

REC: CardioClinics

www.reccardioclinics.org

Temas de actualidad en cardiología 2018

Selección de lo mejor del año 2018 en imagen cardiovascular



Laura Galian-Gay^{a,*}, José F. Rodríguez-Palomares^a, Daniel R. Saura Espín^b, Manuel Barreiro-Pérez^c, Teresa López-Fernández^d y Leopoldo Pérez de Isla^e

^a Servicio de Cardiología, Hospital Universitari Vall d'Hebron, CIBER-CV, Barcelona, España

^b Servicio de Cardiología, Unidad de Imagen Cardíaca, Unidad de Miocardiopatías Familiares, Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, IMIB-Arrixaca, El Palmar, Murcia, España

^c Servicio de Cardiología, Complejo Asistencial Universitario de Salamanca, Instituto de Investigación Biomédica de Salamanca (IBSAL), CIBER-CV, Salamanca, España

^d Servicio de Cardiología, Unidad de Imagen Cardíaca, Hospital Universitario La Paz, IdiPAZ, Ciber-CV, Madrid, España

^e Servicio de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

On-line el 23 de febrero de 2019

Palabras clave:

Imagen cardíaca

Deformación miocárdica

Intervencionismo estructural percutáneo

Válvula aórtica bicúspide

Enfermedad valvular

Cardiorresonancia magnética

RESUMEN

Los avances en el campo de la imagen cardiovascular han seguido aumentando de forma exponencial en este último año. Las técnicas de imagen cardíaca siguen buscando el origen fisiopatológico de un gran número de enfermedades cardiovasculares para determinar nuevas dianas terapéuticas, o anticiparse a la enfermedad detectando la alteración miocárdica y aterosclerótica subclínica. El amplio desarrollo de las nuevas técnicas de imagen cardíaca ha permitido extender su uso en cada vez más sustratos patológicos: la deformación miocárdica se establece como un factor pronóstico de utilidad en pacientes con cáncer, enfermedad valvular o insuficiencia cardíaca; las secuencias avanzadas de cardiorresonancia se muestran prometedoras para el estudio de las aortopatías, miocardiopatías y cardiopatías congénitas, e incluso en un futuro próximo puede que la inteligencia artificial resuelva dudas y facilite las tareas diarias de los laboratorios de imagen cardíaca de nuestro entorno. Sin duda, uno de los campos más destacados es el intervencionismo estructural percutáneo, que evoluciona de forma imparable, con el objetivo de extenderse a una población cada vez menos restringida y anticiparse, en ciertas ocasiones, al acto quirúrgico en pacientes de alto riesgo.

© 2019 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lauragaliangay@gmail.com (L. Galian-Gay).

<https://doi.org/10.1016/j.rccl.2019.01.005>

2605-1532/© 2019 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Selection of the best of 2018 in cardiovascular imaging

A B S T R A C T

Keywords:

Cardiac imaging
Myocardial deformation
mechanics
Structural interventionism
Bicuspid aortic valve
Valve disease
Cardiac magnetic resonance

The advances in the field of cardiovascular imaging have continued to increase exponentially in this last year. Cardiac imaging techniques continue to pursue the physiopathological origin of a large number of cardiovascular diseases, with the aim of determining new therapeutic targets or anticipating the disease by detecting subclinical atherosclerotic and myocardial damage. The broad development of new cardiac imaging techniques has allowed its use to be extended to more and more pathological substrates. Myocardial deformation is established as a useful prognostic factor in patients with cancer, valve disease or heart failure. Advanced cardiac resonance sequences seem promising for the study of aortic diseases, cardiomyopathies and congenital heart disease. Furthermore, in the near future, artificial intelligence may help to resolve doubts and facilitate the daily tasks of cardiac imaging laboratories in our environment. Undoubtedly, one of the most outstanding fields is the percutaneous structural interventionism that is resoundingly advancing with the aim of extending its use to a less restricted population and anticipating, on certain occasions, the surgical act in high-risk patients.

© 2019 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Es una tarea complicada resumir en pocas líneas lo más importante publicado el año pasado en este apartado misceláneo. Toda selección implica un mayor o menor grado de subjetividad. Trataremos de que los temas que se tocan en este epígrafe sean del interés del lector.

