



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

**ANGIOTOMOGRAFÍA CON ENERGÍA DUAL EN PACIENTES CON
TROMBOEMBOLISMO PULMONAR**

**DUAL-ENERGY TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY IN PATIENTS WITH
PULMONARY THROMBOEMBOLISM**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN TECNOLOGÍA EN TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA**

AUTORA:

ALEXANDRA SAYURI ORMEÑO LARA

ASESOR:

WAYNNER SÁNCHEZ GARCÍA

LIMA – PERÚ

2024

ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO

Mg. Waynner Sánchez García

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-5300-7332

DEDICATORIA

La presente monografía está dedicada especialmente a Dios que cada día me acompaña en el desarrollo de mi vida personal y profesional. A mis padres, hermanos y familiares por ser guía y apoyo durante estos años. A mis profesores y asesor que mediante sus enseñanzas han permitido que la culminación de este trabajo sea posible.

AGRADECIMIENTOS

Al Mg. Waynner Sánchez García por el valioso apoyo incondicional, en el asesoramiento de mi trabajo académico. A los licenciados docentes por su paciencia y enseñanza durante el proceso del desarrollo de la especialidad. A la Universidad Peruana Cayetano Heredia por habernos acogido a todos estos meses que duró el desarrollo de nuestra segunda especialidad profesional.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

La presente monografía es autofinanciada por el autor.

DECLARACION DEL AUTOR

El presente trabajo académico titulado: “Angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar” es original, se han seguido los lineamientos respectivos para respetar la ética en investigación y que el mismo será utilizado para obtener el Título de Segunda Especialidad Profesional en Tecnología en Tomografía Computarizada.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar.pdf

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	A. Bustos Fiore, M. González Vázquez, C. Trinidad López, D. Mera Fernández, M. Costas Álvarez. "Defectos de perfusión en el mapa de iodo pulmonar: causas y semiología", Radiología, 2017 Publication	4%
2	www.elsevier.es Internet Source	2%
3	www.archbronconeumol.org Internet Source	1%
4	prezi.com Internet Source	1%
5	www.researchgate.net Internet Source	1%
6	www.elhospital.com Internet Source	<1%
7	erenovable.com Internet Source	<1%

8	www.ilustrados.com Internet Source	<1 %
9	renati.sunedu.gob.pe Internet Source	<1 %
10	www.revespcardiol.org Internet Source	<1 %
11	Juan José Soler Cataluña, Miguel Ángel Martínez García. "Factores pronósticos en la EPOC", Archivos de Bronconeumología, 2007 Publication	<1 %
12	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
13	idoc.pub Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria

Agradecimientos

Declaración del autor

RESUMEN

I. INTRODUCCION.....	1
1.1. MARCO TEÓRICO	1
1.2. JUSTIFICACION	5
1.3. ANTECEDENTES	5
1.4. PROBLEMATICA	11
II. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GENERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
III. CUERPO.....	14
3.1. RESULTADOS	14
IV. CONCLUSIONES	15
V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16
VI. ANEXOS.....	1

RESUMEN

En la actualidad la angiotomografía con energía dual viene tomando mayor relevancia ya que proporciona información funcional adicional en la detección del tromboembolismo pulmonar. **Objetivo:** Evidenciar la importancia de la angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar. **Tipo de estudio:** Monografía. **Metodología:** Se ha realizado una revisión y análisis bibliográfico en Pubmed, Lilacs, Google académico sobre Angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar. **Resultados:** De la revisión de los 20 artículos, el 95% de los artículos coinciden que la angiotomografía con energía dual tiene mayor precisión en la detección del tromboembolismo pulmonar. El 35% de los artículos estudian la detección de tromboembolismo a nivel subsegmentario. El 88% indican que la angiotomografía con energía dual tiene una mayor sensibilidad y especificidad que la angiotomografía convencional. El 93% concluyen que los mapas de perfusión ofrecen más información en anomalías del parénquima pulmonar debido al tromboembolismo. **Conclusión:** La angiotomografía con energía dual es importante porque ofrece una mayor detección para diagnosticar tromboembolismo pulmonar.

Palabras claves: Tromboembolismo pulmonar. Angiotomografía pulmonar. Energía dual.

ABSTRACT

Dual-energy CT angiography is currently gaining greater relevance as it provides additional functional information in the detection of pulmonary thromboembolism.

Objective: To demonstrate the importance of dual-energy CT angiography in patients with pulmonary thromboembolism. **Type of study:** Monograph.

