

La cardiología nuclear en Cuba

Amalia Peix González

Vicedirectora de Investigaciones
Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.
Calle 17 No. 702, Vedado. La Habana, Cuba
peix@infomed.sld.cu

Resumen

En este trabajo se presenta un breve resumen de la historia de la Cardiología Nuclear en Cuba; se refieren las principales causas de mortalidad en la actualidad y el valor e indicaciones de los estudios nucleares dentro de las técnicas de imagen que se emplean actualmente en cardiología, tanto lo referente al SPECT gatillado como al PET y a la imagen híbrida que combina información funcional y anatómica. Se refiere también cómo se inserta el país en la Cardiología Nuclear actual, cuál ha sido el desarrollo de la subespecialidad en los últimos años y cuáles son las perspectivas futuras, así como algunas recomendaciones de interés.

Palabras clave: tratamiento de imágenes; tomografía computarizada con positrón; enfermedades cardiovasculares; tomografía de emisión computarizada de fotón único

Nuclear cardiology in Cuba

Abstract

This paper is a brief summary of the Nuclear Cardiology history in Cuba, mentioning the current main mortality causes, the usefulness and results of nuclear tests among the imaging techniques nowadays used in Cardiology, including gated-SPECT, PET and hybrid imaging combining anatomical and functional information. This paper also reviews our present worldwide performance in Nuclear Cardiology, with emphasis on our development and future trends, and proposes some recommendations.

Key words: image processing; positron computed tomography; cardiovascular diseases; single photon emission computed tomography

Introducción

La Cardiología Nuclear (CN), subespecialidad dentro de la Medicina Nuclear (MN), se ha desarrollado intensamente en las últimas tres décadas como parte de las técnicas de imagen no invasivas de las que disponen el cardiólogo, el internista y el cirujano cardiovascular para el diagnóstico y estratificación de riesgo del paciente cardiópata.

En Cuba, los primeros estudios de CN se realizaron en el año 1983 por un grupo de especialistas de Medicina Nuclear y Física Médica del Instituto de Oncología y Radiobiología (INOR), dirigidos por el Dr. René Cárdenas [1,2]. Posteriormente, los Drs. Teresita Rodríguez y Nelson Rodríguez los iniciaron en el Departamento de Medicina Nuclear del Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas (CIMEQ) y en 1992 el Dr. Juan F. Batista, en el Centro de Investigaciones Clínicas (CIC) [3-9].

En 1987 se inaugura el Departamento de Medicina Nuclear del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovas-

cular, con el Lic. Juan Fránquiz y un grupo de especialistas que aportaron al desarrollo de las técnicas nucleares en Cardiología [10,11], incluyendo su valor en la evaluación de pacientes para tratamientos novedosos en aquel momento como la miocardioplastia dinámica en pacientes con insuficiencia cardíaca severa [12-14].

Estado actual de la cardiología nuclear

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que la enfermedad cardiovascular (ECV) es la primera causa de mortalidad en adultos, tanto en hombres como en mujeres, constituyendo aproximadamente un tercio de todas las causas de muerte [15]. Resulta de interés señalar que el 80 % de estas muertes ocurren en países en desarrollo, es decir, con recursos limitados para enfrentar el problema [15].

En Cuba la enfermedad cardíaca fue la primera causa de muerte hasta el año 2011, la que fue desplazada por los tumores malignos a partir de 2012. No obstante

las cifras son aún muy similares (22 868 defunciones por cáncer, para una tasa de 204.8 por 100 000 habitantes vs. 22 651 defunciones por enfermedades cardíacas, para una tasa de 202.9 por 100 000 habitantes) [16]. Y si se considera la suma de las enfermedades cardíacas y la enfermedad cerebrovascular como manifestaciones ambas de la enfermedad aterosclerótica, con un total de 31 662 defunciones, resultaría la primera causa de muerte en el país, en correspondencia con la situación mundial.

Otro hecho de interés es que si bien para los hombres el cáncer es la primera causa de muerte (tasa de 233 defunciones por 100 000 habitantes), en el caso de las mujeres la primera causa de mortalidad sigue siendo la enfermedad cardíaca (189.1 defunciones por 100 000 habitantes) [16].

