



Perfusión bifásica, por angiotomografía pulmonar con energía dual, en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica

Burboa-Noriega JH¹, Burboa-Noriega L², Díaz-Zamudio M³, Criales-Vera SA⁴

Resumen

La angiotomografía computada con energía dual es capaz de producir imágenes que potencialmente brindan información de la perfusión pulmonar. Publicaciones recientes han mostrado resultados prometedores en la aplicación de esta técnica para demostrar defectos de perfusión en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda; sin embargo, la información sobre su utilidad en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica es escasa.

OBJETIVO: determinar si existen cambios en la perfusión pulmonar, en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica, demostrables por angiotomografía con energía dual.

MATERIAL Y MÉTODOS: estudio prospectivo en pacientes consecutivos enviados al departamento de tomografía con sospecha de tromboembolia pulmonar crónica del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

RESULTADOS: en el análisis por lóbulos se encontró una diferencia significativa en la perfusión arterial entre los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica y los controles. En la fase tardía se demostró mayor perfusión en los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica en relación a los controles; sin embargo, la diferencia no fue significativa.

CONCLUSIÓN: la perfusión bifásica por angiotomografía pulmonar con energía dual es una herramienta que permite demostrar y cuantificar las alteraciones funcionales que presentan los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica. Esta técnica puede ser de utilidad en pacientes candidatos a tromboendarterectomía ya que podría demostrar de forma cualitativa circulación colateral, un factor favorable de pronóstico.

PALABRAS CLAVE: tromboembolia pulmonar crónica, energía dual, perfusión.

¹Residente de cuarto año de la Especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Grupo CT Scanner-INCICH, UNAM; Ciudad de México, México.

²Residente de tercer año de la Especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Grupo CT Scanner-INCICH, UNAM; Ciudad de México, México.

³Médico Radiólogo, adscrita del departamento de radiología del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

⁴Médico Radiólogo, jefe del departamento de radiología del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

Recibido: 31 de enero 2017

Aceptado: 2 de junio 2017

Correspondencia

Jesús Humberto Burboa Noriega
burboa@gmail.com

Este artículo debe citarse como

Burboa-Noriega JH, Burboa-Noriega L, Díaz-Zamudio M, Criales-Vera SA. Perfusión bifásica, por angiotomografía pulmonar con energía dual, en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica. Anales de Radiología México 2017;16(2):129-134.

Anales de Radiología México 2017 Apr;16(2):129-134.

Biphasic perfusion, by pulmonary dual-energy angiotomography, in patients with chronic pulmonary thromboembolism.

Burboa-Noriega JH¹, Burboa-Noriega L², Díaz-Zamudio M³, Ciales-Vera SA⁴

Abstract

Dual-energy computed angiotomography is capable of producing images which potentially provide information on pulmonary perfusion. Recent publications have shown promising results in application of this technique to prove perfusion defects in patients with acute pulmonary thromboembolism; however, information on its usefulness in patients with chronic pulmonary thromboembolism is scant.

OBJECTIVE: determine if there are changes in pulmonary perfusion, in patients with chronic pulmonary thromboembolism, demonstrable by dual-energy angiotomography.

MATERIAL AND METHODS: a prospective study in consecutive patients referred to the tomography department with suspicion of chronic pulmonary thromboembolism at Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chavez.

RESULTS: analysis by lobe found a significant difference in arterial perfusion between patients with chronic pulmonary thromboembolism and controls. In the delayed phase, greater perfusion was shown in patients with chronic pulmonary thromboembolism compared with controls; however, the difference was not significant.

CONCLUSION: biphasic perfusion by dual-energy pulmonary angiotomography is a tool which helps prove and quantify the functional alterations found in patients with chronic pulmonary thromboembolism. This technique can be useful in patients who are candidates for thromboendarterectomy because collateral circulation, a favorable factor for prognosis, can be qualitatively proved.

KEYWORDS: chronic pulmonary thromboembolism; dual-energy; perfusion

¹Residente de cuarto año de la Especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Grupo CT Scanner-INCICH, UNAM; Ciudad de México, México.

²Residente de tercer año de la Especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Grupo CT Scanner-INCICH, UNAM; Ciudad de México, México.