Methodology: A literature review and analysis has been carried out in Pubmed, Lilacs, Google Scholar on Dual Energy CT Angiography in patients with pulmonary thromboembolism. **Results:** From the review of the 20 articles, 95% of the articles agree that dual-energy CT angiography has greater accuracy in the detection of pulmonary thromboembolism. 35% of the articles study the detection of thromboembolism at the subsegmental level. 88% indicated that dual-energy CT angiography has a higher sensitivity and specificity than conventional CT angiography. 93% concluded that perfusion maps provide more information on lung parenchymal abnormalities due to thromboembolism. **Conclusion:** Dual-energy CT angiography is important because it offers greater detection to diagnose pulmonary thromboembolism.

Keywords: Pulmonary thromboembolism. Pulmonary CT angiography. Dual energy.

I. INTRODUCCION

1.1. MARCO TEÓRICO

La perfusión pulmonar es el suministro de flujo sanguíneo a las secciones del parénquima pulmonar donde se produce el intercambio gaseoso favoreciendo el traslado del oxígeno hacia los tejidos. La circulación pulmonar trabaja a baja presión, debido a que la resistencia es menor ya que, los vasos son más anchos y cortos y además cuenta con más arteriolas (capilares) y anastomosis. No obstante, el gasto cardiaco pulmonar es equivalente al gasto sistémico debido a que se maneja el mismo volumen. La ventilación es superior en la base dado que hay una mayor cantidad de alvéolos. La perfusión pulmonar es superior en la zona basal por la gravedad en bipedestación. Lo cual produce una diferencia de presión alveolar en distintas regiones, en la zona media la relación de ventilación y flujo sanguíneo se equilibra. Un cambio de posicionamiento de la persona produce que la gravedad y el desplazamiento de los órganos del mediastino influye en la relación mencionada.

(1)

Una causa que produce una perfusión pulmonar anómala es el tromboembolismo pulmonar, que es la oclusión de la arteria pulmonar o una de sus ramas, se origina por la migración de un émbolo desde alguna región venosa siendo en su mayoría procedente de una trombosis venosa profunda en miembros inferiores, que viaja por la vena cava hacia la aurícula y ventrículo derecho alojándose en la arteria pulmonar. Se produce un aumento de presión en la arteria pulmonar, lo que genera una dilatación del ventrículo derecho. (2)

Además, se presenta insuficiencia respiratoria debido a variaciones hemodinámicas. La sangre venosa se desatura debido a un bajo gasto cardiaco. Las zonas menos irrigadas por arterias obstruidas en combinación con zonas irrigadas por arterias no obstruidas generan un desajuste entre ventilación y perfusión, por consiguiente, da lugar a una hipoxemia (disminución de la presión arterial de oxígeno). (3)

La tomografía computarizada es un método de diagnóstico estándar para descartar tromboembolismo pulmonar, actualmente existe una nueva tecnología llamada tomografía computarizada con energía dual. La tomografía computarizada con energía dual utiliza dos espectros diferentes de energía de rayos x que permiten detectar, visualizar, clasificar, medir o sustraer elementos analizando la diferencia de atenuación. (4)

En la atenuación participan: el número atómico, la densidad del material y la energía del haz. Cualquier elemento tiene una atenuación diferente a 80 kV que, a 140 kV, lo que permite distinguir diferentes tejidos. Esta diferenciación es directamente proporcional con el mayor espectro de doble energía utilizada; así, a mayor separación entre las diferentes energías, mejor será la separación espectral. Ya que la atenuación depende de la energía del haz, a mínimo kV menor número de fotones llegará al detector, produciendo más ruido en la imagen, es por ello, para mejor el ruido se agrega un filtro de estaño en algunos equipos. Otras ventajas de la energía dual son: sustraer el yodo se crea una imagen virtual sin contraste, permitiendo adquirir solo la fase contrastada, lo cual reduce la dosis de radiación. Formar imágenes virtuales monocromáticas con diferentes energías, reduciendo el ruido.

Cuantificación de la concentración del contraste. Corrección precisa del artefacto por endurecimiento del haz. (5)

En cuanto a métodos de adquisición de energía dual podemos mencionar lo siguiente:

Adquisición secuencial (Canon, Hitachi y Siemens): Consta de un solo tubo y un sistema detectores; se hace una adquisición con baja energía y luego se hace otra adquisición con alta energía, la adquisición no es simultánea. Conmutación rápida de voltaje (General Electric): Se tiene un solo tubo de rayos X y un sistema de detectores especiales ultrarrápidos, la característica de este sistema es que el tubo alterna la corriente en milisegundos mientras hace todo el barrido de baja a alta energía (80 a 140 kV). Sistema doble fuente (Siemens): Doble sistema de tubo – detectores, uno irradia con alta energía y otro con baja energía de manera simultánea, tiene un filtro de estaño en el tubo que usa alta energía para optimizar los fotones eliminando energías inferiores; las desventajas de esta tecnología es el costo elevado y contaminación por dispersión cruzada, esto se corrige mediante software. Detector en capas (Philips): Tiene un solo tubo de rayos X y un sistema detector de 2 capas: una capa anterior (yoduro de zinc o cesio) para los fotones de baja energía y una capa posterior (oxisulfuro de gadolinio) para los fotones de alta energía. Filtro dividido (Siemens): Consta de un solo tubo de rayos X que tiene dos filtros (estaño y oro); el filtro de estaño endurece el haz de rayos X, es decir, absorbe o atenúa los fotones de baja energía permitiendo el paso de los fotones de alta energía y el filtro de oro atenúa los fotones de alta energía dejando pasar a los de baja energía. Detector de conteo de fotones (Siemens): Utilizan detectores que convierten la energía de los fotones en señal eléctrica directamente, estos detectores

