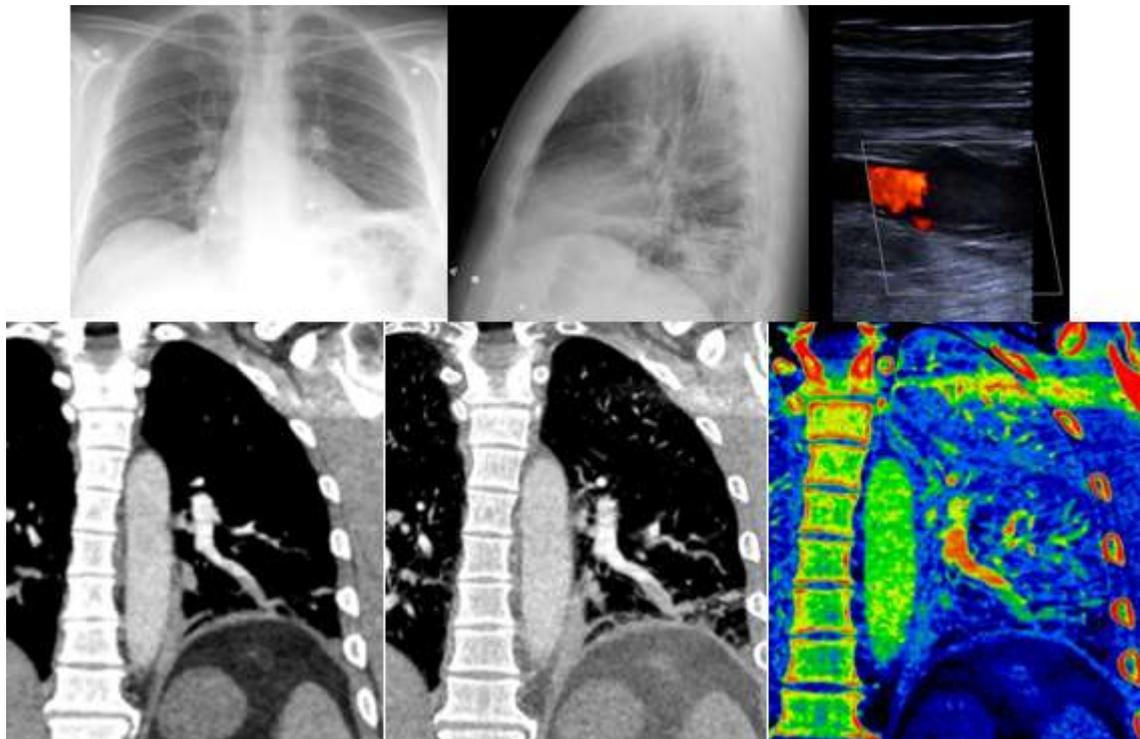


Figura 11. Caso completo de paciente con TEP. A y B- Hallazgos en Radiografía de tórax, obsérvese consolidación basal derecha C- Eco doppler de miembros inferiores en el que se constata interrupción del flujo sanguíneo ocasionado por un trombo. D y E-Cortes coronales de angio-TC en los que se aprecia trombo en arteria lobar inferior izquierda. F-Mapa de yodo que muestra defectos de perfusión pulmonar en el lóbulo inferior izquierdo.

Identificación de TEP en ramas: PRINCIPALES

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	21	16,5	72,4	72,4
	SI	8	6,3	27,6	100,0
	Total	29	22,8	100,0	

Identificación de TEP en ramas: LOBARES

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	15	11,8	51,7	51,7
	SI	14	11,0	48,3	100,0
	Total	29	22,8	100,0	

Identificación de TEP en ramas: SEGMENTARIAS

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	1	,8	3,4	3,4
	SI	28	22,0	96,6	100,0
	Total	29	22,8	100,0	

Identificación de TEP en ramas: SUBSEGMENTARIAS

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	18	14,2	62,1	62,1
	SI	11	8,7	37,9	100,0
	Total	29	22,8	100,0	

Tablas 3. Distribución del TEP en los diferentes tipos de arterias: principales, lobares, segmentarias y subsegmentarias en nuestra serie de casos.