³Médico Radiólogo, adscrita del departamento de radiología del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

⁴Médico Radiólogo, jefe del departamento de radiología del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

Correspondence

Jesús Humberto Burboa Noriega
burboa@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La angiotomografía computada con energía dual es capaz de producir imágenes que, potencialmente, brindan información de la perfusión

pulmonar. Mediante la adquisición simultánea con dos diferentes kilovoltajes es posible cuantificar la cantidad de yodo por voxel y crear un mapa de color que representa el flujo sanguíneo pulmonar. Publicaciones recientes han mostra-



do resultados prometedores en la aplicación de esta técnica para mejorar la detección de defectos de perfusión en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda;¹ sin embargo, la información sobre su utilidad en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica es escasa. En la tromboembolia pulmonar crónica la resolución incompleta de los émbolos incrementa las resistencias vasculares pulmonares causando un estado de hipoxia que finalmente lleva a la insuficiencia cardíaca derecha. El diagnóstico de tromboembolia pulmonar crónica y su distribución es de gran relevancia clínica y brinda información importante acerca de las opciones terapéuticas y el pronóstico. El objetivo de este estudio es determinar si existen cambios en la perfusión pulmonar, demostrables por angiografía con energía dual, en pacientes con tromboembolia pulmonar crónica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Pacientes y controles

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Cardiología Dr. Ignacio Chávez. Se incluyeron pacientes consecutivos enviados al departamento de tomografía con sospecha de tromboembolia pulmonar crónica, en los cuales se documentaron hallazgos compatibles con el diagnóstico. Se incluyeron como controles pacientes enviados para tomografía de tórax contrastada con diagnósticos de nódulo pulmonar y afección mediastinal, sin sospechas de tromboembolia pulmonar aguda o crónica. El periodo de recolección de pacientes fue de tres meses (septiembre a noviembre del 2015). Los criterios de exclusión fueron creatinina sérica elevada y alergia al medio de contraste. Los criterios de eliminación fueron hallazgos tomográficos no concluyentes, artificios y enfermedades pulmonares coexistentes. Se solicitó consentimiento informado en todos los pacientes y controles.

Protocolo de adquisición

Tanto los pacientes como los controles fueron sometidos a exactamente el mismo protocolo. Utilizamos un equipo de tomografía de energía dual (Somatom Definition Flash, Siemens®). El protocolo de adquisición fue energía dual, tubo A 119 mAs/100 kV, tubo B 92 mAs/140 kV, grosor de corte 1.5 mm, configuración de detectores 128 × 0.6. Para acceso vascular se colocó un catéter periférico de 18G antecubital y se administró medio de contraste yodado no iónico (Ultravist 370 mgI/mL), dosis 1 mL/kg de peso, seguido por 30 mL de solución salina, caudal 4 mL/s. Se obtuvo una fase arterial pulmonar desde los ápices hasta las bases pulmonares, utilizando técnica de *bolus tracking* colocando una región de interés en la arteria pulmonar con umbral de disparo de 80 UH y retraso de 6 segundos. Se obtuvo una fase tardía 20 segundos después de la fase arterial. Se realizaron reconstrucciones de la fase angiográfica y tardía para tubos A, B y mezcla con filtro para mediastino B30f con grosor de 1.5 mm para el análisis.

Evaluación de las imágenes y análisis estadístico

En el posproceso se generaron mapas de color que representan la concentración de yodo (expresado en mg/mL) en el parénquima pulmonar (Syngo Via 2.0, Siemens®). Se efectuó la medición de la densidad de yodo en pulmón utilizando una región de interés de 3 cm² (7 muestras en el lado derecho y 6 en el izquierdo), tomando como controles a pacientes sin tromboembolia pulmonar (**Figura 1**). En el grupo de tromboembolia pulmonar crónica se evaluaron la presencia y distribución de defectos de llenado periféricos, disminución en el calibre de los vasos, bandas o redes intravasculares. Se utilizaron medidas de tendencia central (media) y prueba de T para buscar diferencias significativas entre los grupos. Se hizo el análisis por paciente y por lóbulos pulmonares considerando significativa