Novedades en imagen cardiaca

Uno de los aspectos que se han desarrollado más el año pasado ha sido la denominada inteligencia artificial, y uno de los ejemplos más prácticos es la cuantificación automática de la función cardiaca con algoritmos como el *heart model*. Este sistema es capaz de integrar el reconocimiento de imagen con una memoria interna que sabe cómo son las cavidades cardíacas. El grupo de la Universidad de Chicago, dirigido por el doctor Roberto Lang, lidera el desarrollo de esta nueva tecnología, y sus recientes trabajos publicados^{1,2} han demostrado que el *heart model* es una herramienta rápida y precisa, que no envidia en muchos aspectos a técnicas más sofisticadas, como puede ser la cardiorresonancia magnética (CRM). Ni qué decir tiene que se muestra como una técnica superior a la imagen tridimensional convencional.

Dentro de los avances en imagen cardiovascular uno de los más controvertidos es el denominado *machine learning*. Las técnicas modernas de computación ofrecen nuevas formas de acceder a la ingente cantidad de datos que se obtienen mediante las técnicas de imagen no invasiva. Tanto a partir de las propias imágenes, como a partir de los resultados analíticos de las mismas, el *machine learning* tiene capacidad de obtener nuevos datos potencialmente importantes para el tratamiento de nuestros pacientes. Esta nueva tecnología puede permitir, por una parte, automatizar tareas reduciendo

los tiempos de la variabilidad inherentes a su realización por personas. Por otra, es capaz de proporcionar información clínica que hubiera pasado desapercibida de otra forma. Como no podía ser de otra manera, el desarrollo de estas nuevas tecnologías requiere una importante inversión económica para preparar las bases de datos que pueden analizarse. Sin duda, el *machine learning* va a suponer un gran cambio en nuestra forma actual de conocer no solo las técnicas de imagen cardiovascular, sino la medicina en su conjunto³. Un interesante artículo publicado recientemente⁴ muestra un ejemplo de cómo el *machine learning* es capaz de proporcionar ayuda práctica. En este estudio, los autores usan esta tecnología para investigar el valor predictivo de las variables basales obtenidas mediante CRM y crear nuevos modelos matemáticos capaces de predecir el riesgo de deterioro de la función ventricular en pacientes con tetralogía de Fallot corregida quirúrgicamente. En sus conclusiones destacan que el *machine learning* fue capaz de descubrir variables predictoras que habían pasado desapercibidas en los análisis de regresión tradicional. Los modelos predictivos generados fueron útiles para planificar precozmente intervenciones quirúrgicas en pacientes de alto riesgo.

Y no podemos dejar pasar de largo un interesante artículo publicado en el *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*⁵ sobre el *e-learning* en imagen cardiovascular. En este documento se plantea una definición de *e-learning*, se habla de sus ventajas, de su uso y limitaciones. Sus principales conclusiones son que el *e-learning* puede ayudar a la educación en imagen cardiovascular y complementar las técnicas docentes tradicionales, y sus principales ventajas son que puede suplir la integración con colegas, es flexible en tiempo y espacio, fácilmente accesible y relativamente barato. Por tanto, los recursos se deben adaptar para incluir el *e-learning* en los programas educativos.

También es de interés un artículo realmente impactante⁶ en el que Alan G. Fraser explica que toda técnica de imagen

nueva debe evaluarse rigurosamente, de tal manera que se establezca su rentabilidad diagnóstica antes de que la técnica se popularice, por tanto deberían existir ensayos en los que se evaluaran las diferentes técnicas. Para ello, y para mejorar los beneficios que las nuevas técnicas de imagen pueden proporcionar a los pacientes, se deben usar los nuevos avances basados en *machine learning* para analizar bases de datos digitales e identificar factores pronósticos independientes o factores de respuesta al tratamiento.

Estudio de la aterosclerosis

Por otra parte, los avances técnicos también han permitido ampliar nuestro conocimiento de la aterosclerosis coronaria. En concreto, diferentes artículos han demostrado cómo, mediante técnicas de imagen no invasiva, es posible detectar placas vulnerables que potencialmente podrían tratarse localmente o de forma sistémica. Sin embargo, es necesario esperar a los resultados de ensayos clínicos actualmente en marcha para poder pensar en hacer un tratamiento personalizado que evite eventos coronarios agudos⁷.