son semiconductores de telurio de cadmio y son capaces de diferenciar energías de un haz policromático, además excluye el ruido electrónico. (6)

Una de las aplicaciones de la energía dual más conocida es en el diagnóstico de la tromboembolia pulmonar, no solo por la visualización del trombo, sino también porque puede mostrar las alteraciones de la perfusión en el parénquima pulmonar mediante mapas de perfusión pulmonar o mapas de yodo. (7)

En el examen de angiotomografía pulmonar con energía dual se realiza una sola adquisición abarcando todo el tórax, esto permite valorar arterias y perfusión pulmonar. El protocolo se realiza de la siguiente manera: Se administran de 1 a 1.5 ml/kg (dependiendo de la concentración de contraste yodado) a un flujo de 4 ml/s, y a continuación una inyección de 40 ml de cloruro de sodio a la misma velocidad. Se utiliza el bolus tracking a nivel del tronco de las arterias pulmonares con un ROI de 100 UH. La adquisición se realiza en dirección caudocraneal, para evitar artefactos por la alta concentración de contraste en la vena subclavia o la vena cava superior. El tiempo de estudio debe durar entre 4 a 7 segundos para que el parénquima pulmonar este perfundido por completo. Resultando una serie de 140 kV, 80 kV y una serie de la fusión de ambas. Las imágenes son post procesadas en la estación de trabajo mediante un software y se obtiene un mapa de yodo solo del parénquima pulmonar utilizando umbrales de atenuación, de manera que quedan excluidos del análisis los tejidos con densidades situadas fuera de este rango, como las arterias pulmonares, las atelectasias y los tumores, aunque tengan yodo; el mapa de yodo se representa con una escala de colores que puede normalizarse con respecto a cualquier estructura con yodo. (8)

1.2. JUSTIFICACION

La angiotomografía es el método de elección diagnóstico de imagen no invasivo para visualizar la vasculatura pulmonar en pacientes con sospecha de tromboembolismo pulmonar. (9)

La angiotomografía con energía dual es una tecnología actual que proporciona, en el caso de tromboembolismo pulmonar, información tanto morfológica como funcional del pulmón en un solo estudio, quiere decir, se visualiza trombos enclavados en la arteria pulmonar y mapas de perfusión del parénquima pulmonar. La información que aporta es fundamental, debido a que determina si el trombo tiene efecto en la perfusión y, cuantifica la cantidad de parénquima pulmonar afectado, estableciendo la gravedad de la patología. (10) También aumenta la sensibilidad diagnóstica, ya que permite revelar trombos en ramas subsegmentarias que no se visualizan en un estudio rutinario. (11)

Es importante que el tecnólogo médico en radiología este en constante actualización sobre nuevas tecnologías, pues ayudan al oportuno diagnóstico de patologías, lo cual permite un tratamiento adecuado en beneficio al paciente.

El presente trabajo busca dar a conocer esta técnica actual y generar mayor investigación en el campo de la tomografía con energía dual.

1.3. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan 20 artículos de investigación que servirán de base para el desarrollo de esta monografía:

Feng Qing, et al. (12) estudian 157 pacientes con sospecha de embolia pulmonar. Se realizan dos estudios, uno con energía dual y otro con angiotomografía convencional. Resultados: la angiotomografía con energía dual tiene una tasa de coincidencia de 86,1% con tromboembolismo. Concluyendo que la tomografía con energía dual es un complemento, pues brinda información adicional de la perfusión pulmonar.

Mona Hamed Ali, et al. (13) en estudio incluyó 18 casos de embolia pulmonar (EP) en un hospital universitario de Zagazig. Resultados: La TC con energía dual determina la embolia pulmonar con una precisión del 90%. Con una especificidad 80% y sensibilidad del 100%. El 100% de EP encontradas en TC estándar coinciden con perfusión pulmonar anómala por TC dual. Concluye que los mapas de perfusión tienen un papel importante en la detección de EP.

Ahmed Farag, et al. (14) realizan una revisión de diferentes literaturas donde comparan la angiotomografía pulmonar convencional con la angiotomografía pulmonar con energía dual. Concluyendo que la energía dual tiene muchas ventajas sobre la angiografía pulmonar convencional cuando se trata del diagnóstico de embolia pulmonar aguda y crónica. Como la detección de trombos distales y mapas de perfusión.