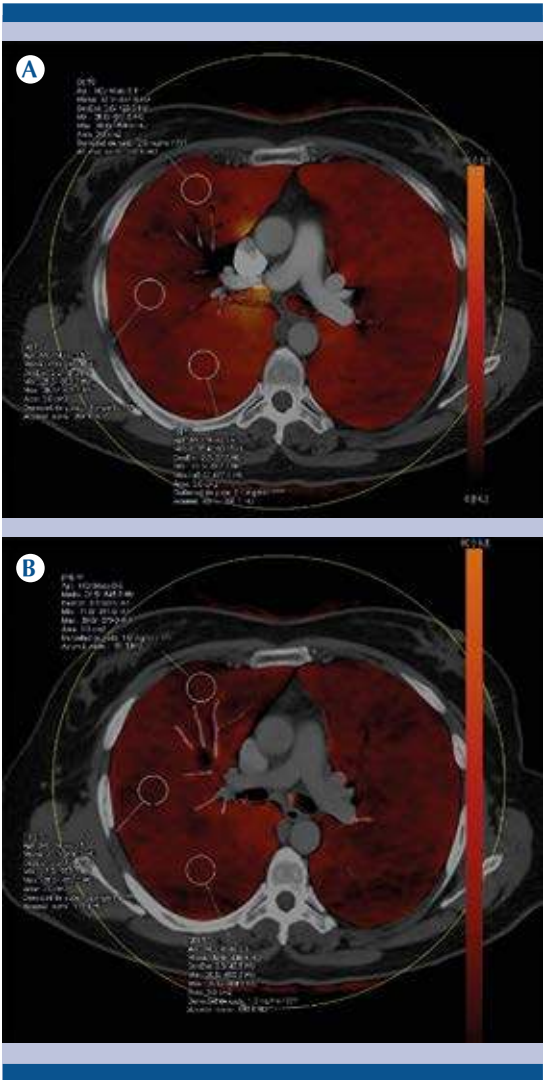


Figura 1. A) Paciente del grupo control. Mapa de color y medición de la concentración de yodo en el parénquima pulmonar durante la fase de adquisición arterial. B) Paciente del grupo control. La fase de adquisición venosa muestra menor concentración de yodo en comparación con la fase arterial.

una $p < 0.05$. Para el análisis de los datos se utilizó el programa Stata.

RESULTADOS

Se incluyeron 27 (64.2%) controles y 15 (35.7%) pacientes con tromboembolia pul-

monar crónica. La edad promedio de la población fue de 42 ± 17 años; la edad promedio del grupo control fue 55.1 ± 17.8 años y la del grupo con tromboembolia pulmonar crónica 53.8 ± 16.2 años ($p = 0.815$). Del total de la población 31 pacientes (73.8%) correspondieron al sexo femenino y 11 (26.1%) al masculino. En el grupo con tromboembolia pulmonar crónica 10 (66.6%) fueron mujeres y 5 (33.3%) hombres, en el grupo control hubo 21 (77.7%) mujeres y 6 (22.3%) hombres. En el análisis por paciente encontramos una diferencia significativa en la fase arterial de los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica (**Cuadro 1**) mientras que en la fase venosa no se encontraron diferencias significativas (**Cuadro 2**). En el análisis por lóbulos se encontró una diferencia significativa en la perfusión arterial entre los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica y los controles; sin embargo, no se demostraron diferencias significativas en la fase venosa (**Cuadro 3**).

Cuadro 1. Valores de concentración de yodo (mg/mL) en fase angiográfica, en pacientes y controles, por lóbulos, en cada pulmón y promedio de ambos pulmones

	Arterial		
	Pacientes (n=15)	Controles (n=27)	P
LSD	2.08	2.24	0.336
LM	1.93	2.11	0.449
LID	1.59	1.96	0.054
LSI	1.87	2.25	0.021
Lingula	1.92	2.34	0.058
LII	1.52	2.09	0.001
Pulmón derecho	1.85	2.10	0.110
Pulmón izquierdo	1.70	2.18	0.001
2 pulmones	1.81	2.09	0.080

LSD: lóbulo superior derecho; LM: lóbulo medio; LID: lóbulo inferior derecho; LSI: lóbulo superior izquierdo; LII: lóbulo inferior izquierdo.