La técnica de imagen de mayor aplicación dentro de la CN es la gammagrafía de perfusión miocárdica con tomografía de emisión de fotón único (SPECT). Al adquirir las imágenes sincronizadas con la onda R del electrocardiograma (ECG), lo que se conoce como SPECT-gatillado, se puede evaluar no solo la perfusión miocárdica (cómo están irrigadas las paredes miocárdicas), sino también la función ventricular (con la fracción de eyección de ventrículo izquierdo, que ofrece información acerca de cómo es la contracción del corazón en forma global, la contractilidad de los diferentes segmentos miocárdicos y los volúmenes ventriculares se conoce si el corazón está o no dilatado).

Con el SPECT-gatillado se puede hacer también el análisis del estado del sincronismo de la contracción ventricular (para que la contracción del corazón sea efectiva es necesario que ambos ventrículos se contraigan simultáneamente. Esto se puede ver afectado en pacientes con insuficiencia cardíaca y trastornos de la conducción del impulso eléctrico). Para ello se han desarrollado diferentes softwares basados en el análisis de fase de Fourier, primero con ventriculografía radiotópica [17-20] y posteriormente con SPECT-gatillado [21-24].

De lo anterior se desprende que el SPECT-gatillado, a diferencia de la tomografía axial computarizada, ofrece información funcional (presencia o no de isquemia miocárdica) y no anatómica (estado de las arterias coronarias como se observa en la angiografía, que es el estudio contrastado de las arterias coronarias).

Las indicaciones actuales del SPECT-gatillado en el paciente con enfermedad arterial coronaria son diagnósticas y pronósticas, y constituyen el examen de más frecuente indicación en un laboratorio de CN. Combina la información que ofrece la imagen con la que ofrece el estrés, ya sea físico, mediante una prueba ergométrica con bicicleta o estera rodante, o farmacológico, en aquellos casos que no puedan realizar un esfuerzo físico (los que más se utilizan son los vasodilatadores coronarios del tipo del dipiridamol o la adenosina), o inotropos positivos como la dobutamina que estimula la contractilidad del corazón. A ello se suman los nuevos detectores de cadmio-zinc-telurio, conocidos como de-

tectores CZT, con los que se obtienen imágenes de mejor resolución [25] y los nuevos softwares que permiten adquisiciones más rápidas (como promedio, la cuarta parte del tiempo que requieren las cámaras SPECT convencionales).

Es importante destacar que la tomografía de emisión de fotón único (PET), a pesar de emplearse más en Oncología, tiene indicaciones de mucho interés en Cardiología como la detección de viabilidad miocárdica [26] y la cuantificación de flujo sanguíneo coronario en forma no invasiva, útil en el estudio de los pacientes con enfermedad multivaso (varias arterias coronarias con lesiones obstructivas) [27].

Cómo se inserta Cuba en la cardiología nuclear actual

En Cuba la Cardiología Nuclear se ha venido desarrollando con más fuerza en los últimos 5 años gracias al apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que, mediante el proyecto de cooperación técnica CUB 6016: "Fortalecimiento de la Cardiología Nuclear en Cuba para el diagnóstico y tratamiento de pacientes con enfermedad coronaria", con parte de financiamiento cubano y la reconstrucción de los servicios de MN de los Institutos de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV) y de Nefrología (INEF), permitió equipar totalmente ambos servicios, lo que incluyó una cámara gamma SPECT de doble cabezal en cada uno, así como el resto del equipamiento necesario para un servicio de Medicina Nuclear las figuras 1 y 2 muestran



Figura 1. Departamento de Medicina Nuclear del Instituto de Cardiología



Figura 2. Departamento de Medicina Nuclear del Instituto de Nefrología

los Departamentos de Medicina Nuclear del ICCV -1- y del INEF -2-). Igualmente se recibió entrenamiento, visitas de expertos y se desarrollaron dos talleres que incluyeron a especialistas cubanos y extranjeros.