Hye Ju Lee, et al. (15) buscan evaluar la perfusión pulmonar en los lóbulos pulmonares utilizando tomografía con energía dual, en pacientes sin y con tromboembolia pulmonar (TEP). Concluyen que la perfusión pulmonar se distribuye de manera heterogénea en pacientes sin TEP en los diferentes lóbulos.

En pacientes con TEP en uno o dos lóbulos hay una disminución de la perfusión pulmonar.

Nguyen Thi Thanh, et al. (16) evalúan el beneficio de usar mapas de perfusión con imágenes de angiotomografía estándar y con energía dual en el tromboembolismo pulmonar (TEP). Participan 49 pacientes con sospecha de TEP, se realizan angiotomografía con energía dual para confirmar el diagnóstico, la angiotomografía determina la ubicación y el grado de oclusión del trombo. Luego, se observan el mapa de perfusión. Finalmente, se reevaluaron las imágenes para detectar trombosis adicionales sugeridas por el mapa de perfusión. Dando como resultado 247 trombos detectados inicialmente, analizando los mapas de perfusión se agregan 16 trombos más, 8 eran segmentarios, 8 subsegmentarios, 3 oclusiones completas y 13 eran oclusiones incompletas. Se concluye que los mapas de perfusión detectan oclusión de la arteria a nivel subsegmentario.

Yutthapan Wannasopha, et al. (17) comparan las imágenes monoenergéticas virtuales de 40 Kev de TC dual con imágenes de TC estándar, en la detección de embolia pulmonar (EP). Contó con 64 pacientes con sospecha de EP. Concluye que las imágenes virtuales son más precisas en la detección de EP.

Hye Ju Lee, et al. (18) en su estudio prospectivo buscan evaluar un método de cuantificación de la perfusión pulmonar con energía dual en tromboembolismo pulmonar. Los dos parámetros de perfusión fueron: %PBV (unidad del volumen) y PBVm (unidad de masa). Concluyendo que el PBVm tiene mayor precisión en pacientes con tromboembolismo pulmonar.

Caterina Monti, et al. (19) en su estudio evalúan el rendimiento de la TC con energía dual y sus técnicas de postproceso. Resultados: La TC de energía dual mostró una sensibilidad 83% y especificidad 96% para detección de embolia pulmonar y 90% de sensibilidad en mapas de perfusión pulmonar anómala. Concluyendo que la TC con energía dual se puede usar para detectar la embolia pulmonar aguda con precisión.

Bernhard Petritsch, et al. (20) comparan la calidad de imagen y dosis de radiación de la TC con energía dual de doble fuente y TC con energía dual de una fuente. Concluye: la TC dual proporciona una mejora en la detección embolia pulmonar. Sin embargo, la TC dual de una sola fuente tiene menor calidad en el mapa de perfusión pulmonar y mayor dosis de radiación.

Yoo Jin Hong, et al. (21) concluyen que la energía dual es útil para detectar, evaluar la gravedad y predecir el pronóstico tromboembolismo pulmonar. Sin embargo, no se considera un procedimiento diagnóstico de rutina en la evaluación del tromboembolismo pulmonar debido a que aún se deben realizar ajustes en los métodos de adquisición y post procesamiento.

Pinar Celtikci, et al. (22) investigaron las diferencias cuantitativas de las mediciones de imágenes de perfusión por tomografía computarizada de energía dual en la embolia pulmonar, y los segmentos hipo perfundidos con y sin trombo en la angiotomografía convencional. Concluyendo que la embolia pulmonar subsegmentaria en imágenes de energía dual muestran diferentes concentraciones de yodo y tasas de absorción normales según la presencia de trombo.

Jiao Zhiyun, et al. (11) realizan un estudio con 36 casos de tromboembolismo pulmonar. Se realiza post proceso estándar y análisis pulmonar de energía dual. Resultados: postproceso estándar detectó 85 émbolos. El análisis pulmonar de energía dual y mapa de perfusión detectó 94 émbolos, incluyendo arterias pulmonares distales. TC dual tiene una precisión de 96% frente a un 77% de TC estándar para evaluar trombos a nivel sub segmentario. Llegan a la conclusión que el análisis pulmonar con energía dual tiene mayor eficacia para diagnosticar tromboembolismo, pues muestra ubicaciones de embolia a nivel sub segmentario y perfusión pulmonar anormal.