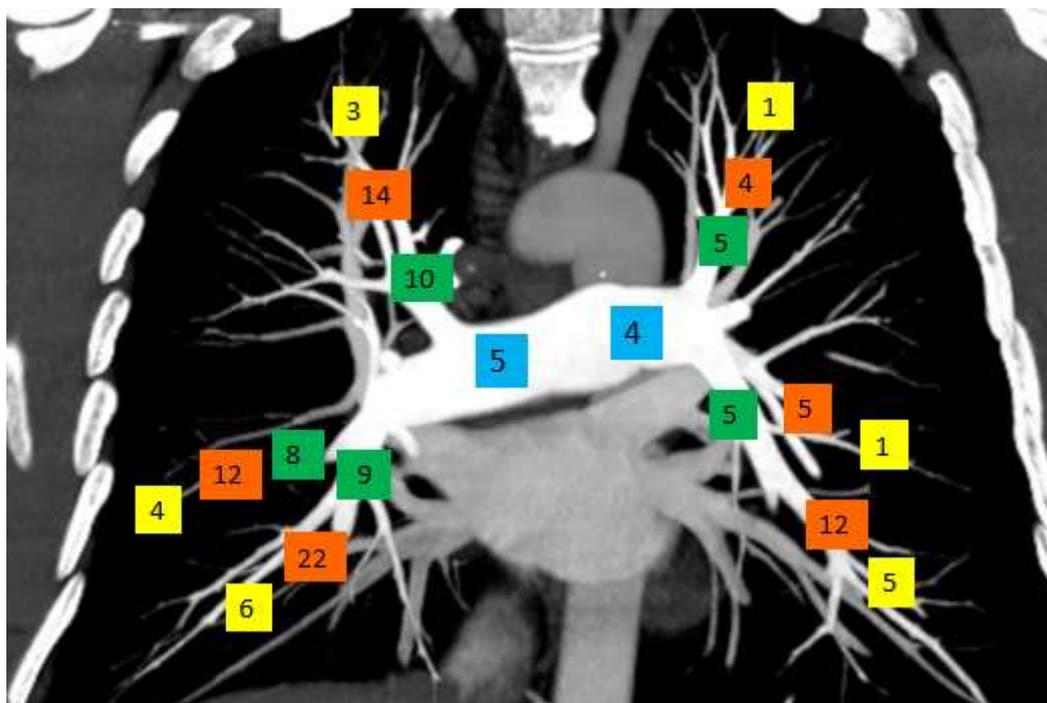


Figura 12. Distribución anatómica del TEP en nuestra serie de casos representada según el tipo de arteria pulmonar afectada y el número de casos identificados. Azul-arterias principales; Verde-arterias lobares; Naranja-arterias segmentarias; Amarillo-arterias subsegmentarias.



Figura 13. Varios casos de nuestro estudio con TEP en arterias lobares, segmentarias y subsegmentarias. Obsérvese la elevada calidad de las imágenes para estas arterias.

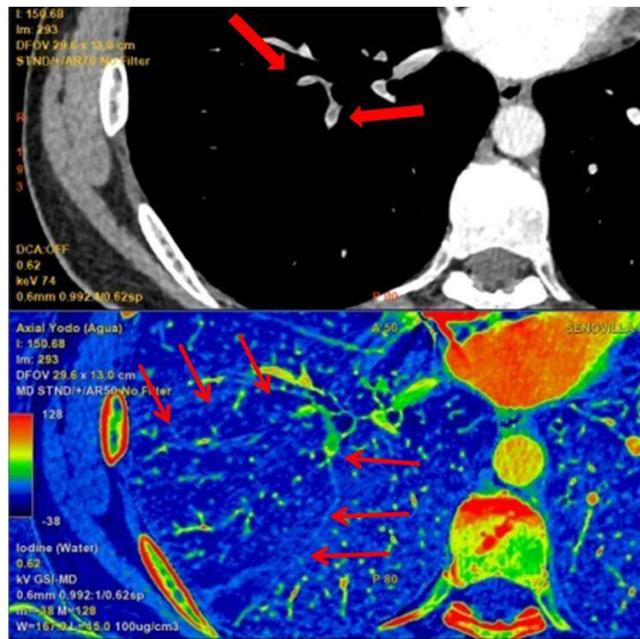


Figura 14. TEP en arterias segmentarias derechas (imagen arriba) y su correlación con hipoperfusión pulmonar en los mapas de yodo (imagen abajo).