Todo ello ha sido posible también gracias a la gestión y conducción de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnología de Avanzada (AENTA) y en especial a su Dirección de Proyectos. Este equipamiento ha permitido triplicar el número de estudios en el ICCV (Figura 3) y prestar el servicio de CN en el INEF con la colaboración del Departamento de Cardiología del Hospital Clínico-Quirúrgico Joaquín Albarrán, con especial atención al diagnóstico de la afectación cardiovascular en el paciente con insuficiencia renal.

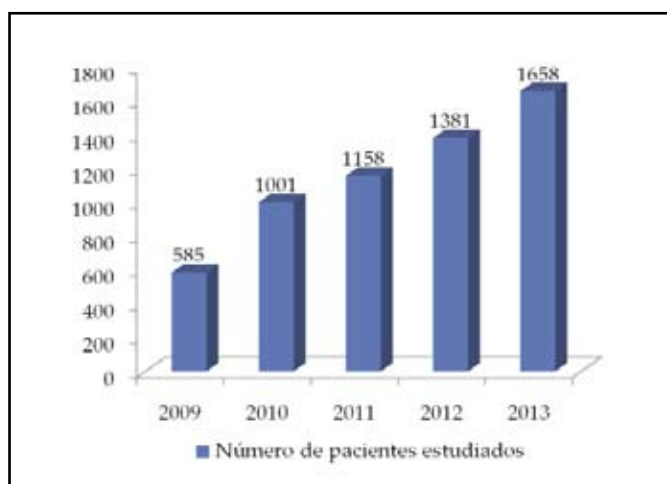


Figura 3. Número de pacientes estudiados por año. Años 2009-2013
Departamento de Medicina Nuclear, Instituto de Cardiología

De igual manera fue fundamental el apoyo sistemático del Centro de Isótopos (CENTIS) con el suministro de los radiofármacos utilizados.

Posteriormente, gracias al proyecto CUB 6018 el INEF recibió un SPECT-CT y el CIC una cámara gamma de doble cabezal, lo que contribuyó a renovar el equipamiento de MN del país y en particular a introducir la imagen híbrida.

Como parte del desarrollo de la CN, desde el punto de vista de la investigación, en los últimos 14 años el ICCV ha participado en seis proyectos coordinados de investigación, que han incluido centros de países de África, Asia, América Latina y Europa del Este, en temas novedosos y de aplicación clínica en diferentes etapas de la cardiología actual como la beta-irradiación endovascular con renio 188 en la reducción de la restenosis postangioplastia coronaria [28]; la gammagrafía miocárdica con metoxi-isobutil-isonitrilo y nitratos para la detección de viabilidad miocárdica; el papel de las técnicas de Cardiología Nuclear en la evaluación de isquemia con gammagrafía de estrés en diabéticos asintomáticos [29,30]; la gammagrafía de perfusión miocárdica en reposo en pacientes con dolor torácico y ECG normal o no diagnóstico en el servicio de emergencia [31,32] y la evaluación con técnicas nucleares de la función ventricular izquierda en la enfermedad coronaria [33]. Actualmente se participa en un nuevo proyecto donde se

evalúa el sincronismo intraventricular mediante el análisis de fase en el SPECT-gatillado en pacientes con insuficiencia cardíaca que reciben terapia de resincronización con marcapasos que estimulan ambos ventrículos para lograr una contracción más sincrónica y, por tanto, más efectiva.

En el Departamento de MN, investigadores del ICCV han participado en 12 proyectos ramales y dos asociados a programas y se han desarrollado investigaciones en temas como la enfermedad coronaria en la mujer [34-36], la viabilidad miocárdica (detección de miocardio isquémico, viable en la zona de un infarto que se puede beneficiar de un procedimiento de revascularización, ya sea quirúrgico o por angioplastia coronaria) [37-39], la insuficiencia cardíaca [14; 24; 40], entre otras. Todo ello ha contribuido a la formación de los residentes de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, incluyendo 32 tesis de terminación de residencia en Cardiología. En parte de esos trabajos se recibió el apoyo de los Departamentos de MN del CIREN y del CIMEQ para realizar estudios, con anterioridad a la reconstrucción del Departamento del ICCV.

