

Breve reseña de la imagenología cardiovascular actual. Una mirada al futuro

Drs . Juan José Puigbó¹, Harry Acquatella²

¹Miembro Titular. Sillón XXXVI, ²Miembro Titular, Sillón XVI, Academia Nacional de Medicina

RESUMEN

Venezuela se ha mantenido a la vanguardia en procedimientos de imagenología desde hace decenios en todo el país, pero lamentablemente los altos costos y especialmente la rigidez económica reciente ha restringido la extensión al acceso a estos procedimientos diagnósticos y terapéuticos. El presente trabajo tiene por objeto mantener la divulgación de los mismos en espera de recuperar nuestra previa situación. Por razones de espacio, se limita a mencionar la ecocardiografía por ser más accesible y económica.

Palabras clave: *Cardiología, imagenología, ecocardiografía.*

SUMMARY

Venezuela has remained at the forefront of imaging procedures for decades throughout the country, but unfortunately the high costs and especially the recent economic rigidity has restricted the extension of access to these diagnostic and therapeutic procedures. The present work aims to maintain the disclosure of them while waiting to recover our previous situation. For reasons of space, only echocardiography is mentioned because it is more accessible and cheaper.

Key words: *Cardiology, imaging, echocardiography.*

Conflicto de Interés: Los autores declaran, que en este trabajo no existe conflicto de interés intelectual, ni se ha recibido remuneración de alguna casa comercial o de algún ente privado o público.

INTRODUCCIÓN

Uno de los avances más importantes en medicina ha sido el desarrollo de métodos diagnósticos por imagenología y en particular en la cardiología. Estos avances han permitido la obtención de imágenes de gran calidad espacial y temporal de la anatomía y función cardiovascular. El primer adelanto hace más de 100 años fue el electrocardiograma (ECG) junto con la radiografía simple de tórax (1,2). Posteriormente se desarrolló la radiología invasiva del cateterismo con angiografía de las cavidades y de las arterias coronarias (3). Hace más de 60 años se introdujeron los métodos no invasivos como el ultrasonido cardíaco (ecocardiografía modo M, bi- y tridimensional: Eco M, Eco-2D, Eco 3-D, respectivamente) junto con el Doppler (pulsado, continuo, color, tisular, *strain*, *strain rate*) (4). Simultáneamente se han desarrollado métodos de imagen con análisis automático de función cardíaca sistólica, diastólica, tisular, que permiten apreciar si una situación clínica es estable o inestable (5). El estímulo para estos procedimientos ha estado íntimamente asociado a los grandes adelantos terapéuticos tanto en medicina, como en la corrección de las anomalías por vía percutánea o quirúrgica, basado en la colección (ensayos clínicos) de un número grande de pacientes provenientes de varios grupos clínicos, especialmente universitarios y de muchos países. Estos resultados son evaluados y publicados en

revistas internacionales con estrictos criterios de aceptación o rechazo.

RESEÑA HISTÓRICA EN VENEZUELA

El Dr. Heberto Cuenca en 1925 en el Estado Zulia fue el primer médico internista quien introdujo el ECG y la radiografía del tórax. Es considerado el padre de la cardiología en Venezuela (1,2). Fue discípulo de los eminentes cardiólogos de Francia, Henry Vaquez y Charles Laubry (Figura 1). La mayoría de los cardiólogos venezolanos también se formaron en Francia. El Dr. Bernardo Gómez fundó la primera Cátedra de Cardiología del país en Caracas. El Dr. Gustavo de la Plaza, fue jefe del servicio de Cardiología, el Dr. Carlos Gil Yépez inicio la semiología. El Dr. Vivas Salas se formó en Estados Unidos.

Con el Maestro Ignacio Chávez en México se formaron el Dr. Gilberto Morales Rojas, y el Dr. Juan José Puigbó, quien además asistió a la de Universidad de Columbia en New York.

LA INTRODUCCIÓN DEL CATETERISMO CARDÍACO

Los estudios pioneros de cateterismo cardíaco se atribuyen para el año 1930 a Werner Forssman en Alemania, y en 1934 en Estados Unidos por el francés André Frédéric Cournand y por Dickinson W. Richards (Figura 2). Años más tarde se extendió la cardiología intervencionista y las bases de la cirugía cardiovascular contemporánea. Estos autores recibieron en homenaje al Premio Nobel de Medicina en el año 1956.