Secuencias de flujo 4D con cardiorresonancia magnética

No solo el territorio coronario es objeto de estudio mediante técnicas no invasivas. Durante el pasado también se han visto grandes avances en la valoración no invasiva de grandes vasos, en especial de la aorta. El progreso de las nuevas técnicas de imagen cardíaca ha mejorado la precisión diagnóstica de las exploraciones complementarias en estos pacientes. Y además, ha incrementado el conocimiento sobre la fisiopatología de un amplio espectro de enfermedades cardiovasculares. En este sentido, el estudio de flujo 4D mediante CRM constituye una de las más prometedoras técnicas introducidas en los últimos años. Estas secuencias permiten valorar información de la velocidad del flujo en las 3 dimensiones del espacio en una sola adquisición, y a partir de aquí estudiar parámetros como la dirección del flujo, la vorticidad y la tensión de cizallamiento de pared. Si bien se recomienda su uso en el estudio de valvulopatías, flujos complejos y cardiopatías congénitas⁸, el acceso limitado a las mismas hace que se usen más frecuentemente en protocolos de investigación.

Dada su elevada prevalencia en la población general, uno de los principales campos de aplicación lo constituye el estudio de la valvulopatía aórtica bicúspide (VAB) y la aortopatía asociada. En los pacientes con VAB, debido a la apertura asimétrica valvular, se produce una mayor angulación en el jet aórtico, y con un desplazamiento de las velocidades respecto al centro de la luz aórtica. Esto se traduce en una distribución asimétrica de la tensión de cizallamiento de pared (*wall shear stress*) en esta población. En un reciente trabajo Rodríguez-Palomares et al.⁹ estudiaron a pacientes con VAB con diámetros aórticos < 55 mm y sin valvulopatía significativa para determinar si existían diferentes patrones de flujo en función del fenotipo valvular, y si había una relación con el patrón de dilatación aórtica. Dicho estudio mostró que, en el caso de la VAB tipo 1 (RL-VAB), los perfiles de velocidad y la tensión de cizallamiento de pared máximos se distribuyeron de forma homogénea al nivel anterior-derecho en toda la extensión aórtica; sin embargo, los sujetos con VAB tipo

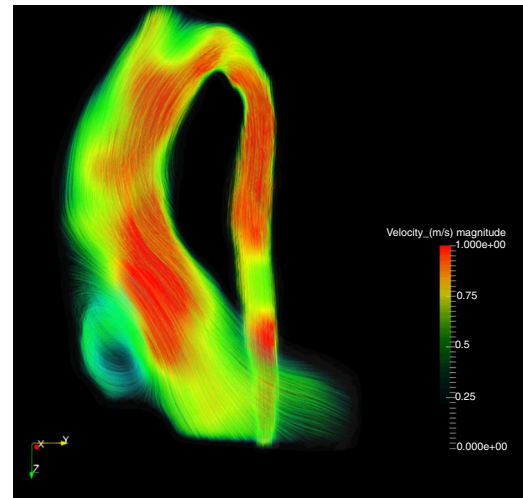


Figura 1 – Secuencia de flujo 4D mediante cardiorresonancia magnética en paciente con válvula aórtica bicúspide y con dilatación de la raíz aórtica (morfotipo raíz), en la que se observa la presencia de flujo helicoidal en la zona de mayor dilatación aórtica.

2 (RN-VAB) presentaron perfiles más variables, pero con una tendencia a distribuirse a nivel posterior en el tercio proximal de la aorta ascendente, y con una rotación marcada anterior al nivel medio-distal. Además, el incremento de la tensión de cizallamiento axial proximal podría justificar la dilatación de la raíz aórtica en los pacientes con VAB tipo 1, mientras que el incremento de la tensión de cizallamiento circunferencial distal podría determinar la dilatación de la aorta ascendente distal y el cayado proximal en el VAB tipo 2. Todo ello podría explicar los diferentes patrones de dilatación aórtica en los distintos morfotipos de VAB (fig. 1). Este es el primer estudio que analiza los diferentes componentes, axial y circunferencial, de la tensión de cizallamiento de la pared para explicar los diversos fenotipos de dilatación aórtica. A pesar de estos hallazgos, son necesarios estudios longitudinales para establecer la relación causal entre estas alteraciones del flujo y los patrones de dilatación.