Giovanni Foti, et al. (23) en su estudio tienen como objetivo evaluar la precisión diagnóstica de la angiotomografía de energía dual en fase venosa en el diagnóstico de tromboembolismo en comparación con la angiografía pulmonar convencional. Resultados: la TC dual tiene una sensibilidad de 90% y especificidad 100% para detectar EP. Para los mapas de perfusión pulmonar, la sensibilidad fue de 73,3% y especificidad de 67,7% Concluyendo que la energía dual es precisa para el diagnóstico de tromboembolismo.

Waleed Abdellatif, et al. (24) en su artículo investigan sobre la precisión de la tomografía dual en la detección de embolia pulmonar (EP). Resultados: TC dual tiene una sensibilidad de 88,9% y especificidad 94,6% para detectar EP. Concluyendo que la tomografía con energía dual muestra una alta sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica en la detección de EP.

Ramandeep Singh, et al. (25) tienen como objetivo evaluar la perfusión pulmonar lobar cuantitativa en angiotomografía con energía dual en pacientes con y sin

embolia pulmonar (EP). Contó con 88 pacientes, los estudios se procesaron con un prototipo que realizó la segmentación lobar automática. Dando como resultado una segmentación precisa en todos los estudios (100%). Así como lo HU, la cantidad de contraste y concentración de yodo fueron menores en pacientes con EP.

Weiyang Shen, et al. (26) en su investigación participaron 87 pacientes con sospecha de tromboembolismo pulmonar (TEP). Comparando la energía dual con la angiotomografía convencional. Tuvieron como resultado que la TC dual tiene una sensibilidad de 88,4% y especificidad 72,2% en detectar embolia pulmonar. Concluyendo que la energía dual tiene alta precisión, sensibilidad y especificidad en la detección de embolia pulmonar.

A. B. Aydemir, et al. (27) en su estudio se incluyen setenta pacientes que se realizan angiotomografía con energía dual con sospecha de embolia pulmonar. Se realizan mapas de perfusión obteniendo una precisión del 81,8%. Concluyendo que tienen una alta precisión en el diagnóstico de embolia pulmonar.

Paloma Pérez López (28) realiza un análisis cualitativo y cuantitativo de las imágenes de angiotomografía pulmonar con energía dual y mapas de perfusión. Concluye que la tomografía con energía dual es una buena herramienta para evaluar arterias segmentarias y sub segmentarias. En el caso de los mapas de perfusión no siempre se correlaciona la hipoperfusión con anomalías de las arterias pulmonares.

Tony Chen, et al. (29) comparan la angiotomografía con energía dual y la angiotomografía convencional. Participaron dos radiólogos que evaluaron 117 estudios. Concluyendo que no hay mayor diferencia significativa en la detección de tromboembolismo pulmonar con ambas técnicas.

SY Tan, et al. (30) evalúan la sensibilidad, especificidad y precisión de los mapas de perfusión de yodo en el diagnóstico de embolia pulmonar. Es estudio retrospectivo que compara la detección de embolia pulmonar y la correlación de los tipos (central vs. segmentaria y oclusiva vs. no oclusiva) en angiografía por tomografía (CTAP) y mapas de perfusión (PBV). Concluyendo: los PBV deben leerse junto con CTPA. Un PBV normal excluye una embolia pulmonar central u oclusiva.

1.4. PROBLEMATICA

La embolia pulmonar es la tercera enfermedad cardiovascular más frecuente, con una incidencia anual de cien a doscientos cada 100 000 habitantes. (31)

En Norteamérica se estima que, de cada diez mil pacientes, diez casos sufren trombosis venosa. La embolia pulmonar corresponde a la tercera parte de estos casos. Tiene una tasa de mortalidad del 12%, con una incidencia al año de 600 mil casos y de prevalencia 0.4%. (32)

El tromboembolismo pulmonar es una patología de gran prevalencia que es potencialmente mortal si no se diagnostica y se trata a tiempo. La angiotomografía es considerada el método de diagnóstico estándar para descartar tromboembolismo pulmonar. Es más precisa, con tiempos de adquisición cortos y con mayor sensibilidad y especificidad en comparación con otro método de diagnóstico. (33)

Con la aparición de nuevas tecnologías como la energía dual, el tecnólogo médico en radiología necesita estar en constante actualización, así como dominar y aplicar al campo laboral dichos avances, en pro de un diagnóstico preciso y eficaz.

Razón por la cual se plantea el siguiente problema principal: ¿cómo se evidencia la importancia de la angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar?

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evidenciar la importancia de la angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Mostrar comparativamente la relevancia de la angiotomografía con energía dual vs angiotomografía convencional en pacientes con tromboembolismo pulmonar.

Demostrar la importancia de los mapas de perfusión pulmonar en el tromboembolismo pulmonar.