Figura 1.

Dr. Heberto Cuenca
(1894-1938)

Henry Vaquez
(1860- 1936)

Charles Laubry
(1872-1960)

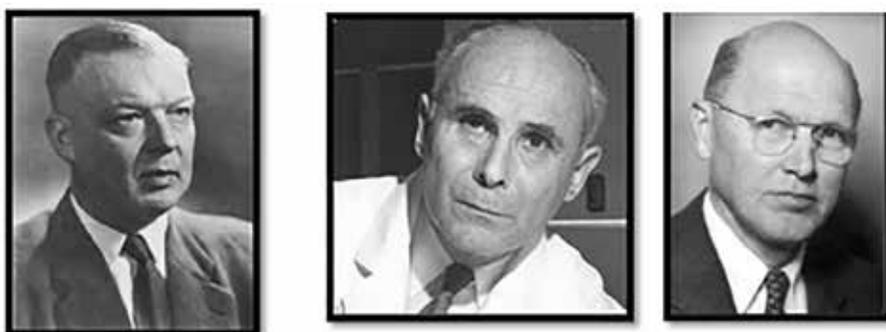


Figura 2.

Werner Forssman
(1904-1979) Aleman

André Cournand
(1895-1988) Frances

Dickinson W. Richards
(1895-1988) USA

Cardiología intervencionista

Inicialmente el diagnóstico de infarto se hacía básicamente por ECG (6). El Dr. Mason Sones introduce el cine angiografía. Visitó nuestro país en 1960. El Dr. Theodore Dotter (1920-1985) se dedicó a los sistemas circulatorios periféricos. La angioplastia es introducida en Suiza y luego en Estados Unidos por el Dr. Andrea Roland Gruentzig. El Dr. Jacques Puel introduce el stent coronario y el Dr. José Eduardo Souza promueve en Brasil el stent coronario (Figura 3).

Cardiología no-intervencionista.

Se han desarrollado avances importantes en la secuencia de la obtención de imagenología cardiovascular(7), iniciándose por ecocardiografía

(Eco), nuclear (N), tomografía computada (TAC), resonancia magnética cardíaca (RMC), tomografía por emisión de positrones (PET). En esta presentación la mayor parte de los ejemplos expuestos son por Eco debido a una menor disponibilidad de las otras técnicas.

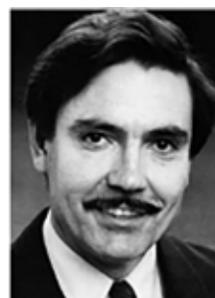
Estos avances han permitido identificar criterios de severidad de la cardiopatía coronaria y de otras entidades nosológicas. La disminución del flujo coronario manifestada como "defectos de perfusión" (8) en condiciones de reposo o bajo condiciones de estrés. Obtención de los valores hemodinámicos obtenidos previamente por cateterismo actualmente se obtienen por métodos no invasivos (9). En la reparación y seguimiento de las cardiopatías valvulares (10-12), cardiopatías congénitas (13), miocardiopatías como enfermedad de Chagas (14), en el estudio



Mason Sones Jr. Introduce la cineangiografía y la presenta en su visita a Venezuela en 1960.



Charles Theodore Dotter (1920-1985). Se dedica al estudio de las derivaciones periféricas.



Andreas Roland Gruentzig Introduce la angio-plastia.



Jacques Puel
Cardiólogo intervencionista francés introduce el Stent coronario



José Eduardo Souza
Cardiólogo intervencionista de Brasil, promueve el uso del Stent coronario en Latino América

Figura 3.

de los tumores cardíacos (15), y numerosas otras aplicaciones como en el cierre de las fugas de las prótesis, en el diagnóstico y seguimiento de trombo embolismo pulmonar, en estudios de fístulas coronarias, en la identificación de cortocircuitos intracardíacos por la infusión de contraste salino o iodado.

CARDIOPATÍA ISQUÉMICA

La cardiopatía isquémica es la primera causa de morbi-mortalidad actual, en la mayor parte del mundo desarrollado. Se caracteriza por ateromas coronarios originando estenosis significativas con la subsecuente disminución del flujo sanguíneo al miocardio respectivo.