Cuadro 2. Valores de concentración de yodo (mg/mL) en fase tardía, en pacientes y controles, por lóbulos, en cada pulmón y promedio de ambos pulmones

	Venosa		
	Pacientes (n=15)	Controles (n=27)	p
LSD	1.53	1.31	0.078
LM	1.26	1.25	0.974
LID	1.22	1.15	0.576
LSI	1.46	1.42	0.780
Lingula	1.28	1.36	0.563
LII	1.32	1.27	0.750
Pulmón derecho	1.36	1.24	0.201
Pulmón izquierdo	1.36	1.34	0.844
2 pulmones	1.37	1.30	0.548

LSD: lóbulo superior derecho; LM: lóbulo medio; LID: lóbulo inferior derecho; LSI: lóbulo superior izquierdo; LII: lóbulo inferior izquierdo.

Cuadro 3. Análisis por lóbulos, con y sin defectos de llenado, en arterias correspondientes. Valores de concentración de yodo (mg/mL) en fase angiográfica y tardía

	TEP (+) (n=43)	TEP (-) (n=208)	p
Arterial	1.78	2.09	0.003
Venosa	1.38	1.29	0.197

TEP: tromboembolia pulmonar.

DISCUSIÓN

En el análisis por lóbulos se logró identificar una disminución significativa en la perfusión pulmonar durante la fase de adquisición arterial, lo que demuestra que los cambios estructurales en la circulación pulmonar secundarios a la tromboembolia pulmonar crónica ocasionan repercusiones hemodinámicas que pueden ser cuantificadas mediante la angiotomografía con energía dual (**Figura 2**); sin embargo es un

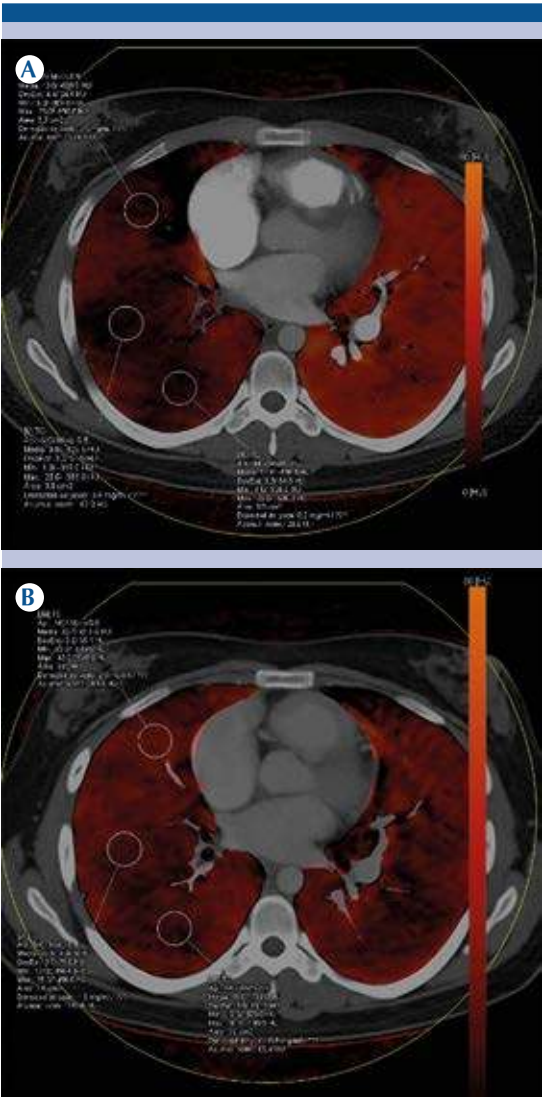


Figura 2. A) Paciente con tromboembolia pulmonar crónica. Mapa de color y cuantificación de la concentración de yodo que demuestra una menor perfusión en el pulmón derecho durante la fase de adquisición arterial. **B)** Paciente con tromboembolia pulmonar crónica. La fase de adquisición venosa muestra un incremento en la concentración de yodo en comparación con la fase arterial, probablemente a través de la circulación bronquial o cortocircuitos intrapulmonares.

hallazgo que también se presenta en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda. En la fase tardía se demostró mayor perfusión en los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica respecto de los controles, pero la diferencia cuantitativa no fue estadísticamente significativa. El incremento en la perfusión podría deberse a la formación de colaterales a través de la circulación bronquial o la formación de cortocircuitos intrapulmonares.²