Otra tarea que se ha desarrollado en el ICCV es el entrenamiento en Cardiología Nuclear de especialistas de Cardiología y de Imagenología, lo que ha posibilitado el comienzo de estos estudios en el INEF y en el Hospital Hermanos Ameijeiras, participándose además en los temas de CN del Diplomado de Medicina Nuclear, cuya primera versión se desarrolló en 2013. Se ha contribuido también a la formación de especialistas de la región de América Latina que han recibido entrenamientos, tanto en el CIC como en el ICCV en Cardiología Nuclear.

Muestra también del desarrollo de la CN en el país ha sido la contribución de Cuba a la ejecución de proyectos regionales como el RLA 6/063: "Mejoría de la conducta ante pacientes con enfermedades cardíacas y cáncer mediante el fortalecimiento de las técnicas de Medicina Nuclear en América Latina y el Caribe" (proyecto ARCAL con participación del CIC) y el RLA 6/070: "Armonización de las técnicas de Cardiología Nuclear en la evaluación de pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva, haciendo énfasis en la cardiomiopatía de Chagas" (con la contribución del ICCV), mediante los cuales se participó en entrenamientos y en cursos regionales sobre Cardiología Nuclear y aplicaciones de las técnicas nucleares en pacientes con insuficiencia cardíaca, lo que resultó de ello la publicación de una guía práctica sobre el papel de estas técnicas [41].

En noviembre de 2012, como parte del desarrollo alcanzado por la Cardiología Nuclear en el país y por el interés que motiva la aplicación de las técnicas nucleares dentro de las técnicas de imagen que pueden indicar el cardiólogo y el cirujano cardiovascular para la evaluación diagnóstica y pronóstica de sus pacientes, se crea la Sección de Medicina Nuclear de la Sociedad Cubana de Cardiología.

Hacia dónde vamos

En el momento actual, si bien el SPECT-gatillado continúa siendo una herramienta de primer orden en la evaluación del paciente cardiópata para el médico de asistencia (ver resumen de las más frecuentes indicaciones médicas en las Figuras 4 y 5), la imagen híbrida, que en su ejemplo más frecuente combina la información anatómica de la TAC (o CT) con la funcional de la Medicina Nuclear, se ha convertido en una modalidad importante de imagen [42,43]. También se han desarrollado equipos híbridos que combinan la información de la resonancia magnética nuclear y la del PET.

- Dolor típico con ergometría no concluyente / dolor atípico con ergometría positiva
- Evaluación de dolor torácico agudo con ECG normal o no interpretable
- En la selección de pacientes previo a terapia de resincronización (viabilidad y presencia de cicatriz miocárdica, estado del sincronismo ventricular)
- Cardiopatías congénitas (indicaciones limitadas): Diagnóstico de anomalías del origen de las arterias coronarias, enfermedad de Kawasaki, seguimiento de algunos casos de TGV (transposición de grandes vasos) con corrección anatómica y reimplante de arterias coronarias

Figura 4. Indicaciones de la gammagrafía de perfusión miocárdica (para diagnóstico)

- 1) Estratificación de riesgo post-infarto agudo del miocardio
- 2) Identificación de la significación funcional de una lesión
- 3) Viabilidad miocárdica: SPECT, PET
- 4) Evaluación de riesgo cardiovascular previo a cirugía no cardíaca

Figura 5. Indicaciones de la gammagrafía de perfusión miocárdica (para pronóstico)

Se entiende como imagen híbrida la combinación y fusión de dos sets de imágenes mediante lo cual ambas modalidades contribuyen de igual forma a la información que ofrece la imagen resultante [44]. Lo anterior se puede obtener de dos formas, bien con un equipo híbrido que combine ambas modalidades o bien fusionando imágenes obtenidas de dos equipos separados: perfusión con SPECT y anatomía coronaria con la TAC.