La angiografía coronaria ha sido el avance tecnológico más importante diagnóstico y tratamiento al identificar las placas de ateromas obstructivos con estenosis superiores a 70 % (Figura 4). Se expresa por angina de pecho, infarto miocárdico, hasta insuficiencia cardíaca congestiva. La angiografía es también de gran importancia en el diagnóstico de afecciones arteriales cerebrovasculares, renales y de vasos periféricos. Es importante señalar aun la presencia de obstrucciones vasculares pueden no ser responsables de isquemia si la perfusión tisular se efectúa por circulación supletoria colateral. Para ello hay técnicas para identificar con certeza isquemia por métodos no invasivos diagnósticos.

Desarrollo de la cardiología intervencionista en Venezuela

El primer libro sobre cateterismo cardíaco en lengua castellana fue publicado por el autor en 1968 (Figura 5), basado en la experiencia de mil casos estudiados en el laboratorio de hemodinámica del Hospital Universitario de Caracas, por los doctores. Juan José Puigbó, Pablo Blanco, Iván Machado, y Hugo Giordano.

Iniciaron estos procedimientos en nuestro país los doctores: Víctor Giménez Figueredo,

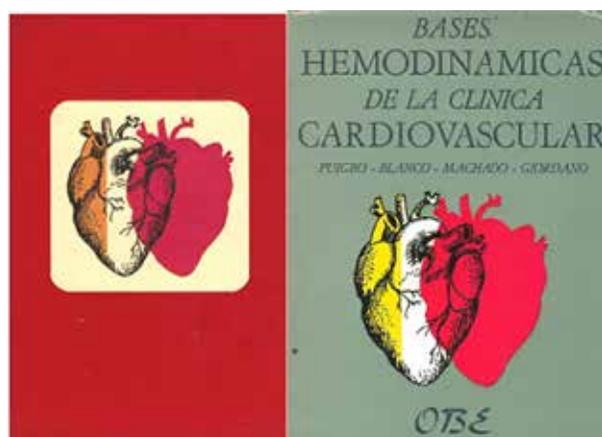


Figura 5. Portadas del Libro Bases Hemodinámicas de la Clínica Cardiovascular publicado en 1968.



Figura 4. Arterias coronarias con lesiones obstructivas. Izquierda: angiografía muestra origen del tronco de la arteria coronaria izquierda y su bifurcación. Obstrucción severa mayor de 90% del inicio de las arterias coronarias circunfleja y rama (flecha) y de la arteria descendente anterior con llenado pobre indicativo de bajo flujo. Medio: Severa ateromatosis con obstrucciones múltiples de la arteria coronaria descendente anterior. Se muestra la anastomosis con puente venoso permeable (flecha negra). Derecha: angio TAC muestra severas lesiones de la arteria coronaria descendente anterior

Juan José Puigbó García, Eloy Dubois, Pedro Fernández Bonetti, Pablo Blanco, Iván Machado, Humberto Casal, José Ignacio Pulido Brea, Víctor Baquero, Henry Collet Velazco, Francisco Tortoledo, Víctor Rodríguez, Tomás Sanabria, Carlos Enrique Dávila Giménez. Se establece en el país un movimiento para dotar a los hospitales de laboratorios especializados en el campo de la hemodinámica en particular en aquellos en hospitales de carácter Universitario o en Instituciones Grandes Hospitalarias de alto nivel. Una importante labor en Caracas fue efectuada por los doctores Francisco Tortoledo, Tomas Sanabria, José Antonio Condado, y numerosos otros cardiólogos intervencionistas tanto en Caracas como en el resto del país. Los estudios iniciales aliviaban la estenosis mitral severa por dilatación con balón. Se implantan dispositivos percutáneos para la estenosis valvular aortica severa, regurgitación mitral severa, regurgitación valvular para-protésica, cierre de comunicación interauricular e interventricular, implante de stents en aneurismas de aorta abdominal, oclusión de apéndice atrial izquierdo, y otros. Estos procedimientos necesitan la ayuda de una guía imagenológica lo cual ha permitido el desarrollo del campo híbrido intervencionista invasivo y no-invasivo, como el implante del clip mitral.

