

Perfusión miocárdica con tomografía computarizada de doble energía en pacientes con probabilidad intermedia a elevada de enfermedad coronaria

Myocardial perfusion assessment by dual-energy computed tomography in patients with intermediate to high likelihood of coronary artery disease

Macarena C. De Zan, Carlos Capunay, Gastón A. Rodríguez-Granillo, Alejandro Deviggiano, Roxana Campisi, Marina López de Munain, Javier Vallejos, Patricia M. Carrascosa

RESUMEN

Objetivos. Determinar el rendimiento diagnóstico de la tomografía computarizada de doble energía (TCDE) en la perfusión miocárdica en pacientes con probabilidad intermedia a elevada de enfermedad arterial coronaria (EAC) y evaluar el impacto del artefacto por endurecimiento del haz (AEH).

Métodos. Estudio prospectivo, que incluyó pacientes con EAC conocida o sospechada referidos para el estudio de la perfusión miocárdica con tomografía por emisión de fotón único (SPECT). Veinte pacientes fueron incluidos en el protocolo y escaneados utilizando TCDE (n=20). Se utilizó el mismo estrés farmacológico en ambas adquisiciones (TCDE y SPECT).

Resultados. Un total de 680 segmentos del ventrículo izquierdo fueron evaluados por TCDE y SPECT. El índice contraste/ruído de la TCDE fue de $8,8 \pm 2,9$. El rendimiento diagnóstico para identificar defectos de perfusión de la TCDE fue muy bueno [área bajo la curva ROC=0,90 (0,86-0,94) comparado con SPECT, y no se vio afectado por la presencia de AEH [área bajo la curva ROC=0,90 (0,84-0,96)].

Conclusiones. En este estudio piloto, la evaluación de la perfusión miocárdica por TCDE en pacientes con probabilidad intermedia a elevada de EAC fue posible y no se vio afectada por la presencia de AEH.

Palabras claves: *isquemia, artefactos de endurecimiento del haz.*

ABSTRACT

Objectives. We sought to explore the feasibility and diagnostic performance of dual-energy computed tomography (DECT) for the evaluation of myocardial perfusion in patients with intermediate to high likelihood of coronary artery disease (CAD), and to assess the impact of beam hardening artifacts (HAE).

Methods. The present prospective study involved patients with known or suspected CAD referred for myocardial perfusion imaging by single-photon emission computed tomography (SPECT). Twenty patients were included in the study protocol, and scanned using DECT imaging (n = 20). The same pharmacological stress was used for DECT and SPECT scans.

Results. A total of 680 left ventricular segments were evaluated by DECT and SPECT. The contrast to noise ratio was 8.8 ± 2.9 . The diagnostic performance of DECT was very good in identifying perfusion defects [area under ROC curve (AUC) of DECT 0.90 (0.86-0.94)] compared with SPECT, and remained unaffected when including only segments affected by beam hardening artifacts (BHA) [AUC= DECT 0.90 (0.84-0.96)].

Conclusions. In this pilot investigation, myocardial perfusion assessment by DECT imaging in patients with intermediate to high likelihood of CAD was feasible and remained unaffected by the presence of BHA.

Key words: *dipyridamole, ischemia, beam hardening artifacts.*

Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista 2015;6(2):81-86

INTRODUCCIÓN

Según las recomendaciones de la Asociación Americana del Corazón (AHA), los pacientes sintomáticos con probabilidad baja a intermedia de enfermedad arterial coronaria (EAC) son los que obtienen el mayor beneficio con la angiografía coronaria por tomografía computarizada (ACTC)¹. No obstante, no

siempre la anatomía se correlaciona con el compromiso funcional. Es así como la ACTC estima el significado fisiológico de una lesión de acuerdo con su severidad anatómica cuando lo correcto sería medir directamente su capacidad para producir isquemia. Las dificultades para la interpretación angiográfica son máximas en pacientes con lesiones intermedias, calcificación severa y presencia de *stents*.