III. CUERPO

3.1. RESULTADOS

Luego de la revisión de los 20 artículos sobre la angiotomografía pulmonar con energía dual para tromboembolismo pulmonar, llegamos a los siguientes resultados:

- El 95% de los artículos coinciden que la angiotomografía con energía dual tiene mayor precisión en la detección del tromboembolismo pulmonar. El otro 5% indica que la angiotomografía con energía dual necesita ajustes en su método de adquisición y post proceso. Además, el 35% de los artículos estudian la detección de tromboembolismo a nivel subsegmentario utilizando la angiotomografía con energía dual, coincidiendo en un 100% una detección precisa. (Anexo 1)
- De los 20 artículos, el 40% realizan una comparación entre la angiotomografía con energía dual vs angiotomografía convencional. De los cuales el 88% indican que la angiotomografía con energía dual tiene una mayor sensibilidad y especificidad que la angiotomografía convencional. El 13% indica que no hay mayor diferencia entre ambas técnicas. (Anexo 2)
- De los 20 artículos, el 70% estudian y describen los mapas de perfusión pulmonar. Por consiguiente, el 93% concluyen que los mapas de perfusión ofrecen más información en anomalías del parénquima pulmonar debido al tromboembolismo. El 7% restante indica que no siempre un mapa de perfusión anómalo es debido a un tromboembolismo. (Anexo 3)

IV. CONCLUSIONES

Según la bibliografía revisada se concluye:

- La angiotomografía con energía dual es importante porque ofrece una mayor detección para diagnosticar tromboembolismo pulmonar. Además, la angiotomografía con energía dual es capaz de detectar trombos a nivel subsegmentario.
- La angiotomografía con energía dual es más precisa frente a la angiotomografía pulmonar convencional en la detección del tromboembolismo pulmonar.
- Los mapas de perfusión pulmonar, también llamados mapas de yodo ofrecen una información adicional de como el parénquima pulmonar es afectado por el tromboembolismo.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Boron W., Boulpaep E. Fisiología médica (3a ed.): Cap 31. Tresguerras, J. A. F. Fisiología humana (3a ed.): Cap 48 y 4
2. Bruña Vara, Pretus Rubio, et al. TEP o no TEP, es la cuestión. Blog: Anestesia R. [Internet] <https://anestesiario.org/2021/tep-o-no-tep-esa-es-la-cuestion/>
3. Guía ESC 2019 para el diagnóstico y tratamiento de la embolia pulmonar aguda. Rev Esp Cardiol. 2020;73(6):497.e1-497.e58
4. Delgado Sánchez-Gracián, Martínez Rodríguez, Trinidad López. La tomografía computarizada de doble energía: ¿para qué la quiero? ELSERVIER: 2013; 55 (4): 346-352.
5. Fernández-Pérez, Fraga Piñeiro, Oñate Miranda. Dual-energy CT: Technical considerations and clinical applications. Radiología (English Edition). 2022; 64 (5): 445.
6. Richard Kijowski, Jan Fritz. Emerging Technology in Musculoskeletal MRI and CT, Radiology. 2020; 47 (7): 881-912.
7. E.K. Weidman, A.J. Plodowski, D.F. Halpenny, S.A. Hayes, R. Perez Johnston, J. Zheng, et al. Dual- energy CT angiography for detection of pulmonary emboli: Incremental benefit of iodine maps Radiology. 2008; 289: 546-553.
8. Lu Guang Ming, Zhao Yan'E, Zhang Long Jiang, Schoepf Joseph. Dual-Energy CT of the Lung. American Journal of Roentgenology. 2012; 199: 40-53.

9. Tilve Gómez, Rodríguez Fernández, Trillo Fandino, Plasencia-Martínez. Técnicas de imagen diagnósticas empleadas en la presentación aguda de la enfermedad tromboembólica venosa. *Seram*. 2017; 59 (4): 329-342
10. Galvez Garcia Sara, Muñoz Ruiz Ana, Nava Tomas Encarnación, et al. Angio- TC de energía dual en el tromboembolismo pulmonar agudo (TEPA): revisión de las causas, semiología y pitfalls de los defectos de perfusión y otras alteraciones en el mapa de yodo. *Seram*. 2018.
11. JIAO Zhiyun, LI Zheng, XU Wenjuan, GUAN Maobin, ZHAI Runya, ZHANG Meiling. Value of dual-source and dual-energy CT in diagnosis of peripheral pulmonary embolism. *Journal of Clinical Medicine in Practice*. 2021; 25(4): 34-37.
12. FENG Qing, LI Tao, LI Xiaoyang, LIANG Hongfeng, CHEN Saiqiong, PENG Peng. Diagnosis and risk stratification of pulmonary embolism by dual-energy CT perfusion. *Journal of Molecular Imaging*. 2022; 45(3): 369-373.
13. Mona Hamed Ali, Mohamed Ahmed Denewar; Enas Mohamed Elfeky; Ahmed Fekry Salem. Added Value of Dual Energy CT Angiography in Assessment of Pulmonary Embolism. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*. 2022; 87(1): 1720-1725.
14. Farag A, Fielding J, Catanzano T. Role of Dual-energy Computed Tomography in Diagnosis of Acute Pulmonary Emboli, a Review. *Semin Ultrasound CT MR*. 2022;43(4):333-343.
15. Lee HJ, Wanderley M, Rubin VCDS, et al. Lobar pulmonary perfusion quantification with dual-energy CT angiography: Interlobar variability and