Avances en la imagenología cardiovascular no-invasiva

Los avances más importantes en ecocardiografía son el transesofágico (ETE), y Eco 3-D. Nuclear: desarrollo del sistema de cámaras novedosas. Angiotomografía (Angio TAC) con o sin contraste. Resonancia magnética cardíaca (CMR) con o sin uso de Gadolinio, tomografía con emisión de positrones (PET).

Ecocardiografía

La ecocardiografía puede considerarse como el método de imagen inicial por su accesibilidad y menor costo al compararlo con las otras técnicas no invasivas. Es útil en el estudio de las cardiopatías adquiridas, congénitas, de origen miocárdico, valvular, pericárdico, y estructuras adyacentes.

La secuencia en la obtención de imágenes por Eco modo-M, 2-D, 3-D, junto con Doppler. Se inicia con la vista de cavidades, válvulas, pericardio, inicial desde la vista paraesternal eje largo y corto, luego vista apical de todas las cavidades de 4, 2 y 3 cámaras. Obtención de flujos sanguíneos por Doppler pulsado y continuo de las válvulas, strain de las paredes ventriculares. Evaluación de la aorta ascendente. Desde la vista subcostal visualización de la aorta abdominal superior, vena cava inferior, venas intrahepáticas, e hígado. Finalmente desde la horquilla esternal visualización del cayado aórtico.

Evaluación de las válvulas nativas y protésicas posreemplazo. La cuantificación volúmenes de las cavidades se hace ya sea manual o automáticamente para estimar función sistólica (fracción de eyección) (Figura 6). La función diastólica se estima por el llenado ventricular por Doppler pulsado y continuo. Se utiliza la relación E/e' por Doppler pulsado, la velocidad de la pendiente E en mseg. Se clasifica en parte por E/e' : normal <1 , disminución de relajación $E/e' = 1$, llenado restrictivo reversible >1 , o no reversible $\gg E/e'$. El flujo transvalvular puede ser regurgitante o estenótico. La estimación de la presión sistólica pulmonar por medio de la regurgitación de válvula tricúspide junto con el grado de plétora de vena cava inferior, es una de las aplicaciones rutinarias de la combinación de Eco 2-D con Doppler de la válvula tricúspide.

Para precisar la cuantificación de la regurgitación mitral hay varios métodos desde medir el área regurgitante de color, o el cálculo de la fracción regurgitante por ecuación que permite estimar si es leve, menor de 30 mL/latido (Figura 7), moderada de 30 a 60 mL/latido, o severa mayor de 60 mL/latido. Regurgitación mitral moderada a severa junto con el cuadro clínico puede conducir a reparación de la válvula mitral quirúrgica o por vía transcater. Es una decisión compleja que incluye evaluación integral del paciente. Pacientes con regurgitación para-valvular pos implante de prótesis el Eco 3-D es muy útil antes y durante el procedimiento.

La ecocardiografía de esfuerzo para la identificación de isquemia miocárdica utiliza dos tipos de procedimientos, en cinta sin fin utilizando el protocolo de Bruce, o la infusión de fármacos cardioactivos de estimulación miocárdica como la