Dentro de los *tests* evocadores de isquemia, la prueba ergométrica graduada (PEG) presenta limitaciones en su sensibilidad y especificidad, y su interpretación es técnicamente dificultosa en pacientes que no pueden realizar actividad física máxima o con ECG basal alterado. Por otra parte, no identifica el o los territorios comprometidos. Los métodos con imágenes ofrecen más posibilidades para determinar el monto y la localización de miocardio isquémico. Entre ellos, las técnicas nucleares durante reposo y ejerci-

1. Departamento de Imágenes Cardiovasculares, Diagnóstico Maipú, Buenos Aires, Argentina.

✉ Correspondencia: Patricia Carrascosa MD PhD | Av Maipú 1668, Vicente López (B1602ABQ), Buenos Aires, Argentina | Tel/fax: +5411 48377596 | patriciacarrascosa@diagnostico maipu.com.ar

La Dra. Patricia Carrascosa es consultora de GE. Los otros autores declaran no tener conflictos de intereses.

Recibido: 11/03/2015 | Aceptado: 16/04/2015

cio físico o apremio farmacológico son las más aceptadas para detectar y localizar la isquemia. No obstante, pueden presentar falsos negativos o subestimar su monto. Esto se debe a que se basan en identificar diferencias de perfusión en las distintas zonas del miocardio, y por lo tanto requieren de por lo menos una región miocárdica con perfusión conservada considerada como referencia. Es por ello que su utilidad se encuentra limitada de manera significativa en pacientes con enfermedad de múltiples vasos (isquemia balanceada).

Varios estudios han demostrado la capacidad de la ACTC para evaluar la perfusión miocárdica mediante el estrés farmacológico. Es así como ha surgido la atractiva posibilidad de integrar información anatómica (ACTC) y funcional (perfusión miocárdica por TC) con bajas dosis de radiación y de contraste²⁻⁵. Sin embargo, la perfusión miocárdica por TC presenta limitaciones técnicas, debido fundamentalmente a artefactos por endurecimiento del haz (AEH). Dichos artefactos se producen por la naturaleza policromática de los rayos X y la dependencia energética de la atenuación de los mismos, en donde se origina una importante disminución de la densidad de la señal miocárdica en las regiones próximas a estructuras de alta densidad, simulando de este modo defectos de perfusión⁶. Con el desarrollo de la TC de doble energía (TCDE), que permite la descomposición del material y el análisis monocromático de las imágenes, podría disminuirse el AEH^{7,8}.

Por lo tanto, exploramos el rendimiento diagnóstico de la TCDE para la evaluación de defectos de perfusión miocárdica comparada con la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) en pacientes con probabilidad intermedia a elevada de EAC.

MÉTODOS

Población de estudio

Estudio unicéntrico, prospectivo, que enroló pacientes con EAC conocida o sospechada referidos para el estudio de la perfusión miocárdica con SPECT. Los criterios de inclusión fueron edad mayor de 40 años, frecuencia cardíaca estable con ritmo sinusal y capacidad de mantener una apnea de 15 segundos. Se consideraron criterios de exclusión: antecedente de alergia al contraste yodado, insuficiencia renal, inestabilidad hemodinámica, índice de masa corporal mayor a 32 kg/m², antecedente de infarto de miocardio en los 30 días previos, angioplastia coronaria percutánea en los 6 meses previos, insuficiencia cardíaca crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bloqueo auriculoventricular de alto grado y baja probabilidad de EAC.

Se les indicó a los pacientes suspender drogas vasodilatadoras 24 horas previas al estudio, así como también suspender el consumo de tabaco y bebidas con cafeína.

La historia clínica fue realizada de manera contemporánea al estudio, y los pacientes fueron clasificados de acuerdo con el *score* de Framingham. La probabilidad estimada de EAC se calculó utilizando la Escala Clínica de Duke, la cual incluye características del dolor, edad, sexo y factores de riesgo tradicionales. Los pacientes se estratificaron en baja (1 a 30%), intermedia (31 a 70%) o alta (71 a 99%) probabilidad de EAC^{9,10}.