Si bien los patrones de flujo podrían justificar la aortopatía en los VAB, hay controversia sobre la eventual presencia de una alteración intrínseca de la pared aórtica en esta población. En este sentido, un estudio del mismo grupo¹⁰ ha objetivado en los pacientes con VAB sin dilatación aórtica parámetros similares de rigidez aórtica que los controles sanos, tanto en aorta ascendente como descendente. Asimismo, los pacientes con VAB y aorta dilatada tampoco presentaron diferencias en la rigidez aórtica en comparación con pacientes con aorta dilatada y válvula aórtica trivalva. En cambio, los pacientes con síndrome de Marfan sí mostraron una rigidez parietal marcadamente incrementada en comparación con VAB y controles sanos. Dicho estudio enfatiza nuevamente el papel del flujo sobre las propiedades biomecánicas intrínsecas de la pared aórtica en la aortopatía.

En la actualidad, las secuencias de flujo 4D también se utilizan en la evaluación del flujo auricular para valorar el riesgo embólico en pacientes con fibrilación auricular; y también en

el estudio del flujo intraventricular en pacientes con distintas miocardiopatías, entre ellas la miocardiopatía dilatada para valorar el riesgo de que se formen trombos intracavitarios y determinar el patrón de presión telediastólico.

Mecánica miocárdica

En este último año hemos asistido a un interés creciente en el estudio de las técnicas de deformación en diferentes escenarios clínicos. Sin duda, el documento de consenso de la *European Association of Cardiovascular Imaging* ha impulsado la incorporación del *strain* global longitudinal (SGL) con *speckle tracking* como parámetro de la función ventricular izquierda¹¹. Aunque también disponemos de criterios de estandarización¹² y valores de normalidad del *strain* del ventrículo derecho¹³ y de la aurícula izquierda¹⁴, su uso clínico es más limitado en el momento actual.

En el campo de la insuficiencia cardiaca (IC) el SGL ha demostrado ser útil en la estratificación pronóstica de pacientes con IC aguda y con fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) conservada. En un estudio multicéntrico, que incluyó a 4.172 pacientes con IC aguda, el SGL fue mejor predictor de mortalidad a 5 años que la FEVI¹⁵. En pacientes con IC y FEVI conservada el SGL presenta una buena correlación con la cuantificación del espacio extravascular en resonancia, y permite discriminar la miocardiopatía hipertensiva de la IC¹⁶. En pacientes con disfunción ventricular izquierda, además del SGL, el *strain* de ventrículo derecho mejora la estratificación pronóstica¹⁷.

El uso clínico del SGL en pacientes asintomáticos es más controvertido. El estudio TAS-ELF¹⁸ demostró que el SGL es un buen predictor de desarrollo de IC en pacientes con factores de riesgo; sin embargo, el tratamiento preventivo basado en SGL (inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina o bloqueadores beta) no modificó el pronóstico, por lo que será necesario buscar estrategias de prevención alternativas.

En la monitorización de pacientes con cáncer el SGL se consolida como una herramienta imprescindible. Hay que recordar que se pueden documentar cambios significativos en el SGL, tanto si se reduce el volumen telediastólico del ventrículo izquierdo como si aumenta el volumen telesistólico, y solo en el segundo caso estaríamos ante cambios significativos en la función ventricular¹⁹. Otro aspecto interesante es la necesidad de utilizar el SGL, y no el *strain* longitudinal en un plano, como parámetro de monitorización. El uso de *strain* en un plano muestra desacuerdo en el diagnóstico de cardiotoxicidad en el 22% de pacientes²⁰.

Las técnicas de deformación se emplean cada vez más en el estudio de pacientes valvulares con el objetivo de identificar daño subclínico y optimizar el momento quirúrgico²¹. La información más sólida está en el campo de la estenosis aórtica (EAO). La última actualización de las guías de EAO incluye el SGL como herramienta pronóstica²², datos que se confirman en un estudio reciente del grupo de Lovaina. Se incluyeron 688 pacientes con EAO con un seguimiento de 24 meses. El SGL se mostró como predictor pronóstico independiente en EAO grave (*hazard ratio* [HR] = 1,17; intervalo de confianza del 95% [IC 95%]: 1,09-1,26; $p < 0,001$). De hecho, los pacientes con EAO grave, FEVI conservada y SGL $< -14\%$ tuvieron peor supervivencia libre de eventos, similar a la de aquellos con disfunción

ventricular²³. En pacientes con regurgitación aórtica grave en seguimiento expectante un estudio retrospectivo de cohortes, que inscribió a 1.063 participantes, mostró un aumento significativo y progresivamente mayor de la mortalidad en aquellos pacientes con peor SGL a partir de un punto de corte en torno a -19% , especialmente en el grupo de los no operados²⁴. Otro estudio con el mismo tipo de diseño incluyó a 506 pacientes intervenidos quirúrgicamente por regurgitación mitral primaria, y detectó una peor evolución postoperatoria en aquellos casos con un SGL menor de $18,1\%$ ²⁵.