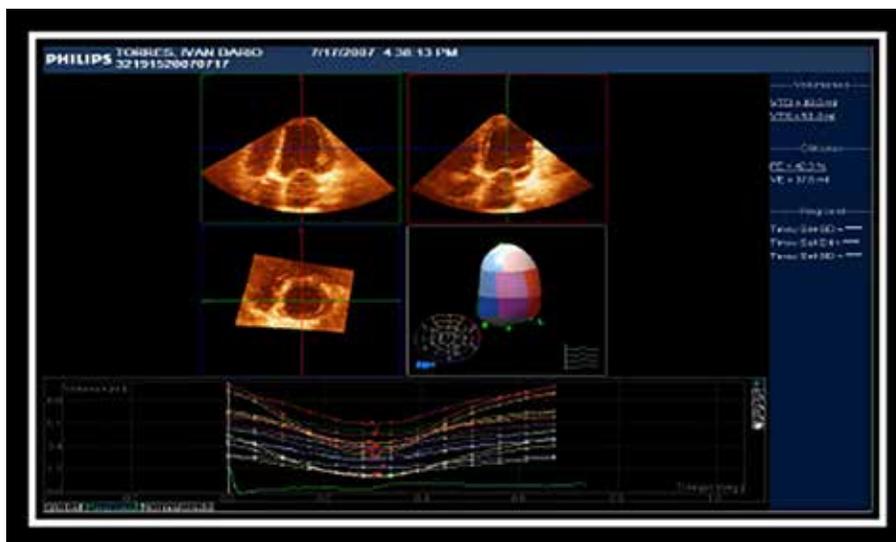


Figura 6. Eco 3-D color de superficie muestra reconstrucción automática de volúmenes diastólico y sistólico, y fracción de eyección, del ventrículo izquierdo (panel derecho) con estimación de acortamiento segmentario efectuado automáticamente (panel inferior).



Figura 7. Ecocardiograma bi-dimensional (Eco-2D) con Doppler color, imagen para-esternal eje largo. Permite detectar regurgitación valvular mitral (rojo) en aurícula izquierda.

dobutamina (Figura 8) o de efecto vasodilatador como el dipiridamole. El objetivo es demostrar la isquemia por medio de una respuesta anormal de contractilidad disminuida contrastando con los otros segmentos ventriculares con aumento contráctil. Permite la identificación de isquemia

con sujetos con dolores típicos o atípicos, candidatos a revascularización, o poscirugía cardiovascular

El Eco ETE se utiliza de rutina en cirugía cardiovascular compleja, o en procedimientos

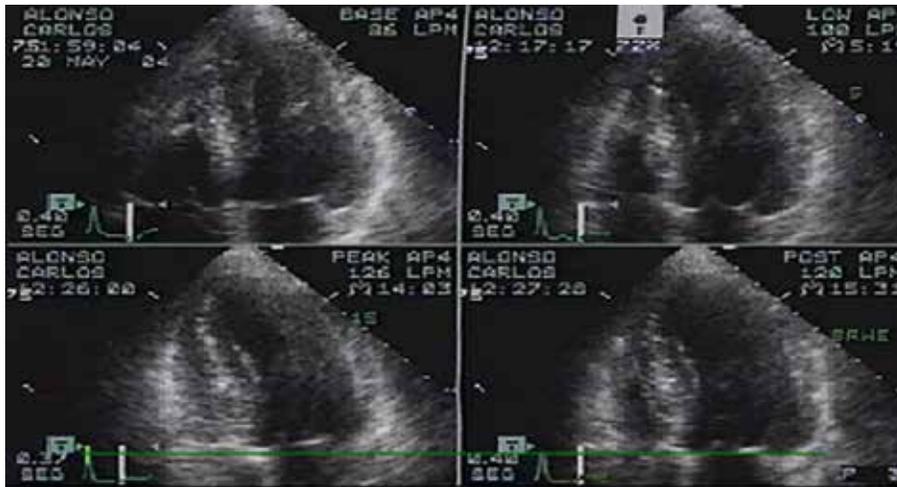


Figura 8. Ecocardiograma de Estrés de Dobutamina (Eco-2D) imágenes posición apical de 4 cámaras (ápex ventricular superior). Imagen superior izquierda: basal pre-infusión, Superior derecha: dosis baja. Inferior izquierda: dosis máxima, Inferior derecha: post infusión. Diagnóstico de isquemia se hace cuando aparece trastorno contráctil en cualquiera de las imágenes después de imagen basal.

híbridos como implante por vía percutánea de clip mitral en severa regurgitación (Figura 9). Es útil para detectar imágenes intracardíacas como trombos pequeños, usualmente a nivel de la orejuela izquierda o derecha (Figura 10).

El Eco-2D de rutina y el Eco-TEE son invaluable en identificar masas o tumores intracardíacos, especialmente en casos clínicos complejos con ausencia de hallazgos e ECG o a la auscultación cardíaca (Figura 11).



Figura 9. Ecocardiograma tridimensional (Eco-3D) transesofágico muestra el ventrículo izquierdo (ápex inferior) y válvula mitral (parte superior). La imagen muestra implante de clip en la válvula mitral por severa regurgitación. Se obtuvo notable mejoría clínica del paciente.