Los pacientes fueron escaneados con un tomógrafo dotado de detectores de piedras preciosas diseñado para obtener imágenes de doble energía (Discovery HD 750, GE Medical Systems, Milwaukee, EE.UU.). Se utilizó el mismo estrés farmacológico para los estudios con TCDE y SPECT. Tanto el dipiridamol (0,56 mg/kg) como el contraste yodado (Iobitridol, Xenetix 350TM, Guerbet, Francia) se administraron mediante dos vías intravenosas (IV) antecubitales independientes. Posterior a la dosis de dipiridamol, se infundió aminofilina (1-2 mg/kg) IV para revertir sus efectos.

El punto final primario fue evaluar el rendimiento diagnóstico de TCDE en la caracterización de todos los segmentos miocárdicos en general, y de los segmentos miocárdicos con mayor influencia de EAH en particular.

Adquisición de la perfusión

Por tratarse de pacientes con probabilidad intermedia a elevada de EAC, se realizó en primer lugar la adquisición durante el estrés y posteriormente (30 minutos) en reposo.

Tomografía computada de doble energía (TCDE)

Las imágenes durante el apremio farmacológico se adquirieron con gatillado prospectivo utilizando un *padding* de 100 ms abarcando de este modo 45-75% del intervalo RR. La doble energía se obtuvo gracias a la conmutación rápida (0,3-0,5 milésimas de segundo) de los kV, utilizando un único tubo y una única fila de detectores. Durante el giro, el tubo alternó espectros de alta y baja energía (80 y 140 kV), lo que permitió la reconstrucción de las imágenes monocromáticas con incrementos de 10 keV desde 40 a 140 keV. La reconstrucción iterativa (ASIR) estuvo disponible para todos los niveles energéticos, excepto 40 y 50 keV¹¹. Tres minutos luego de la administración de dipiridamol se inyectaron 50-70 ml de contraste yodado, seguido de 30-40 ml de solución fisiológica. Se utilizó la técnica de seguimiento de bolo (*bolus tracking*) para sincronizar la llegada del contraste a las arterias coronarias con el inicio de la adquisición.

Para las imágenes en reposo, los pacientes con frecuencia cardíaca mayor de 65 latidos por minuto recibieron 5 mg de propranolol IV, con el fin de lograr una frecuencia cardíaca objetivo menor a 60 lpm. A todos se les administró 2,5 mg de dinitrato de isosorbide vía sublingual. La adquisición de las imágenes en reposo se realizó utilizando el mismo protocolo que para el estrés.

SPECT

Dos minutos después de la administración de dipiridamol e inmediatamente antes de la adquisición de la imagen por TCDE, se inyectaron vía IV 10 a 15 mCi de tecnecio-99m-metoxi-isobutil isonitrilo (99m Tc-MIBI). Las imágenes del estrés-SPECT se realizaron 60 minutos luego de la administración del radiotrazador utilizando una cámara gamma doble cabezal sobre una órbita circular de 90° (GE Medical Systems. Millennium MG, Milwaukee, EE.UU.). Los datos fueron adquiridos en una matriz de 128×128 para 32 proyecciones utilizando un formato de *paso y disparo*. Las imágenes en reposo se adquirieron 24 a 48 horas posteriores al estrés, y se utilizaron 10 a 15 mCi de 99mTc-MIBI.

Análisis de la perfusión

El análisis de la perfusión fue realizado por dos observadores experimentados (PC, CC) externos, ciegos a los datos clínicos y a los resultados del SPECT. Se utilizó un software especial, comercialmente disponible (AW 4.6, GE Healthcare). Las imágenes de TC fueron analizadas en mesodiástole, usando un filtro suave, en planos axiales y con reconstrucciones multiplanares. La ventana y el nivel fueron predeterminados en 300 y 150, aunque se les permitió a los observadores modificar estos valores si fuera considerado necesario. Se usaron reconstrucciones multiplanares de 5 a 8 mm de espesor, desde la base hasta el ápex en el eje corto; de todos modos la adquisición completa se encontró disponible a los observadores.