Con respecto a las nuevas tecnologías destacamos la posibilidad de analizar el SGL en pacientes con ventana ecocardiográfica subóptima gracias al uso de «ecopotenciadores». En un estudio multicéntrico Medvedofsky et al.²⁶ han publicado la primera experiencia con buenos resultados, aunque son necesarios más estudios.

El estudio de la deformación miocárdica también es un campo en fase de desarrollo en CRM. Con las técnicas de *feature tracking* se puede estudiar la deformación miocárdica en longitudinal, radial y circunferencial. Un estudio reciente con 60 pacientes de ambos sexos y diferentes condiciones clínicas ha demostrado una excelente factibilidad de la técnica con una buena reproducibilidad²⁷. Una vez establecidos los valores de corte y su correspondencia con los valores obtenidos por otras técnicas, como la ecocardiografía, el estudio de la deformación miocárdica con CRM formará parte de las herramientas para el estudio de la función ventricular en valvulopatías y miocardiopatías.

Estudio de la microestructura miocárdica mediante cardiorresonancia

La CRM ha mostrado ofrecer además herramientas prometedoras en el campo de las miocardiopatías, como el estudio de la microestructura miocárdica con las técnicas por tensor de difusión. Este método determina el vector de difusión de agua y ya está implementada en la resonancia neurológica con la tractografía. En cardiología presenta desafíos técnicos que se están logrando superar, si bien la adquisición es prolongada y la resolución espacial es relativamente baja. Un reciente estudio transversal descriptivo ha demostrado que en la miocardiopatía dilatada está afectada la disposición sistólica de los fascículos miocárdicos, mientras que en la miocardiopatía hipertrófica predominan las alteraciones de su conformación diastólica²⁸. De consolidarse, el estudio del tensor del difusión con CRM está llamado a ser una herramienta fundamental en el estudio de la íntima estructura miocárdica en las miocardiopatías.

Caracterización tisular mediante cardiorresonancia

Otra manera —ya consolidada— de caracterizar el miocardio con CRM es con el estudio de sus constantes de relajación T1, T2 y T2*. El daño miocárdico con depósito de esfingolípidos marca el pronóstico vital en la enfermedad de Fabry, pero los tratamientos disponibles tienen una efectividad muy limitada una vez instaurada la hipertrofia miocárdica, y es aparente el típico patrón de realce tardío de gadolinio. A diferencia de otras condiciones que cursan con hipertrofia cardiaca, en las que el T1 está prolongado, en la enfermedad de Fabry el T1 está

característicamente acortado por la presencia de esfingolípidos. Esta singularidad permite su diagnóstico precoz, como ha demostrado el estudio observacional multicéntrico²⁹ que incluyó a 100 pacientes de ambos sexos con enfermedad de Fabry, pero sin hipertrofia ventricular, a los que se practicó una CRM. Un hallazgo fundamental del estudio es que el acortamiento de T1 es manifiesto en los pacientes sin hipertrofia, y que además es más parcheado de lo que inicialmente se pensaba, por lo que habrá que considerar analizar los mapas de T1 en varios cortes. La magnitud del acortamiento del T1 se asocia a otros hallazgos patológicos en estos pacientes que no cumplen criterios de hipertrofia²⁹.