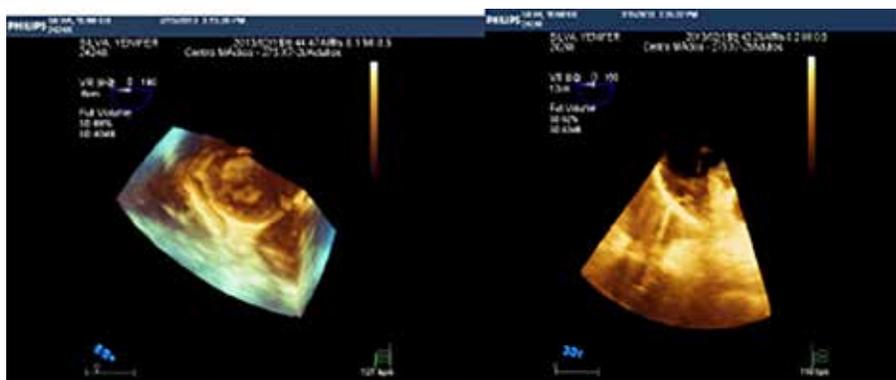


Figura 10. Eco-3D color transesofagico en paciente con embolismo pulmonar agudo. Imagen izquierda no muestra imágenes de trombos intracavitarios. Imagen derecha muestra en el interior de la orejuela derecha un trombo.

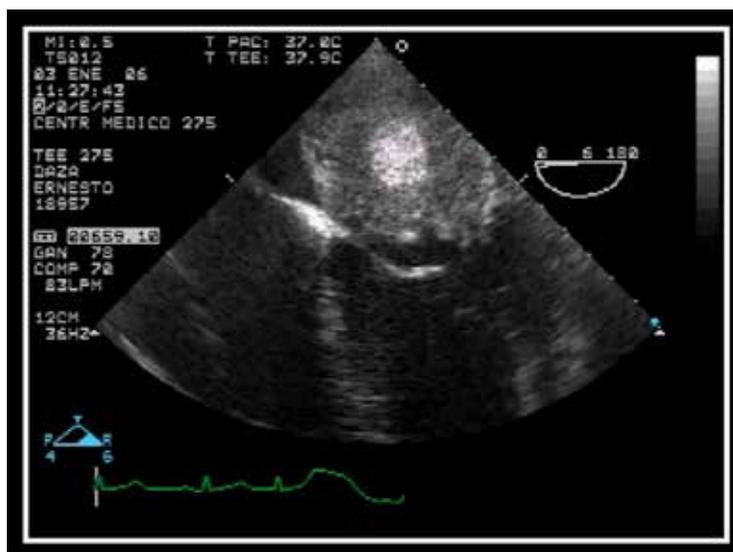


Figura 11. Eco 2-D transesofágico muestra sarcoma intra-auricular izquierdo (imagen gris con centro brillante) con casi obliteración de la cavidad auricular (imagen superior) que casi ocluye flujo de lleno mitral. Ventrículo izquierdo cámara inferior.

Resonancia magnética cardiovascular

La aplicación de la RMC en años recientes ha sido utilizada en la identificación de trastornos contráctiles (16), estimación de volúmenes y fracción de eyección, masas intracardíacas, identificación de fibrosis miocárdica con la cuantificación del tejido colágeno. Ha permitido la caracterización de miocardio isquémico mediante la técnica del reforzamiento retardado del gadolinio (LGE) (17) (Figura 12, imagen

izquierda).

La evaluación por múltiples cortes permite una estimación precisa del grosor de paredes (16) y en movimiento los trastornos contráctiles. Adelgazamiento de la pared ventricular por aneurisma apical (Figura 12, imagen derecha). Dispone rutinariamente programas sofisticados automáticos en la obtención de parámetros cuantitativos.