Para la evaluación de la presencia de defectos de perfusión se utilizaron regiones de interés (RDI) intramiocárdicas de 20 mm², excluyendo 1 mm del área subendocárdica para evitar AEH o efectos de volumen parcial, de acuerdo con el modelo de AHA de 17 segmentos ventriculares¹². La perfusión miocárdica se analizó inicialmente de manera cualitativa, y posteriormente cuantitativa, definiendo defecto en la perfusión a la densidad de la señal (DS) miocárdica un desvío estándar por debajo de la media.

Las imágenes por TC se evaluaron utilizando datos monocromáticos, en los distintos niveles energéticos, desde 40 a 100 keV, con el fin de confirmar o descartar la presencia de defectos en la perfusión. Se consideró defecto verdadero a aquel hallado en todos los niveles energéticos. Si el defecto se encontraba presente sólo en algunos niveles se consideró AEH.

La densidad de la señal (DS) del miocardio normalmente perfundido se determinó con la utilización de RDI de 20 mm² en el *septum* interventricular⁶. El índice de DS quedó determinado como: DS del miocardio / DS de la sangre a nivel del ventrículo izquierdo⁶. Con el fin de evaluar la calidad de imagen, se determinaron el ruido de la imagen y el índice contraste/ruido. El nivel de ruido se derivó del desvío estándar (en unidades Hounsfield) de una gran RDI ubica-

da en la cavidad ventricular. El índice contraste/ruido se definió como la diferencia entre la densidad media del contraste intraventricular izquierdo y la densidad media de la pared del ventrículo izquierdo dividida por el ruido de la imagen. La calidad de la imagen fue evaluada en los niveles energéticos 60, 70, 80 y 90 keV, con el fin de poder utilizar la reconstrucción iterativa. Por último, para evaluar el impacto de los AEH, se analizaron específicamente los segmentos más comúnmente afectados por dicho artefacto (AHA segmentos # 5, y # 13 a # 16).

El análisis de las imágenes obtenidas por SPECT fue llevado a cabo por consenso de dos observadores experimentados (RC, MLM) ciegos a los datos de la TC. Se realizaron reconstrucciones en el eje largo y corto del corazón, perpendiculares al plano axial. Posteriormente se realizó un análisis cuantitativo automático de las imágenes de perfusión utilizando formato de mapa polar (normalizado a 100%). Los defectos en la perfusión miocárdica se identificaron como un segmento con actividad del trazador <75% del máximo. Las imágenes gatilladas se utilizaron para evaluar la motilidad regional con el fin de mejorar la discriminación entre los defectos de perfusión y artefactos de atenuación.

La dosis de radiación efectiva de la TC se calculó multiplicando el DLP (producto dosis-longitud) con la constante de ponderación (k) (valor de 0,014 mSv/mGy/cm para los exámenes de tórax), según lo sugerido por la Sociedad de Tomografía Computada Cardiovascular¹³. La dosis de radiación del SPECT se estimó en base a las recomendaciones de las guías recientes¹⁴.

El Comité de Ética de la institución aprobó el protocolo de estudio, que cumplió con la Declaración de Helsinki, y el consentimiento informado por escrito se obtuvo de todos los pacientes.