Intervencionismo estructural percutáneo

Otro apartado relevante en el campo de la imagen cardiovascular es sin duda el intervencionismo estructural percutáneo, tanto por el crecimiento exponencial en el número de procedimientos como por el desarrollo tecnológico asociado en los últimos años. El implante percutáneo de válvula aórtica (TAVI) sigue siendo la técnica predominante. En el último año se han publicado trabajos sobre la durabilidad de este tipo de prótesis con seguimientos superiores a 5 años y tasas de disfunción protésica menores del 5%³⁰. En el seguimiento postimplante la trombosis protésica ocurrió en <1%, con normalización tras el uso de anticoagulantes orales³¹. Con el objetivo de optimizar las indicaciones de implante se hace imprescindible detectar con precisión los factores pronósticos que ayuden en la toma de decisiones. Recientemente, la disfunción ventricular derecha³² y la regurgitación tricuspídea³³ han demostrado ser factores de mal pronóstico en el seguimiento, mientras que la ausencia de reserva contráctil en eco-dobutamina no resultó un predictor válido en la EAo de bajo flujo y bajo gradiente³⁴. Además, la experiencia clínica publicada permite concentrar los esfuerzos de la imagen cardíaca en la valoración anatómica preprocedimiento y en el seguimiento, dado que la imagen intraprocedimiento parece no mejorar los parámetros de despliegue³⁵. En relación con la reparación mitral borde a borde, en 2018 se ha comunicado que la vena contracta 3D mejora la cuantificación de la regurgitación residual y aporta valor pronóstico^{36,37}, al igual que el patrón de remodelado ventricular en el seguimiento, que es mayor en los pacientes que presentaron remodelado ventricular adverso³⁸. El implante percutáneo protésico mitral sobre bioprótesis degeneradas se ha mostrado igual de eficaz en términos clínicos y ecocardiográficos respecto al remplazo quirúrgico³⁹, y podría llegar a ser una alternativa viable en estos pacientes. También han visto la luz multitud de trabajos y revisiones sobre el intervencionismo sobre válvula tricúspide, con la reparación borde a borde como la técnica más extendida, que asocia mejoría funcional y cuyos predictores de factibilidad son un jet de regurgitación central o anteroseptal⁴⁰. Se ha publicado en nuestro medio la seguridad y eficacia del implante valvular percutáneo pulmonar en la población pediátrica con buenos resultados a corto y medio plazo⁴¹. Finalmente, se ha comparado la presencia, localización e intensidad de los leaks paravalvulares sobre implante percutáneo de válvula aórtica en modelos autoexpandibles y expandibles con balón, y no se han encontrado diferencias entre ambos⁴².

Por otra parte, dentro del intervencionismo no valvular destaca el aumento en el uso de los dispositivos de cierre de orejuela izquierda, tras demostrarse en nuestro medio una reducción de la incidencia de accidente cerebral isquémico y hemorrágico con un beneficio mantenido en el tiempo⁴³. En la selección de pacientes se ha comunicado la seguridad y eficacia del procedimiento en presencia de trombo apical⁴⁴. Durante el procedimiento, se ha asociado el número de angiografías invasivas de la orejuela con la presencia de lesiones isquémicas cerebrales detectadas por resonancia magnética⁴⁵. Continúa siendo importante el seguimiento posterior con imagen, ya que la formación de trombo sobre el dispositivo alcanza el 7% anual y se asocia con un incremento del riesgo isquémico en el seguimiento⁴⁶.

Conflicto de intereses

No se declara ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tsang W, Salgo IS, Medvedofsky D, et al. Transthoracic 3D Echocardiographic Left Heart Chamber Quantification Using an Automated Adaptive Analytics Algorithm. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9:769-782.
2. Otani K, Nakazono A, Salgo IS, Lang RM, Takeuchi M. Three-Dimensional Echocardiographic Assessment of Left Heart Chamber Size and Function with Fully Automated Quantification Software in Patients with Atrial Fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29:955-965.
3. Henglin M, Stein G, Hushcha P V., Snoek J, Wiltshko AB, Cheng S. Machine Learning Approaches in Cardiovascular Imaging. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017. pii: 10:e005614. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.005614>. Consultado 10 Oct 2018.
4. Samad MD, Wehner GJ, Arbabshirani MR, et al. Predicting deterioration of ventricular function in patients with repaired tetralogy of Fallot using machine learning. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:730-738.
5. Cosyns B, De Diego JJG, Stefanidis A, et al. E-learning in cardiovascular imaging: another step towards a structured educational approach. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16:463-465.
6. Fraser AG. A manifesto for cardiovascular imaging: addressing the human factor. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18:1311-1321.
7. Bom MJ, van der Heijden DJ, Kedhi E, et al. Early Detection and Treatment of the Vulnerable Coronary Plaque. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017. pii: 10:e005973. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.005973>. Consultado 10 Oct 2018.
8. Dyverfeldt P, Bissell M, Barker AJ, et al. 4D flow cardiovascular magnetic resonance consensus statement. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2015;17:72.
9. Rodríguez-Palomares JF, Dux-Santoy L, Guala A, et al. Aortic flow patterns and wall shear stress maps by 4D-flow cardiovascular magnetic resonance in the assessment of aortic dilatation in bicuspid aortic valve disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2018;20:28.
10. Guala A, Rodríguez-Palomares J, Dux-Santoy L, et al. Influence of Aortic Dilation on the Regional Aortic Stiffness of Bicuspid Aortic Valve Assessed by 4-Dimensional Flow Cardiac Magnetic Resonance: Comparison With Marfan