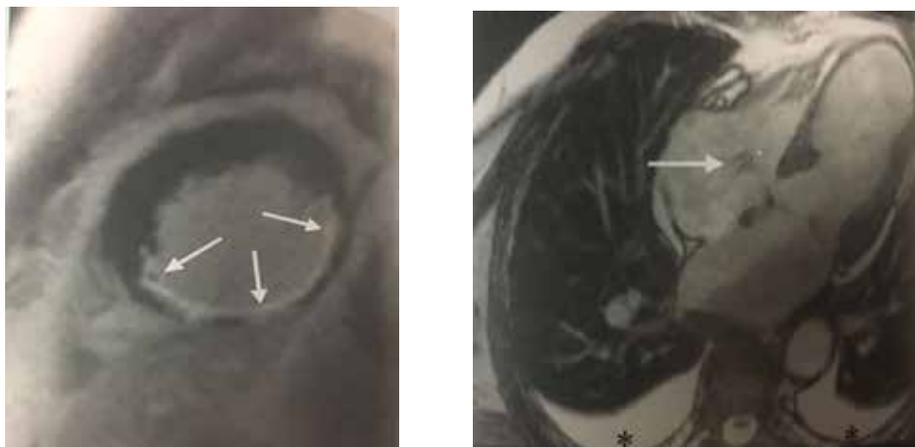


Figura 12. Izquierda: RMC, uso de Gadolinio muestra defecto de perfusión (flechas) en la cara inferior eje menor del ventrículo izquierdo.

Derecha: RMC, imagen de 4 cámaras muestra adelgazamiento de la punta del ventrículo izquierdo por aneurisma ventricular. La flecha señala regurgitación tricúspide. Además hay leve aumento líquido pericárdico.

Técnicas nucleares

La investigación de isquemia miocárdica por SPECT inducida por estrés por esfuerzo físico o farmacológico utilizando técnicas nucleares son usadas en muchos países con más frecuencia para el diagnóstico de isquemia miocárdica que los estudios de estrés por ecocardiografía. Son, sin embargo, más costosas. Pueden identificar subgrupos de individuos con alto y con bajo riesgo para el manejo médico o invasivo. Evalúan alteraciones de motilidad parietal o de perfusión en sujetos aparentemente sanos con bloqueo de rama izquierda, hipertrofia ventricular izquierda, severa hipercolesterolemia, presencia de calcificaciones coronarias, y otros factores de riesgo clínicos o de fenotipo.

En pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica se puede evaluar viabilidad residual, extensión de la zona peri infarto o de isquemia.

UN FUTURO PROMISOR

En el Cuadro 1 se muestran las técnicas en uso actuales y los futuros desarrollos.

La imagenología ha pasado a ser parte del armamentario del examen clínico integral induciendo una mejor calidad de la asistencia médica, así como por una simplificación de

Cuadro 1

Imagenología cardiovascular: Situación actual y futuro

Estructura, función, perfusión

Técnicas actuales: Ultrasonido, Nuclear, CCT, CMR, Excelentes

- Anatomía: 2-D Eco, 3-D Eco, CCT, CMR
- Función: Global y Regional. FE aun visual. "Speckle" Regional Strain, Gasto Cardiac. Reja en CMR Strain. Función Diastólica, Llenado VI, Rigidez
- Enf Coronaria: Isquemia/ Viabil/ Aterom Carótida ECO, CMR. Estrés ECO/SPECT. CCT: Anatomía. Contract Dobutamina. Anatomía Coronario grafía. Gadolinio Cicatriz
- Otras: Valvular, Pericardio, Aneurisma Aorta, Disección, Trombos, Congénito, Tumores. Intra-Operatorio Cirugía y Electrofisiología

Futuros Desarrollos

- Visualización Procesos Moleculares y Celulares
- PET: FDG met Glucosa, F met Acid Grasos, C palmitato, etc.
- SPECT: met Glucosa, Ácidos Grasos, IPPA, BMIPP
- Neuro-Receptores: I-MIGB
- Aterosclerosis: F-FDG PET
- Angiogénesis: F-Galakto-RGD

los procedimientos utilizados y al menor costo posible para lograr obtener el mayor beneficio para los pacientes y una mayor capacidad para resolver los problemas de salud pública.

Los procedimientos en ambientes llamados híbridos incluyen equipos de procedimientos de cateterismo cardíaco y hemodinamia con equipos usualmente de eco TEE, para realizar procedimientos complejos.

La miniaturización actual de equipos de ecocardiografía permite disponer de dispositivos de menor tamaño o de “bolsillo” para diagnóstico rápido en evaluaciones de emergencia. Los avances en el campo de la computación también han sido de suma importancia para elaborar los: Procedimientos de fusión En el futuro se lograra la fusión de múltiples modalidades de imagen.