- relationship with regional clot burden in pulmonary embolism. *Eur J Radiol Open*. 2022; 9: 100428.
16. Nguyen, Thi & Vu, Thanh & Nguyen, Cong & Pham, Thong. Dual-energy ct angiography for detection of pulmonary emboli: incremental benefit of iodine maps. *Vietnamese Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2022; (44):18-25.
17. Wannasopha Y, Leesmidt K, Srisuwan T, Euathrongchit J, Tantraworasin A Value of low-keV virtual monoenergetic plus dual-energy computed tomographic imaging for detection of acute pulmonary embolism. *PLOS ONE*. 2022; 17(11):270.
18. Lee, H.J., Wanderley, M., da Silva Rubin, V.C. et al. Quantitative analysis of pulmonary perfusion with dual-energy CT angiography: comparison of two quantification methods in patients with pulmonary embolism. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2022.
19. Monti, CB, Zanardo, M., Cozzi, A. et al. Performance of dual-energy CT in acute pulmonary embolism: a meta-analysis. *Eur Radiol*. 2021; 31: 6248–6258.
20. Petritsch B, Pannenbecker P, Weng AM et al. Comparison of Dual- and Single-Source Dual-Energy CT for Diagnosis of Acute Pulmonary Artery Embolism. *Fortschr Röntgenstr*. 2021; 193: 427 - 436.
21. Hong YJ, Shim J, Lee SM, Im DJ, Hur J. Dual-Energy CT for Pulmonary Embolism: Current and Evolving Clinical Applications. *Korean J Radiol*. 2021; 22(9):1555-1568.

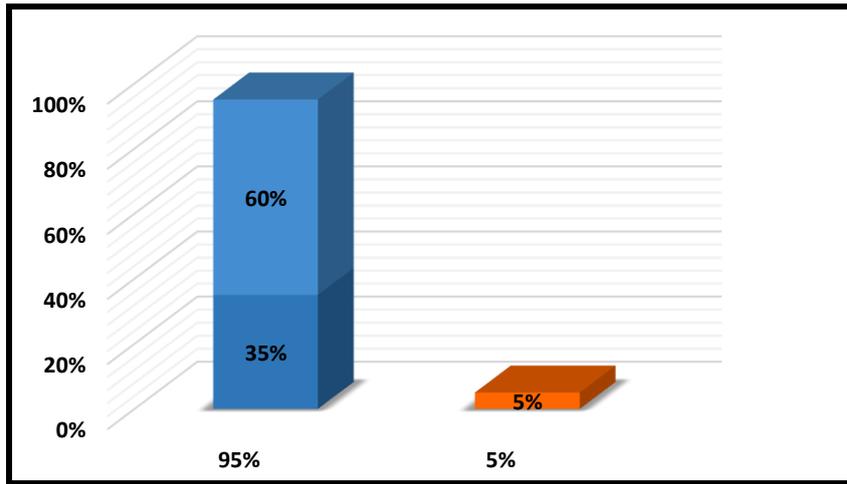
22. Celtikci, Pinar MD; Hekimoglu, Koray MD; Kahraman, Gokhan MD; Bozbas, Serife MD; Gultekin, Bahadir MD; Akay, Hakki Tankut MD. Diagnostic Impact of Quantitative Dual-Energy Computed Tomography Perfusion Imaging for the Assessment of Subsegmental Pulmonary Embolism. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2021; 45(1):p 151-156.
23. Foti, G., Silva, R., Faccioli, N. et al. Identification of pulmonary embolism: diagnostic accuracy of venous-phase dual-energy CT in comparison to pulmonary arteries CT angiography. *Eur Radiol*.2021; 31: 1923–1931.
24. Abdellatif W, Ebada MA, Alkanj S, et al. Diagnostic accuracy of dual-energy CT in the detection of acute pulmonary embolism: systematic review and meta-analysis. *Revista de la Asociación Canadiense de Radiólogos*. 2021; 72(2): 285-292.
25. Singh, R., Nie, R.Z., Homayounieh, F. et al. Quantitative lobar pulmonary perfusion assessment on dual-energy CT pulmonary angiography: applications in pulmonary embolism. *Eur Radiol*. 2020; 30: 2535–2542.
26. Shen, W., Liu, H., Zhu, P., Chen, Y., Qiao, H., Su, G., Zhao, H., & Jiang, W. *Zhongguo yi xue ke xue yuan xue bao*. Diagnostic Value of the Dual Source CT Dual Energy Pulmonary Perfusion Imaging for Pulmonary Embolism. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*. 2020; 42(5): 646–650.
27. A. B. Aydemir, M. M. Keleş, N. Erdogan, E. CINDIL, G. Erbas, H. N. SENDUR, M. Cerit, H. K. Kilic, M. Arac. Diagnostic value of dual energy pulmonary perfusion CT examination in pulmonary embolism. *ECR 2019*. 2019; C-2902.