- Syndrome and Degenerative Aortic Aneurysm. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.03.017>. Consultado 10 Oct 2018.
11. Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18:1301–1310.
 12. Badano LP, Kolas TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:591–600.
 13. Il'Giovine ZJ, Mulder H, Chiswell K, et al. Right Ventricular Longitudinal Strain Reproducibility Using Vendor-Dependent and Vendor-Independent Software. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31:721–732, e5.
 14. Sugimoto T, Robinet S, Dulgheru R, et al. Echocardiographic reference ranges for normal left atrial function parameters: results from the EACVI NORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:630–638.
 15. Park JJ, Park J-B, Park J-H, Cho G-Y. Global Longitudinal Strain to Predict Mortality in Patients With Acute Heart Failure. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71:1947–1957.
 16. Mordi IR, Singh S, Rudd A, et al. Comprehensive Echocardiographic and Cardiac Magnetic Resonance Evaluation Differentiates Among Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Patients. *Hypertensive Patients, and Healthy Control Subjects*. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11:577–585.
 17. Carluccio E, Biagioli P, Alunni G, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Dysfunction in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction: Superiority of Longitudinal Strain Over Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018. pii: e006894. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.006894>. Consultado 10 Oct 2018.
 18. Yang H, Negishi K, Wang Y, Nolan M, Marwick TH. Imaging-Guided Cardioprotective Treatment in a Community Elderly Population of Stage B Heart Failure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10:217–226.
 19. Jordan JH, Sukpraphrute B, Meléndez GC, Jolly M-P, D'Agostino RB, Hundley WG. Early Myocardial Strain Changes During Potentially Cardiotoxic Chemotherapy May Occur as a Result of Reductions in Left Ventricular End-Diastolic Volume: The Need to Interpret Left Ventricular Strain With Volumes. *Circulation*. 2017;135:2575–2577.
 20. Thavendiranathan P, Negishi T, Coté M-A, et al. Single Versus Standard Multiview Assessment of Global Longitudinal Strain for the Diagnosis of Cardiotoxicity During Cancer Therapy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11:1109–1118.
 21. Ng ACT, Delgado V, Bax JJ. Application of left ventricular strain in patients with aortic and mitral valve disease. *Curr Opin Cardiol*. 2018;33:1.
 22. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al. Recommendations on the Echocardiographic Assessment of Aortic Valve Stenosis: A Focused Update from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30:372–392.
 23. Ng ACT, Prihadi EA, Antoni ML, et al. Left ventricular global longitudinal strain is predictive of all-cause mortality independent of aortic stenosis severity and ejection fraction. *Eur Hear J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:859–867.
 24. Alashi A, Mentias A, Abdallah A, et al. Incremental Prognostic Utility of Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Asymptomatic Patients With Significant Chronic Aortic Regurgitation and Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11:673–682.
 25. Kim HM, Cho G-Y, Hwang I-C, et al. Myocardial Strain in Prediction of Outcomes After Surgery for Severe Mitral Regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018. pii: 1235–1244. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.03.016>. Consultado 10 Oct 2018.
 26. Medvedofsky D, Lang RM, Kruse E, et al. Feasibility of Left Ventricular Global Longitudinal Strain Measurements from Contrast-Enhanced Echocardiographic Images. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31:297–303.
 27. Maceira AM, Tuset-Sanchis L, López-Garrido M, et al. Feasibility and reproducibility of feature-tracking-based strain and strain rate measures of the left ventricle in different diseases and genders. *J Magn Reson Imaging*. 2018;47:1415–1425.
 28. Nielles-Vallespin S, Khalique Z, Ferreira PF, et al. Assessment of Myocardial Microstructural Dynamics by In Vivo Diffusion Tensor Cardiac Magnetic Resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:661–676.
 29. Nordin S, Kozor R, Baig S, et al. Cardiac Phenotype of Prehypertrophic Fabry Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018. pii: e007168. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.007168>. Consultado 10 Oct 2018.
 30. Holy EW, Kebernik J, Abdelghani M, et al. Long-term durability and haemodynamic performance of a self-expanding transcatheter heart valve beyond five years after implantation: a prospective observational study applying the standardised definitions of structural deterioration and valve failure. *EuroIntervention*. 2018;14:e390–e396.
 31. Franzone A, Pilgrim T, Haynes AG, et al. Transcatheter aortic valve thrombosis: incidence, clinical presentation and long-term outcomes. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:398–404.
 32. Asami M, Stortecky S, Praz F, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Dysfunction on Clinical Outcomes After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jcmg.2017.12.015>. Consultado 10 Oct 2018.
 33. Amat-Santos IJ, Castrodeza J, Nombela-Franco L, et al. Tricuspid but not Mitral Regurgitation Determines Mortality After TAVI in Patients With Nonsevere Mitral Regurgitation. *Rev Esp Cardiol*. 2018;71:357–364.
 34. Ribeiro HB, Lerakis S, Gilard M, et al. Transcatheter Aortic Valve Replacement in Patients With Low-Flow. *Low-Gradient Aortic Stenosis: The TOPAS-TAVI Registry*. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71:1297–1308.
 35. Eskandari M, Aldalati O, Dworakowski R, et al. Comparison of general anaesthesia and non-general anaesthesia approach in transfemoral transcatheter aortic valve implantation. *Heart*. 2018;104:1621–1628.
 36. Dietl A, Prieschenk C, Eckert F, et al. 3D vena contracta area after MitraClip® procedure: precise quantification of residual mitral regurgitation and identification of prognostic information. *Cardiovasc Ultrasound*. 2018;16:1.
 37. Obadia J-F, Messika-Zeitoun D, Leurent G, et al. Percutaneous Repair or Medical Treatment for Secondary Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*. 2018. pii: NEJMoa1805374. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1805374>. Consultado 10 Oct 2018.
 38. Brouwer HJ, Den Heijer MC, Paelinck BP, et al. Left ventricular remodelling patterns after MitraClip implantation in patients with severe mitral valve regurgitation: mechanistic insights and prognostic implications. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jey088>. Consultado 10 Oct 2018.