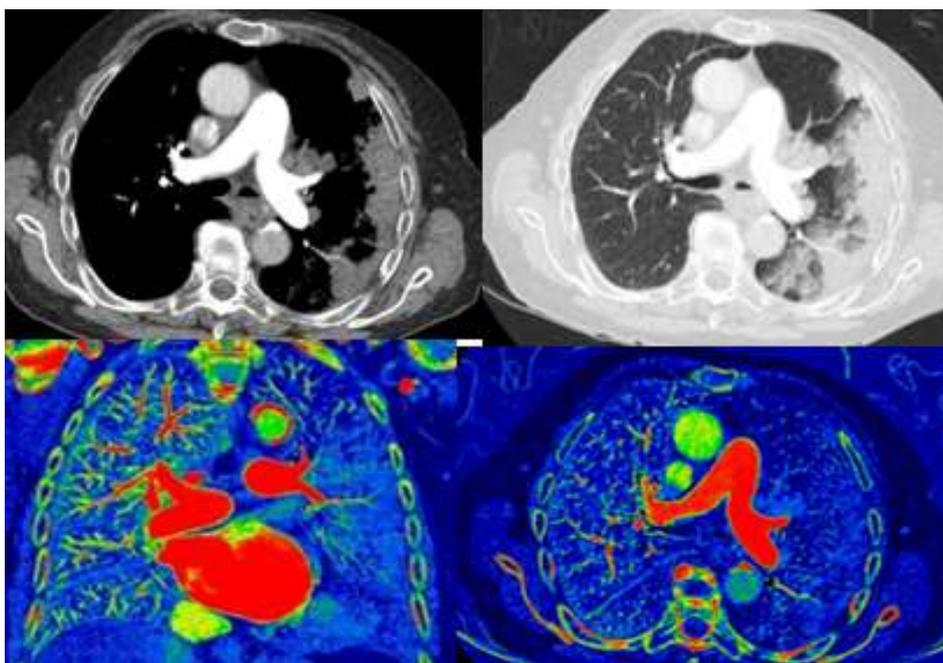


Figura 17. Calidad y dosis de contraste: ejemplo de estudio de calidad excelente realizado con solo 30 cc de contraste y dosis de radiación baja. Este caso fue negativo para TEP con diagnóstico alternativo de neumonía. (Opacidades alveolares en pulmón izquierdo). Obsérvese en los mapas de yodo áreas de hipoperfusión en pulmón izquierdo que no son secundarias a TEP sino a la consolidación pulmonar.

		TEP			
		Ausencia		Presencia	
		Recuento	% del N de la columna	Recuento	% del N de la columna
Dilatación ventrículo derecho	NO	91	92,9%	22	75,9%
	SI	7	7,1%	7	24,1%
Abombamiento tabique interventricular	NO	91	92,9%	22	75,9%
	SI	7	7,1%	7	24,1%
Reflujo de contraste a venas suprahepáticas	NO	90	91,8%	25	86,2%
	SI	8	8,2%	4	13,8%

Tabla 4. Signos de insuficiencia cardíaca derecha en pacientes con ausencia y presencia de TEP. Como podemos observar, en todos los casos fueron proporcionalmente más frecuentes en los pacientes con presencia de TEP.