Estos resultados apoyan algunos estudios que han sido publicados acerca de tromboembolia pulmonar crónica y angiotomografía pulmonar con energía dual. Mi-Jin K y sus colaboradores encontraron defectos de perfusión en pacientes con oclusión de las arterias pulmonares.³ Ameli-Renani y su grupo demostraron una disminución periférica en el realce del parénquima pulmonar en pacientes con hipertensión arterial pulmonar y tromboembolia pulmonar crónica.⁴ Guang M y sus colegas clasificaron los defectos de perfusión de acuerdo con la presencia de defectos de llenado en las arterias pulmonares.⁵ En otros estudios se han demostrado diferentes patrones de perfusión en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda o crónica.⁶ Hoey y sus colaboradores estudiaron la perfusión por segmentos de los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica,⁷ mientras que Hagspiel describió sus hallazgos con energía dual midiendo el volumen sanguíneo pulmonar.⁸

Una de las principales limitaciones de este estudio fue la poca disponibilidad de los equipos con capacidades de energía dual,⁹ así como el posible incremento en la dosis de radiación.¹⁰ No obstante, el uso de equipos modernos con técnicas de reducción de dosis permiten disminuir la dosis efectiva hasta alcanzar niveles similares a los de un estudio convencional; además, la lectura de estos estudios requiere de herramientas de posproceso que no han sido adoptadas completamente en el entorno clínico.¹¹

CONCLUSIÓN

La perfusión bifásica por angiotomografía pulmonar con energía dual es una herramienta que permite demostrar y cuantificar las alteraciones funcionales que presentan los pacientes con tromboembolia pulmonar crónica. Esta técnica puede ser de utilidad en pacientes candidatos a tromboendarterectomía ya que podría demostrar, de forma cualitativa, la circulación colateral que es un factor favorable para el pronóstico.

REFERENCIAS

1. Lu G-M, Wu S-Y, Yeh BM y cols: Dual-energy computed tomography in pulmonary embolism. *The British Journal of Radiology* 2010;83:707-718.
2. Walker CM, Rosado ML, Martínez S y cols: Bronchial Arteries: Anatomy, Function, Hypertrophy and Anomalies. *RadioGraphics* 2015;35:32-49.
3. Mi-Jin K, Chang M, Chang-Hyun L y cols: Dual-Energy CT: Clinical Applications in Various Pulmonary Diseases. *RadioGraphics* 2010;30:685-698.
4. Ameli-Renani S, Ramsay L, Bacon JL y cols: Dual-energy computed tomography in the assessment of vascular and parenchymal enhancement in suspected pulmonary hypertension. *Journal Thoracic Imaging* 2014;29(2):98-106.
5. Guang M, Yan'E Z, Long JZ y cols: Dual-Energy CT of the Lung. *AJR* 2012;199:S40-S53.
6. Yoo JH, Ja YK, Kyu OC y cols: Different Perfusion Pattern Between Acute and Chronic Pulmonary Thromboembolism: Evaluation With Two-Phase Dual-Energy Perfusion CT. *AJR* 2013;200(4):812-817.
7. Hoey E, Mirsadraee S, Pepke-Zaba J y cols: Dual-Energy CT Angiography for Assessment of Regional Pulmonary Perfusion in Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Initial Experience. *AJR* 2011;196:524-532.
8. Hagspiel KD, Flors L, Housseini AM y cols: Pulmonary blood volume imaging with dual-energy computed tomography: Spectrum of findings. *Clinical Radiology* 2012;67:69-77.
9. Ameli-Renani S, Rahman F, Nair A y cols: Dual-Energy CT for Imaging of Pulmonary Hypertension: Challenges and Opportunities. *RadioGraphics* 2014;34:1769-1790.
10. Otrakji A, Digumarthy SR, Lo Gullo R y cols: Dual-Energy CT: Spectrum of Thoracic Abnormalities. *RadioGraphics* 2016;36:38-52.
11. Walsh SLF, Nair A, Hansell DM: Post-processing applications in thoracic computed tomography. *Clinical Radiology* 2013;68:433-448.