39. Kamioka N, Babaliaros V, Morse MA, et al. Comparison of Clinical and Echocardiographic Outcomes After Surgical Redo Mitral Valve Replacement and Transcatheter Mitral Valve-in-Valve Therapy. *JACC Cardiovasc Interv.* 2018;11:1131-1138.
40. Lurz P, Besler C, Noack T, et al. Transcatheter treatment of tricuspid regurgitation using edge-to-edge repair: procedural results, clinical implications and predictors of success. *EuroIntervention.* 2018;14:e290-e297.
41. Solana-Gracia R, Rueda F, Betrián P, et al. Pediatrics Spanish Registry of Percutaneous Melody Pulmonary Valve Implantation in Patients Younger Than 18 Years. *Rev Esp Cardiol.* 2018;71:283-290.
42. Gilbert ON, Choi CH, Franzil JL, et al. Comparison of paravalvular aortic leak characteristics in the Medtronic CoreValve versus Edwards Sapien Valve: Paravalvular aortic leak characteristics. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018;92:972-980.
43. López-Mínguez JR, Nogales-Asensio JM, Infante De Oliveira E, et al. Long-term Event Reduction After Left Atrial Appendage Closure. Results of the Iberian Registry II. *Rev Esp Cardiol.* 2018(Engl Ed). 2018. pii: S1885-5857(18)30112-9. doi: 10.1016/j.rec.2018.03.017. ES AHEAD OF PRINT.
44. Tarantini G, D'Amico G, Latib A, et al. Percutaneous left atrial appendage occlusion in patients with atrial fibrillation and left appendage thrombus: feasibility, safety and clinical efficacy. *EuroIntervention.* 2018;13:1595-1602.
45. Rillig A, Bellmann B, Skurk C, et al. Left atrial appendage angiography is associated with the incidence and number of magnetic resonance imaging-detected brain lesions after percutaneous catheter-based left atrial appendage closure. *Heart Rhythm.* 2018;15:3-8.
46. Fauchier L, Cinaud A, Brigadeau F, et al. Device-Related Thrombosis After Percutaneous Left Atrial Appendage Occlusion for Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71:1528-1536.