En el caso del SPECT-CT, su uso se justifica teniendo en cuenta que con SPECT puede ser difícil hacer el diagnóstico en enfermedad multivaso, aterosclerosis subclínica y presencia de artefactos de atenuación, mientras que la TAC tiene también problemas con la detección de lesiones funcionalmente relevantes en segmentos distales de arterias coronarias, ramas diagonales y en vasos con calcificación severa. La integra-

ción de ambas imágenes permitirá, por consiguiente, detectar la isquemia balanceada (cuando varios vasos coronarios están lesionados), así como mejorar la predicción de riesgo y la detección de la lesión culpable de los síntomas del paciente [42].

En Cuba, ya con un primer SPECT-CT en el INEF y con el segundo que se recibirá próximamente en el ICCCV, será posible desarrollar esta modalidad. Mediante la utilización del CT se podrá hacer corrección de atenuación, que permitirá eliminar falsos positivos debido a la presencia de defectos de atenuación por superposición de tejidos a la imagen cardíaca, así como se podrá evaluar la presencia de calcio en arterias coronarias, signo de aterosclerosis que contribuye al diagnóstico y a la estratificación de riesgo en pacientes isquémicos. En un futuro mediano, con la puesta en práctica de los equipos PET-CT, también se podrá aplicar la información de la imagen híbrida en cardiología mediante la combinación del estudio metabólico del PET para la detección de viabilidad con FDG-F18, el estudio de flujo miocárdico también con PET y el estudio de las arterias coronarias con el CT.

Conclusiones

La Cardiología Nuclear en Cuba se ha desarrollado en la última década con el aporte combinado del país, el OIEA y la contribución de nuestros especialistas, continuando la historia de la evolución de la especialidad encaminada a una mejor atención del paciente.

Agradecimientos

Muchos han sido los médicos, físicos, radioquímicos, tecnólogos y personal de aseguramiento que en todos estos años han contribuido al desarrollo de la Cardiología Nuclear en Cuba; en aras de espacio, solo se han incluido los nombres de los jefes de los grupos que iniciaron el trabajo, pero a todos vaya nuestro eterno agradecimiento y, sobre todo, el de los pacientes que se han visto beneficiados con estas técnicas.

No quisiera dejar de mencionar, al menos, a los que han dirigido o actualmente dirigen los colectivos que, de una forma u otra, han participado en este modesto pero muy sistemático esfuerzo colectivo: a los Presidentes de la AENTA: Dra.C. Angelina Díaz, MSc. Manuel Fernández, MSc. José F. Santana e Ing. Aniuska Betancourt, a su Directora de Proyectos, la Dra.C. Margarita Cobas y a los especialistas Ing. José Mario Rivero y MSc. Berta García; a los Directores del CENTIS: Dr.C. José Morín; Ing. Saúl Pérez Pijuán y Dr.C. Jorge Cruz; a los Jefes de los Departamentos de Medicina Nuclear: Dr. Lázaro Omar Cabrera (ICCCV), Lic. Roberto Fraxedas y actualmente Dr.C. Francisco Zayas (INEF), Dr. Juan F. Batista (CIC), Dr.C. Carlos Sánchez (CIREN), MSc. Adlin López (Hospital Hermanos Ameijeiras) y al Dr. Nelson Rodríguez (CIMEQ). Vaya también nuestro agradecimiento a la Dra. Teresa Romero, Jefa de la Sección Independiente para el Control del Cáncer del MINSAP y a su colectivo,

así como al Dr.C. Juan P. Oliva, nuestro Jefe del Grupo Especial de Trabajo de Medicina Nuclear.

Recomendaciones

- Extender la Cardiología Nuclear al país.
- Realizar estudios de costo-efectividad que comparen diferentes técnicas de imagen en Cardiología.
- Desarrollar los estudios metabólicos y de flujo coronario mediante el PET.
- Introducir el estudio de la inervación adrenérgica.
- Desarrollar la imagen híbrida en Cardiología.
- Crear comités de expertos que analicen el valor de las diferentes técnicas de imagen en Cardiología de acuerdo con nuestras posibilidades y recursos, encaminado a la aplicación de una medicina individualizada para nuestros pacientes.