Análisis estadístico

Las variables discretas se presentan como cuentas y porcentajes. Las variables continuas se presentan como media ± desvío estándar. Las comparaciones entre grupos se realizaron mediante el *test* de Student para muestras independientes. El acuerdo entre observadores se evaluó mediante el coeficiente Kappa. Para determinar la exactitud de la TC de perfusión para la detección de defectos de perfusión por SPECT, se calculó la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo, valor predictivo positivo, cocientes de probabilidad y las razones de posibilidades de diagnóstico que toma en cuenta la potencial distribución no uniforme (intervalos de confianza del 95%). También se realizaron análisis de la curva ROC para evaluar el rendimiento diagnóstico utilizando un software específico para el análisis ROC (MedCalc Software, Ostende, Bélgica). El resto de los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS, versión 22 (Chicago, Illinois, EE.UU.). Un valor de p menor de 0,05 indicó significación estadística.

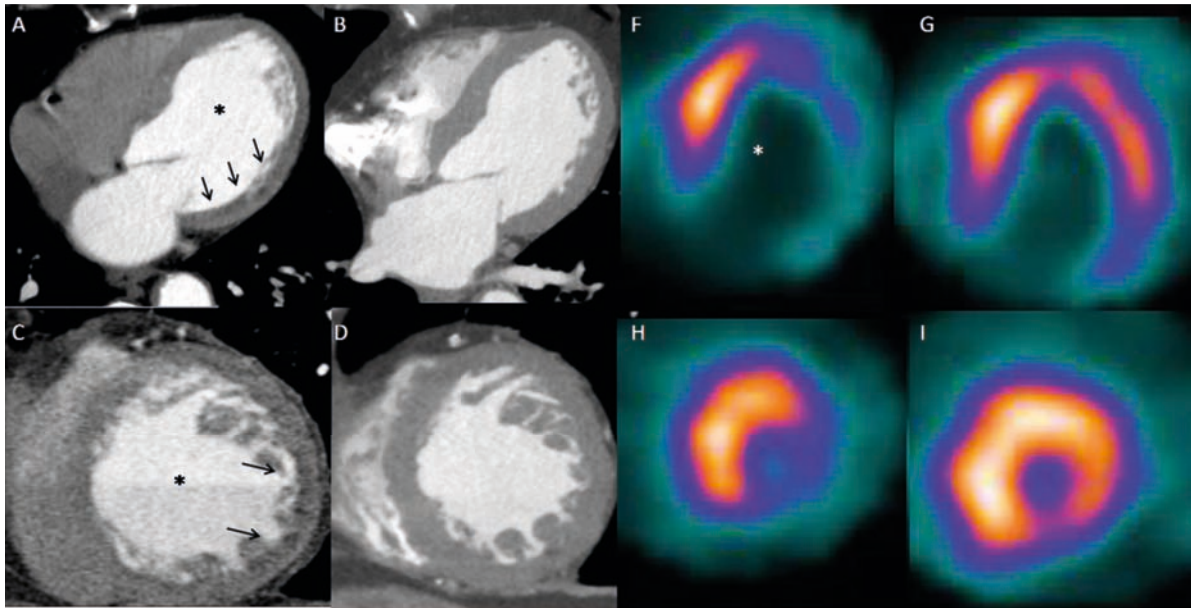


Figura 1. Perfluación miocárdica evaluada mediante tomografía computarizada de doble energía (TCDE) en paciente de sexo masculino de 69 años con dislipidemia como factor de riesgo coronario y angina de clase funcional variable, con indicación de tomografía por emisión de fotón único (SPECT). La TCDE (**paneles A y B:** vista de cuatro cámaras en estrés y reposo; **paneles C y D:** eje corto medioventricular en estrés y reposo) muestra la presencia de un defecto de perfuación (**flechas**) inferolateral en cortes basales y medios, con normalización en reposo y concordancia con las imágenes del SPECT (**paneles F a I**). Se destaca la presencia de dilatación isquémica transitoria (asterisco).

RESULTADOS

Veinte pacientes fueron prospectivamente incluidos en el protocolo de estudio. La edad media fue de $60,3 \pm 9,6$ años. Quince (75%) eran varones. Cinco (25%) tenían diabetes, 17 (85%) hipertensión y 17 (85%) dislipidemia. La media de índice de masa corporal fue de $27,8 \pm 3,9$ kg/m², y la media de frecuencia cardíaca una hora antes de la tomografía computarizada fue de $63,3 \pm 6,5$ lpm. La probabilidad *pretest* media estimada de enfermedad arterial obstructiva (Duke) fue $69,1 \pm 23,5\%$.