28. Pérez López, Paloma. Utilidad de la Tomografía Computarizada con Energía Dual en el diagnóstico del Tromboembolismo Pulmonar. Universidad de Valladolid. Facultad de Medicina. 2019. Grado en Medicina.
29. Chen, T., Xiao, H., & Shannon, R. Does dual-energy computed tomography pulmonary angiography (CTPA) have improved image quality over routine single-energy CTPA?. *Journal of medical imaging and radiation oncology*. 2019; 63(2), 170–174.
30. SY Tan, K Lau, A Borsaru, D Jackson, D Nandurkar. Efficacy of Iodine Perfusion Maps from Dual-energy Computed Tomography of the Pulmonary Arteries in Pulmonary Embolism Assessment. *Hong Kong J Radiol*. 2019; 22: 243-8.
31. Granados Bullon, Umezawa Makikado. Guía de práctica clínica en Cuidados Intensivos. Prevención, diagnóstico y manejo de tromboembolismo pulmonar agudo / trombosis venosa profunda. Hospital Cayetano Heredia. 2018
32. Alfonso Gulias Herrero. Manual de terapéutica médica y procedimientos de urgencias. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. 7 ed. 2016
33. Todd M. Bull, Peter Hountras. Pulmonary Embolism (PE). Manual MSD. 2013

VI. ANEXOS

Anexo 1:

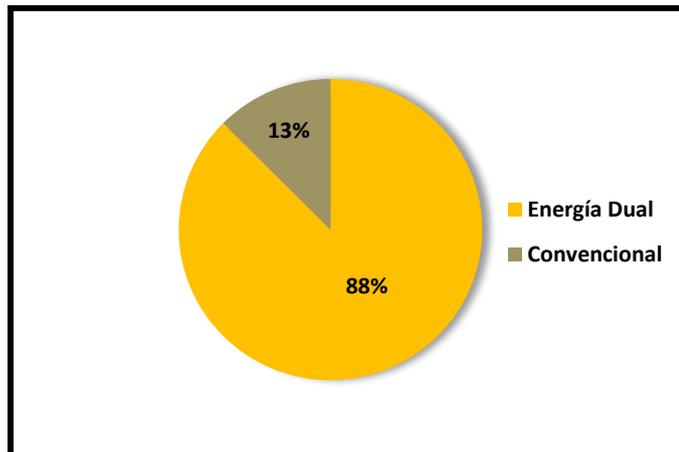
Importancia de la angiotomografía con energía dual en pacientes con tromboembolismo pulmonar.



Fuente: elaboración propia

Anexo 2:

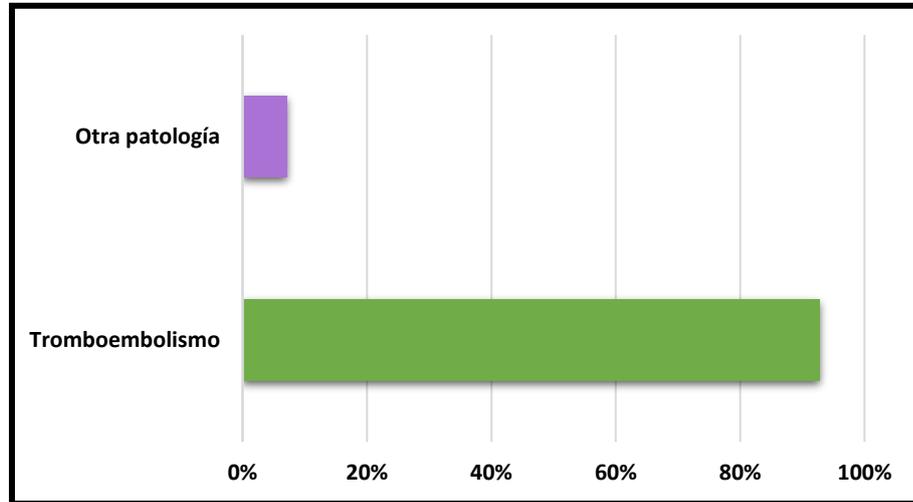
Relevancia de la angiotomografía con energía dual vs Angiotomografía convencional.



Fuente: elaboración propia

Anexo 3:

Aporte de los mapas de perfusión pulmonar



Fuente: elaboración propia