Referencias

- [1] FRÁNCQUIZ JM, CÁRDENAS R, LORD E, GARCÍA BARRETO D. Measurement of right and left ventricular ejection fractions by gated equilibrium scintigraphy using Fourier functional images. *Nuklearmedizin*. 1982; 21(4): 131-135.
- [2] GONZÁLEZ GÓMEZ A, GARCÍA BARRETO D, FRÁNCQUIZ JM. Hemodynamic effects of atenolol in labile hypertension. *Arch Int Pharmacodyn Ther*. 1983; 261(2): 260-267.
- [3] BATISTA JF, PEREZTOL O, VALDÉS JA, et. al. Improved detection of myocardial perfusion reversibility by rest-nitroglycerin Tc-99m-MIBI: comparison with Tl-201 reinjection. *J Nucl Cardiol*. 1999; 6(5): 480-486.
- [4] PEREZTOL O, BATISTA JF, VALDÉS JA, et. al. Myocardial reversibility detection. Rest NTG ^{99m}Tc-MIBI versus 201Tl reinjection. Preliminary results. *J Radioanal Nucl Chem*. 1999; 240(2): 489-497.
- [5] ROCHELA LM, PRATS A, COCA M, et. al. Comparación entre ^{99m}Tc-MIBI y ^{99m}Tc-tetrofosmina en la detección de la enfermedad coronaria [artículo en línea]. *ALASBIMN Journal*. 2003; 6(22). Article N° AJ22- 2. Disponible en : <http://www.alasbimnjournal.cl/> [consulta: 16/09/2014]
- [6] ROCHELA LM, PRATS A, BATISTA JF, et. al. Diferencias gammagráficas de los infartos miocárdicos Q y no-Q estimada por SPECT [artículo en línea]. *ALASBIMN Journal*. 2004; 6(23). Article N° AJ23-5. Disponible en : <http://www.alasbimnjournal.cl/> [consulta: 15/09/2014]
- [7] ROCHELA LM, FERNÁNDEZ BRITTO JE, BACALLAO J, et. al. Correlación de los resultados del SPECT de Perfusión Miocárdica con ^{99m}Tc-MIBI con la presencia de Factores Mayores de Riesgo Aterosclerótico, en pacientes 40 años de edad (resultados preliminares). *ALASBIMN Journal* 2008; 10 (41). Article N° AJ41-3. Disponible en : <http://www.alasbimnjournal.cl/> [consulta: 16/09/2014]
- [8] ROCHELA LM, BATISTA JF, PEIX A, et. al. Asociación de los resultados positivos del SPECT de perfusión miocárdica con ^{99m}Tc-MIBI, con la presencia de Diabetes Mellitus en pacientes ≥ 40 años de edad. *Septiembre/2011*. ISBN: 978-987-22746-1-0. Disponible en: <http://www.fac.org.ar/7cvc/llave/ti008/ti008.php>
- [9] PEÑA Y, FERNÁNDEZ BRITTO JE, BACALLAO J, et. al. Lipid levels as predictors of silent myocardial ischemia in a type 2 diabetic population in Havana. *MEDICC Rev*. 2012; 14(1): 18-24.
- [10] GONZÁLEZ GÓMEZ A, FRÁNCQUIZ J, GARCÍA BARRETO D. Time course of cardiac performance in hypertensive patients after verapamil assessed by nuclear ventriculography. *Int J Clin Pharmacol Ther Toxicol*. 1990; 28(7): 292-297.
- [11] GARCÍA BARRETO D, FRÁNCQUIZ J, SÁNCHEZ CATASÚS C, et. al. The hemodynamics of oral nicardipine determined by radioisotope ventriculography in patients with ischemic cardiopathy. [Article in Spanish]. *Arch Inst Cardiol Mex* 1991; 61(1): 21-25.
- [12] FRÁNCQUIZ JM, CABRERA C, DORTICÓS F, MALTAS AM. Valor de la ventriculografía isotópica en el pronóstico y seguimiento de los pacientes sometidos a miocardioplastia dinámica. *Rev Esp Cardiol*. 1992; 45(6): 381-385.
- [13] FRÁNCQUIZ JM, CABRERA C, DORTICÓS F, et. al. Assessment of left ventricular function by equilibrium-gated angiography before and following latissimus dorsi cardiomyoplasty in dilated cardiomyopathy. *Am J Noninvas Cardiol*. 1992; 6(3): 197-200.
- [14] PEIX A, TAÍN J, CABRERA C, et. al. Radionuclide ventriculography in dynamic cardiomyoplasty. *J Nucl Biol Med*. 1994; 38(4): 535-539.
- [15] MENDIS S, PUSKA P, NORVING B. *Global atlas on cardiovascular disease prevention and control*. Geneva: World Health Organization, 2011.