Calidad de la imagen y la dosis de radiación efectiva

El índice de DS del miocardio fue de $0,31 \pm 0,07$, y el índice contraste/ruido de $8,8 \pm 2,9$.

La dosis media de radiación efectiva fue de $7,4 \pm 1,1$ mSv. La dosis de radiación de imágenes SPECT fue de $8,8 \pm 2,0$ mSv.

Rendimiento diagnóstico de la TCDE

Un total de 680 segmentos del ventrículo izquierdo fueron evaluados por TCDE y SPECT. Dos (0,29%) segmentos se consideraron no evaluables debido a artefactos de movimiento, considerándose positivos de acuerdo con lo preespecificado en el protocolo de estudio. La sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo para la detección de defectos de perfuación miocárdica fueron 84,1% (76,3-89,8%), 96,4% (94,4-97,7%), 84,1% (76,3-89,8%) y 96,4% (94,4-97,7%), respectivamente.

El cociente de probabilidad positivo fue de 23,3 (15,1-36,1), mientras que el cociente de probabilidad negativo fue de 0,16 (0,11-0,25). El *odds ratio* diagnóstico fue 141,5 (73,6-272,1).

El área bajo la curva para el rendimiento diagnóstico en la identificación de defectos de perfuación fue de 0,90 (0,86-0,94).

Por último, hubo una buena concordancia interobservador para la presencia de defectos en la perfuación miocárdica evaluada por TCDE ($\kappa=0,89$; $p < 0,001$).

En el análisis por paciente, la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo fueron 100% (73,2-100%), 83,3% (36,5-99,1%), 93,3% (66,0 a 100%) y 100% (46,3 a 100%), respectivamente. Es de destacar que el único falso positivo fue atribuido a un solo segmento (segmento #14), y solo se observó en reposo.

Análisis incluyendo segmentos afectados por artefactos endurecimiento del haz

Al incluir solo los segmentos comúnmente afectados por BHA, la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo fueron 86,6% (71,9-94,3%), 93,6% (88,2-96,7%), 79,2% (64,6-89,0%) y 96,1% (91,2-98,4%), respectivamente; con un cociente de probabilidad positivo de 13,5 (7,3-24,8), y un cociente de probabilidad negativo de 0,15 (0,07-0,31).

El área bajo la curva ROC de TCDE para la identificación de los defectos de perfuación en los segmentos comúnmente afectados por AEH fue de 0,90 (0,84-0,96).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren que la perfusión miocárdica mediante la tomografía computarizada de doble energía es factible y presenta un elevado rendimiento diagnóstico comparado con el SPECT, aún en los segmentos con mayor prevalencia de artefactos (AEH) y sin riesgos de mayores dosis de radiación.

Durante la última década la ACTC se consolidó como método con alto valor predictivo negativo para descartar enfermedad coronaria, pero con un valor predictivo positivo modesto debido principalmente a la naturaleza anatómica de su información.