Conclusiones

En las últimas décadas se han logrado avances importantes en métodos de imagenología que han permitido la obtención de imágenes superiores en cuanto a calidad, definición espacial y temporal. Los avances logrados se han producido en:

1) Los estudios de la función cardiovascular, tanto de la función sistólica como de la función diastólica. 2) Evaluación de los cambios tisulares producidos por situaciones patológicas tales como: la placa en condiciones de estabilidad o inestabilidad. 3) Gran progreso en cardiología intervencionista y cirugía cardiovascular. 4) En síntesis el futuro es muy promisorio por los avances del proceso imageneológicos, con el beneficio para los pacientes y la posibilidad de resolver los problemas de la gran repercusión cardiovascular.

REFERENCIAS

1. Puigbo G JJ. Historia de la Cardiología en Venezuela. Editorial ATEPROCA, Caracas Venezuela, 2012.
2. Puigbo G JJ. La Fragua de la Medicina Clínica y de la Cardiología. Edición 2. Caracas, Venezuela, 2012.
3. Caussen CD, Miller S, Riessen R, Fenchel H, Kramer U. Diagnóstico con la imagen. Madrid, España: Editorial Médica: Panamericana SA.; 2011.
4. Lang R, Goldstein SA, Kronzon I, Khandheria BJ, Mor-Avi V. ASE's Comprehensive Echocardiography. 2ª Edición. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2016:1-879.
5. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey Jr DE, Drazner MH, et al. ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2013;62, Issue 16, 2013.
6. Wu E, Judd RM, Vargas JD, Klocke FJ, Bonow RO, Kim RJ. Visualisation of presence, location, and transmural extent of healed Q-wave and non-Q-wave myocardial infarction. Lancet. 2001;357:21-28.
7. Fonseca R, Negishi K, Otahal P, Marwick TH. Temporal Changes in Appropriateness of Cardiac Imaging. J Am Coll Cardiol. 2015;65:763-773.
8. Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Grothues F, Firmin DN, Collins P, et al. Abnormal subendocardial perfusion in cardiac syndrome X detected by cardiovascular magnetic resonance imaging. N Engl J Med. 2002;346:1948-1953.
9. Maresca D, Correia M, Villemain O, Bizé A, Sambin L, Tanter M, et al. Noninvasive Imaging of the Coronary Vasculature Using Ultrafast Ultrasound. JACC Cardiovascular Imaging. 2018;11:798-808.
10. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. J Am Soc Echocardiogr. 2017;30:303-371.
11. Sabbagh AE, Reddy Y, Nishimura RA. Mitral Valve Regurgitation in the Contemporary Era. Insights Into Diagnosis, Management, and Future Directions. JACC: Cardiovascular Imaging. 2018;11:628-643.
12. O'Gara PT, Grayburn PA, Badhwar V, Afonso L, Carroll JD, Elmariah S, et al. ACC Expert Consensus Decision Pathway on the Management of Mitral Regurgitation. A Report of the American College of Cardiology Task Force on Expert Consensus Decision Pathways Writing Committee. J Am Coll Cardiol. 2017; 24132; DOI: 10.1016/j.jacc.2017.09.019
13. Stout KK, Curt CJ, Aboulhosn JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. AHA/ACC Guideline for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: Executive Summary. A Report of the American College of Cardiology/

- American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2018; 25254; DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.1028
14. Acquatella H, Asch FM, Barbosa MM, Barros M, Bern C, Cavalcante JL, et al. Recommendations for Multimodality Cardiac Imaging in Patients with Chagas Disease: A Report from the American Society of Echocardiography in Collaboration with the InterAmerican Association of Echocardiography (ECOSIAC) and the Cardiovascular Imaging Department of the Brazilian Society of Cardiology (DIC-SJ). *Am Soc Echocardiogr*. 2018;31:3-25.
 15. Jordan JH, Todd RM, Vasu S, Hundley WG. Cardiovascular magnetic resonance in the oncology patient. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11:1150-1172.
 16. Selvadurai BSN, Puntmann VO, Bluemke DA, Ferrari VA, Friedrich MG, Kramer CM, et al. Definition of left ventricular segments for cardiac magnetic resonance imaging. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11:926-928.
 17. Sammut EC, Villa ADM, Di Giovine G, Dancy L, Bosio F, Gibbs T, et al. Prognostic value of quantitative stress perfusion cardiac magnetic resonance. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11:686-694.