- [16] Anuario estadístico del MINSAP 2013. Disponible en <http://www.sld.cu>. [consulta: 15/09/2014]
- [17] KERWIN WF, BOTVINICK EH, O'CONNELL JW, et. al. Ventricular contraction abnormalities in dilated cardiomyopathy: effect of biventricular pacing to correct interventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol*. 2000; 35(5): 1221-1227.
- [18] FAUCHIER L, MARIE O, CASSET SENON D, et. al. Interventricular and intraventricular dyssynchrony in idiopathic dilated cardiomyopathy: a prognostic study with fourier phase analysis of radionuclide angioscintigraphy. *J Am Coll Cardiol*. 2002; 40(11): 2022-2030.
- [19] TOUSSAINT JF, PEIX A, LAVERGNE T, et. al. Reproducibility of the ventricular synchronization parameters assessed by multiharmonic phase analysis of radionuclide angiography in the normal heart. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2002; 18(3): 187-194.
- [20] PEIX A, PONCE F, ZAYAS R, et. al. Evaluación de la sincronización ventricular por análisis de fase de Fourier en una ventriculografía radioisotópica. *Rev Esp Med Nuclear*. 2003; 22(1): 26-29.
- [21] CHEN J, GARCIA EV, FOLKS RD, et. al. Onset of left ventricular mechanical contraction as determined by phase analysis of ECG-gated myocardial perfusion SPECT imaging: Development of a diagnostic tool for assessment of cardiac mechanical dyssynchrony. *J Nucl Cardiol*. 2005; 12(6): 687-695.
- [22] ALJAROUDI W, KONERU J, HEO J, ISKANDRIAN AE. Impact of ischemia on left ventricular dyssynchrony by phase analysis of gated single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol*. 2011; 18(1): 36-42.
- [23] CHEN CC, SHEN TY, CHANG MC, et. al. Stress-induced myocardial ischemia is associated with early post-stress left ventricular mechanical dyssynchrony as assessed by phase analysis of 201Tl gated SPECT myocardial perfusion imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2012; 39(12): 1904-1909.
- [24] PEIX A, KARELL J, RODRÍGUEZ L, et. al. Gated SPECT myocardial perfusion imaging, intraventricular synchronism, and cardiac events in heart failure. *Clin Nucl Med*. 2014; 39(6): 498-504.
- [25] ESTEVES FP, GALT JR, FOLKS RD, et. al. Diagnostic performance of low-dose rest/stress Tc-99m tetrofosmin myocardial perfusion SPECT using the 530c CZT camera: Quantitative vs visual analysis. *J Nucl Cardiol*. 2014; 21(1): 158-165.
- [26] ABRAHAM A, NICHOL G, WILLIAMS KA, et. al. 18F-FDG PET imaging of myocardial viability in an experienced center with access to 18FDG and integration with clinical management teams: The Ottawa-FIVE substudy of the PARR 2 trial. *J Nucl Med*. 2010; 51(4): 567-574.
- [27] ZIADI MC, BEANLANDS RS. The clinical utility of assessing myocardial blood flow using positron emission tomography. *J Nucl Cardiol*. 2010; 17(4): 571-581.
- [28] PEIX A, LLERENA L, PONCE F, et. al. Irradiación intracoronaria con renio 188 para reducir la restenosis después de la angioplastia coronaria. Resultados preliminares. *Nucleus*. 2003; (33): 41-44.
- [29] HAGE FG, LUSA L, DONDI M, et. al. Exercise stress tests for detecting myocardial ischemia in asymptomatic patients with diabetes mellitus. *Am J Cardiol*. 2013; 112(1): 14-20.
- [30] PEIX A, CABRERA LO, HERES F, et. al. Interrelationship between myocardial perfusion imaging, coronary calcium score, and endothelial function in asymptomatic diabetes and controls. *J Nucl Cardiol*. 2011; 18(3): 398-406.