UTILIDAD DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON ENERGÍA DUAL EN EL DIAGNÓSTICO DEL TROMBOEMBOLISMO PULMONAR

		TEP			
		Ausencia		Presencia	
		Recuento	%	Recuento	%
Disnea	SI	74	75,5%	17	58,6%
Dolor torácico	SI	33	33,7%	6	20,7%
Tos	SI	27	27,6%	4	13,8%
Hemoptisis	SI	5	5,1%	1	3,4%
Síncope	SI	20	20,4%	4	13,8%
Taquicardia	SI	41	41,8%	13	44,8%
Taquipnea	SI	22	22,4%	5	17,2%
Cirugías previas	SI	8	8,2%	6	20,7%
Inmovilizaciones previas	SI	14	14,3%	11	37,9%
Antecedentes oncohematológicos	SI	18	18,4%	4	13,8%
Antecedentes de TEP o TVP	SI	16	16,3%	6	20,7%
Ingesta de anovulatorios	SI	3	3,1%	1	3,4%
Derrame pleural	SI	28	28,6%	8	27,6%

Tabla 5. Síntomas, signos, antecedentes y hallazgos radiológicos comparados en pacientes con ausencia y presencia de TEP.

ANEXO IV: Miniatura del póster



Utilidad de la Tomografía Computarizada con Energía Dual en el diagnóstico del Tromboembolismo Pulmonar



Pérez López, Paloma; López-Lara Martín, Francisco; Sánchez Lite, Israel.
Universidad de Valladolid. Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

INTRODUCCIÓN

El tromboembolismo pulmonar es una patología de alta prevalencia en la población general (1/1000 habitantes/año) que genera grandes dificultades para su diagnóstico. Para su estudio se utiliza el angio-TC de arterias pulmonares como técnica de imagen electiva (1).

Con la aparición de los nuevos equipos de TC que incorporan energía dual se ha incrementado la sensibilidad diagnóstica del TEP, puesto que permiten una mejor visualización de arterias pulmonares segmentarias y subsegmentarias. Además, estos nos permiten obtener mapas de iodo que dan una idea de la repercusión funcional de los trombos en el parénquima pulmonar. Todo ello se realiza sin incrementar la dosis de radiación y de contraste empleados en las pruebas. Su principal inconveniente es el sobrediagnóstico que pueden generar al detectar trombos en arterias con poca repercusión clínica y funcional (2).

OBJETIVOS:

Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de los cortes axiales y los mapas de iodo obtenidos con el equipo de TCED para evaluar si se cumple lo descrito previamente.

Valorar la adecuación de las peticiones, los hallazgos clínicos y analíticos más frecuentes en pacientes con TEP, conocer las patologías que pueden simularlo y valorar la mortalidad asociada así como su relación con la trombosis venosa profunda.

MATERIAL Y MÉTODOS

- Estudio de cohortes retrospectivo.
- 127 peticiones de angio-TC de arterias pulmonares por sospecha de TEP.
- Obtención de imágenes en el nuevo equipo de TCED mediante la técnica GSI.
- Análisis descriptivo de los cortes axiales y los mapas de densidad de iodo.
- Análisis cuantitativo de las dosis de radiación y contraste empleados y la calidad de las imágenes obtenidas.
- Análisis estadístico comparativo entre los estudios positivos y negativos para TEP para variables clínicas, analíticas y de imagen.

RESULTADOS

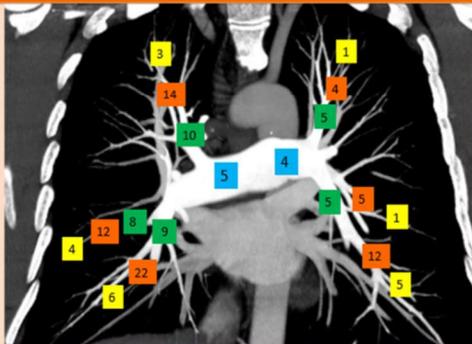


Imagen 1. Distribución de TEP en nuestra serie de casos. Azul-arterias principales; Verde-lobares; Naranja-segmentarias; Amarillo-subsegmentarias.

	Dosis de radiación (mSv)	Cantidad de contraste (ml)	Calidad global imagen
Media global	3,31	44,4	2,700
IC al 95%	0,96	5,44	0,103

Tabla 1. Análisis cuantitativo de la radiación, contraste y calidad global de las imágenes.