Los estudios DEFER y FAME han confirmado la importancia de la presencia de isquemia al decidir el tipo de tratamiento a seguir. En ellos se demostró que el pronóstico de una lesión funcionalmente no significativa es excelente, con una tasa de mortalidad cardíaca o IAM < 1% al año sin importar el tipo de tratamiento recibido, tratamiento médico óptimo (TMO) único *vs.* asociado a angioplastia (ATC). Del mismo modo evidenciaron que las lesiones generadoras de isquemia presentaban mayor probabilidad de generar un efecto adverso cardíaco, aún siendo tratadas con ATC. Los autores concluyeron que en pacientes con estenosis funcionalmente significativa la revascularización comparada con TMO solo, reduce la tasa de eventos; y los pacientes con lesiones no generadoras de isquemia presentan muy baja tasa de eventos con TMO solo, con lo cual el tratamiento invasivo no estaría indicado¹⁵⁻¹⁶. Siguiendo esta línea, Meijboom et al. demostraron que la correlación entre ACTC y CCG (cinecoronariografía) con RFF (reserva fraccional de flujo coronario) es solo moderada, debido principalmente a los falsos positivos ocasionados por la presencia de calcificaciones difusas¹⁷. Así, la ACTC ha quedado excluida para el estudio de pacientes con alta probabilidad de EAC y ancianos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, Gerber TC, Gersh B, Hillis LD, et al. Noninvasive coronary artery imaging: magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography: a scientific statement from the American Heart Association committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention, and the councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young. *Circulation* 2008 Jul 29;118(5):586-606. PubMed PMID: 18586979.
2. Ko BS, Cameron JD, Leung M, Meredith IT, Leong DP, Antonis PR, et al. Combined CT coronary angiography and stress myocardial perfusion imaging for hemodynamically significant stenoses in patients with suspected coronary artery disease: a comparison with fractional flow reserve. *JACC Cardiovascular imaging* 2012 Nov;5(11):1097-111. PubMed PMID: 23153909.
3. Bamberg F, Becker A, Schwarz F, Marcus RP, Greif M, von Ziegler F, et al. Detection of hemodynamically significant coronary artery stenosis: incremental diagnostic value of dynamic CT-based myocardial perfusion imaging. *Radiology* 2011 Sep;260(3):689-98. PubMed PMID: 21846761.
4. Rocha-Filho JA, Blankstein R, Shturman LZ, Bezerra HG, Okada DR, Rogers IS, et al. Incremental value of adenosine-induced stress myocardial perfusion imaging with dual-source CT at cardiac CT angiography. *Radiology* 2010 Feb;254(2):410-9. PubMed PMID: 20093513. PubMed Central PMCID: 2809927.
5. Ko SM, Choi JW, Hwang HK, Song MG, Shin JK, Chee HK. Diagnostic performance of combined noninvasive anatomic and functional assessment with dual-source CT and adenosine-induced stress dual-energy CT for detection of significant coronary stenosis. *AJR American journal of roentgenology*. 2012 Mar;198(3):512-20. PubMed PMID: 22357990.
6. Rodríguez-Granillo GA, Rosales MA, Degrossi E, Rodríguez AE. Signal density of left ventricular myocardial segments and impact of beam hardening artifact: implications for myocardial perfusion assessment by multidetector CT coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010 Mar;26(3):345-54. PubMed PMID: 19908161.
7. So A, Lee TY, Imai Y, Narayanan S, Hsieh J, Kramer J, et al. Quantitative myocardial perfusion imaging using rapid kVp switch dual-energy CT: preliminary experience. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2011 Nov-Dec;5(6):430-42. PubMed PMID: 22146502.

Distintos estudios evidenciaron la capacidad de evaluar el compromiso funcional mediante el estudio de perfusión miocárdica por TC de energía simple. La principal desventaja de este método son los AEH^{18,19}. Nuevamente, Meijboom et al. confirmaron estas limitaciones al no encontrar valor agregado en el estudio de la perfusión miocárdica a la ACTC en pacientes sintomáticos con alta probabilidad de EAC²⁰. Es así como surge la TCDE como un método prometededor para mejorar el rendimiento diagnóstico de la perfusión miocárdica por TC al no encontrarse afectada por los AEH.

Por esta razón decidimos llevar a cabo este estudio prospectivo que evalúa la capacidad de la TCDE de evaluar la perfusión miocárdica en pacientes con intermedia a alta probabilidad de EAC, principalmente en aquellos segmentos con mayor prevalencia de AEH. Es importante remarcar que esto fue logrado con menores dosis de radiación (~7-8 mSv) comparado con SPECT (~13 mSv)³.