- [31] BETTER N, KARTHIKEYAN G, VITOLA J, et. al. Performance of rest myocardial perfusion imaging in the management of acute chest pain in the emergency room in developing nations (PREMIER trial). *J Nucl Cardiol*. 2012; 19(6): 1146-1153.
- [32] PEIX A, BATISTA E, CABRERA LO, et. al. Gated-SPECT myocardial perfusion imaging and coronary calcium score for evaluation of patients with acute chest pain and a normal or nondiagnostic electrocardiogram. *Coron Artery Dis*. 2012; 23(7): 438-444.
- [33] MUT F, GIUBBINI R, VITOLA J, et. al. Detection of post-exercise stunning by early gated SPECT myocardial perfusion imaging: Results from the IAEA multi-center study. *J Nucl Cardiol*. 2014; 21(6): 1168-1176.
- [34] PEIX A, TRÁPAGA A, ASEN L, et. al. Mental stress-induced myocardial ischemia in women with angina and normal coronary angiograms. *J Nucl Cardiol*. 2006; 13(4): 507-513.
- [35] PEIX A, GARCÍA EJ, VALIENTE J, et. al. Ischemia in women with angina and normal coronary angiograms. *Coron Artery Dis*. 2007; 18(5): 361-366.
- [36] PEIX A, GONZÁLEZ A, GARCÍA EJ, et. al. Left ventricular dysfunction secondary to ischemia in women with angina and normal coronary angiograms. *J Womens Health*. 2009; 18(2): 155-161.
- [37] PEIX A, LÓPEZ A, PONCE F, et. al. Enhanced detection of reversible myocardial hypoperfusion by technetium 99m-tetrofosmin imaging and first-pass radionuclide angiography after nitroglycerin administration. *J Nucl Cardiol*. 1998; 5(5): 469-476.
- [38] PEIX A, LLERENA L, LÓPEZ A, et. al. Radionuclide angiography after nisoldipine to detect myocardial viability. *Rev. Federación Argentina Cardiología*. 2000; 29(4): 527-529.
- [39] CABRERA RODRÍGUEZ LO, PEIX A, PADRÓN KM, et. al. Prognostic value of gated SPECT after reperfusion for acute myocardial infarction. *MEDICC Review*. 2013; 15(2): 20-25.
- [40] CABRERA L, GARCÍA R, QUIRÓS J, PEIX A. Tako-Tsubo Syndrome: Atypical nuclear medicine findings. *World J of Nucl Medicine*. 2012; 11(1): 35-38.
- [41] PEIX A, MESQUITA CT, PAEZ D, et. al. Nuclear medicine in the management of patients with heart failure: guidance from an expert panel of the International Atomic Energy Agency (IAEA). *Nucl Med Commun*. 2014; 35(8): 818-823.
- [42] KAUFMANN PA, DICARLI M. Hybrid SPECT/CT and PET/CT imaging: The next step in noninvasive cardiac imaging. *Semin Nucl Med*. 2009; 39(5): 341-347.
- [43] ISKANDRIAN AE. Myocardial perfusion imaging: Lessons learned and work to be done. *J Nucl Cardiol*. 2014; 21(1): 4-16.
- [44] GAEMPERLI O, KAUFMANN PA. Hybrid cardiac imaging: more than the sum of its parts?. *J Nucl Cardiol*. 2008; 15(1): 123-126.

Recibido: 3 de diciembre de 2014

Aceptado: 17 de diciembre de 2014