Imagen 2. TEP múltiple en arteria interlobar derecha.

RESULTADOS

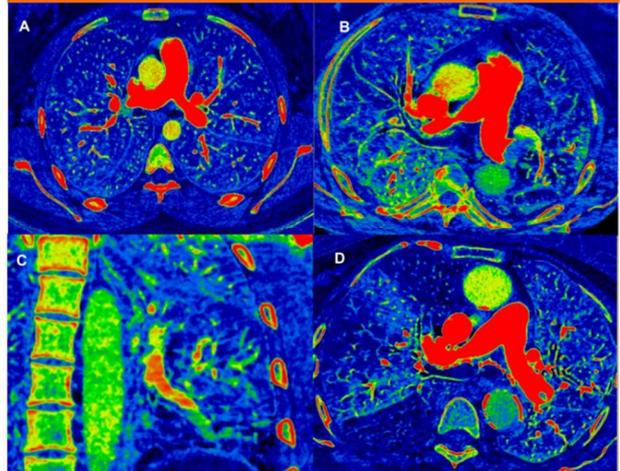


Imagen 3. A) Mapa de iodo normal; B) Mapa de iodo alterado de forma difusa por trombos bilaterales; C) Corte coronal de mapa de iodo alterado en base izquierda por trombo en arteria lobar inferior; D) Mapa de iodo alterado de forma triangular por trombos en arterias lobares derechas.

Mapas de iodo: alterados (72,4%), normales (20,6%) no valorables (7%).

Riesgo	Ausencia de TEP	Presencia de TEP	Total
Bajo	69 (70,4%)	0 (0%)	69 (54,3%)
Intermedio	28 (28,6%)	16 (55,2%)	44 (34,6%)
Alto	1 (1%)	13 (44,8%)	14 (11%)

Tabla 2. Riesgo de padecer TEP según la escala de Wells frente al resultado en el angio-TC.

DISCUSIÓN

- El porcentaje de TEP aislado en arterias segmentarias y subsegmentarias ha sido superior (51,7%) con respecto a otros estudios en equipos convencionales (18,3%) (1). Sin embargo, la mortalidad final no se vio modificada, por lo que se podría estar sobreatando a algunos pacientes.
- Este estudio coincide con otros (2,3) en determinar que los nuevos equipos emplean dosis menores de radiación y contraste que los convencionales sin que se vea afectada la calidad de la imagen, hecho importante debido a la alta demanda de esta prueba radiológica.
- Los mapas de iodo no se correlacionaron siempre con los hallazgos de TEP en los cortes axiales, y su valor pronóstico debe ser investigado en nuevos estudios con mayor tamaño muestral.

CONCLUSIONES

La TCED permite disminuir la dosis de radiación y contraste empleados en las pruebas, incrementando el número de estudios diagnósticos en arterias segmentarias y subsegmentarias.

Los mapas de iodo ayudan relativamente al diagnóstico debido a la falta de correlación de los defectos de perfusión pulmonares con los de repleción arteriales, hecho que podría ser relevante en el pronóstico de los pacientes.

Es necesario realizar una correcta sospecha clínica mediante predictores como la escala de Wells y el dímero D para evitar estudios innecesarios.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Ruiz García JI, Gómez Mora RD, López Pedreira MR, Jiménez Cuenca M, et al. Sospecha de Tromboembolismo pulmonar. Estudio de 250 peticiones. Póster del VII Congreso CENORA 2013.
2. Geyer L, Scherr M, Köfner M, Wirth S. Imaging of acute pulmonary embolism using a dual energy CT system with rapid kVp switching: Initial results. European Journal of Radiology. 2012; 81(12):3711-3718.
3. Delesalle M, Pontana F, Duhamel A, Faivre J. Spectral Optimization of Chest CT Angiography with Reduced Iodine Load: Experience in 80 Patients Evaluated with Dual-Source, Dual-Energy CT. Radiology. 2013; 267(1):256-266.