Mientras el uso de la ACTC continúa enfocado en pacientes con probabilidad baja a intermedia de EAC, nuestros hallazgos podrían potencialmente proporcionar bases preliminares para una posible expansión de las aplicaciones clínicas de la ACTC a pacientes de mayor riesgo.

Algunas limitaciones deben ser reconocidas incluyendo el pequeño tamaño de la muestra y la utilización de SPECT como método de referencia, el cual presenta limitaciones en sí mismo.

CONCLUSIÓN

En este estudio piloto, la evaluación de perfusión miocárdica por TCDE en pacientes con probabilidad intermedia a elevada de EAC presentó un rendimiento diagnóstico elevado, inclusive en los segmentos más afectados por AEH.

8. Rodriguez-Granillo GA, Carrascosa P, Cipriano S, De Zan MC, Deviggiano A, Capunay C, et al. Beam hardening artifact reduction using dual energy computed tomography: Implications for myocardial perfusion studies. *Cardiovasc Diagn Ther* 2015 Feb;5(1):79-85.
9. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Journal of the American College of Cardiology*. 2002 Oct 16;40(8):1531-40. PubMed PMID: 12392846.
10. Pryor DB, Shaw L, McCants CB, Lee KL, Mark DB, Harrell FE, Jr., et al. Value of the history and physical in identifying patients at increased risk for coronary artery disease. *Annals of internal medicine*. 1993 Jan 15;118(2):81-90. PubMed PMID: 8416322.
11. Carrascosa P, Rodriguez-Granillo GA, Capunay C, Deviggiano A. Low-dose CT coronary angiography using iterative reconstruction with a 256-slice CT scanner. *World journal of cardiology*. 2013 Oct 26;5(10):382-6. PubMed PMID: 24198908. Pubmed Central PMCID: 3817280.
12. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002 Jan 29;105(4):539-42. PubMed PMID: 11815441.
13. Halliburton SS, Abbara S, Chen MY, Gentry R, Mahesh M, Raff GL, et al. SCCT guidelines on radiation dose and dose-optimization strategies in cardiovascular CT. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2011 Jul-Aug;5(4):198-224. PubMed PMID: 21723512. Pubmed Central PMCID: 3391026.
14. Dorbala S, Di Carli MF, Delbeke D, Abbara S, DePuey EG, Dilsizian V, et al. SNMMI/ASNC/SCCT guideline for cardiac SPECT/CT and PET/CT 1.0. *Journal of nuclear medicine: official publication, Society of Nuclear Medicine*. 2013 Aug;54(8):1485-507. PubMed PMID: 23781013.
15. Pijls NH, van Schaardenburgh P, Manoharan G, Boersma E, Bech JW, van't Veer M, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007 May 29;49(21):2105-11. PubMed PMID: 17531660.
16. Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH, Siebert U, Ikeno F, van't Veer M, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *The New England journal of medicine*. 2009 Jan 15;360(3):213-24. PubMed PMID: 19144937.
17. Meijboom WB, Van Mieghem CA, van Pelt N, Weustink A, Pugliese F, Mollet NR, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses: computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008 Aug 19;52(8):636-43. PubMed PMID: 18702967.
18. Metz CE. Some practical issues of experimental design and data analysis in radiological ROC studies. *Investigative radiology*. 1989 Mar;24(3):234-45. PubMed PMID: 2753640.
19. Arbab-Zadeh A, Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography coronary angiography according to pre-test probability of coronary artery disease and severity of coronary arterial calcification. The CORE-64 (Coronary Artery Evaluation Using 64-Row Multidetector Computed Tomography Angiography) International Multicenter Study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012 Jan 24;59(4):379-87. PubMed PMID: 22261160. Pubmed Central PMCID: 3348589.
20. Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR, Pugliese F, Weustink AC, van Pelt N, et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007 Oct 9;50(15):1469-75. PubMed PMID: 17919567.