

Editorial

¿Hacia dónde va la ecocardiografía?

Han pasado más de 60 años desde que en mayo de 1953 en la Universidad de Lund I. Edler realizara la primera ecocardiografía de la historia con el equipo diseñado por el ingeniero CH Hertz. Desde su nacimiento la ecocardiografía ha ido incorporando desarrollos tecnológicos que han completado el poder de los ultrasonidos como potente herramienta diagnóstica. Así, entre otros, tenemos la ecocardiografía transesofágica, la ecocardiografía de contraste, la ecocardiografía bidimensional TEE en tiempo real, la ecocardiografía de estrés, el Doppler de tejidos o el modo M anatómico.

Igualmente existe una serie de avances que merecieron la atención de distintos grupos de investigación pero que, sin embargo, no han pasado el filtro de utilización en la clínica diaria, entre ellos la caracterización tisular, el estudio con Doppler de energía, el contraste para el estudio de rutina de la perfusión miocárdica, la ecocardiografía subesternal o la colorkinesia. Es muy interesante tratar de pronosticar cuáles serán y cómo se incorporarán en el futuro las nuevas tecnologías y avances a la rutina clínica de la ecocardiografía, sabiendo cómo muestra el pasado que al imaginar el futuro es posible cometer errores importantes de cálculo.

Para que un avance en imagen se incorpore a la práctica rutinaria es necesario que el mismo demuestre que tiene impacto en el pronóstico y en el diagnóstico del paciente. Si no es así, lo que se estará haciendo es una mejora en la "fotografía", pero no en la información que genera la misma.

El futuro de la ecocardiografía se podría agrupar en cuatro grandes apartados:

- **Lo que ya está aquí, pero todavía no se incorpora a la rutina.** Existe una serie de avances que son vías que han demostrado su utilidad en numerosos trabajos publicados, pero a pesar de ello no se han incorporado al quehacer rutinario de la ecocardiografía clínica. Hay dos claros ejemplos:

- *Incorporación a la rutina del análisis de la deformación miocárdica.* Uno de los avances que más literatura ha generado en los últimos 10 años ha sido el estudio de la deformación miocárdica con técnicas de *strain*, siendo la reina, entre ellas, la del análisis de la deformación con *speckle-tracking* y del *strain* global longitudinal (SGL)⁽¹⁻⁴⁾. Su utilidad en la práctica vendría definida para tratar de superar los errores cometidos por el análisis clásico de la fracción de eyección, al errar en diagnosticar la disfunción ventricular oculta o la disfunción ventricular precoz en un sin fin de situaciones clínicas.

No ha sido hasta recientemente que los equipamientos han sido más robustos y la metodología en obtención de los datos se ha homogeneizado, como para que su medida esté tratando de incorporarse a la rutina de los laboratorios de imagen. Persiste todavía la necesidad de ser muy cuidadosos y utilizar, en casos de valoración seriada, el mismo *software* y el mismo equipamiento en la obtención de las medidas⁽⁵⁾. Las tres aplicaciones muy bien referenciadas en las que el cálculo del *strain* podría tener más impacto, si la técnica definitivamente entra en la rutina, son la valoración precoz de la cardiotoxicidad, la disfunción oculta en la estenosis aórtica y la diferenciación de distintos tipos de hipertrofia del miocardio⁽⁶⁾.

La pregunta, difícil de contestar, es si con seguridad es posible afirmar que el cálculo del *strain* con la tecnología actual se va a incorporar a la rutina de los laboratorios de ecocardiografía. Existen todavía numerosos factores de variabilidad que pueden ser determinantes en la respuesta⁽⁶⁾: la necesidad de una muy buena calidad de la imagen, la exigencia de un *frame rate* suficientemente alto, una selección adecuada de los clips de cuatro, dos y tres cámaras no siempre posible, la variabilidad que el análisis semiautomático introduce en las medidas, los errores en la selección del grosor adecuado de área de medición, el inadecuado *tracking* de los contornos miocárdicos, las discusiones sobre cuál es el mejor momento de análisis del *strain* (el telediastólico o pico sistólico), las diferencias entre equipamientos... Demasiadas dudas para que la respuesta a la pregunta sea sencilla. Mi opinión personal es que con el nivel de la tecnología actual es complejo que la medida del *strain* se extienda a la rutina de *todos* los laboratorios, como es por ejemplo la medida del tamaño de la raíz aórtica. La medida del *strain* exige todavía un alto nivel de experiencia y precisa mejoras tecnológicas para que se incorpore de manera simple a la toma de decisiones clínicas en la rutina. El futuro cercano debe pasar por una mejora en la automatización de la técnica que aumente la seguridad, disminuya la variabilidad y simplifique el cálculo seguro y rutinario de la misma.

- *Incorporación a la rutina de la ecocardiografía tridimensional transtorácica.* Nadie discute que la ecocardiografía tridimensional transtorácica se ha incorporado a la rutina en todos los laboratorios y que si algunos no lo hacen es simplemente porque no tienen la tecnología. No se puede decir lo mismo de la ecocardiografía tridimensional transtorácica. ¿Cuántas sondas de ecocardiografía tridimensionales están colgadas en el lateral del equipo y se utilizan muy ocasionalmente o simplemente no se utilizan? Respondan ustedes mismos; yo sé la respuesta: hace dos años en una encuesta realizada entre los 22 laboratorios más importantes de nuestro país sólo un 10% confesaba utilizar rutinariamente la ecocardiografía tridimensional transtorácica. No se puede ir contra la realidad y ésta suele ser muy tozuda. Hay sin duda muchas explicaciones: la pobre resolución temporal, la exigencia de una buena ventana acústica, el consumo de tiempo y, no nos engañemos, la pobre relación coste en tiempo-esfuerzo/beneficio.

Existe solamente una situación en la que la ecocardiografía tridimensional transtorácica podría estar indicada, y es cuando se necesita una medida evolutiva muy estrictamente exacta de la función ventricular, lo que implica tener una variabilidad muy baja. Éste es el caso de la valoración de la cardiotoxicidad definiendo la misma como una caída del 10% de la fracción de eyección por debajo del valor considerado normal (53%). Si se tiene en cuenta que la medida de la fracción de eyección tiene una variabilidad por ecocardiografía bidimensional del 9,8% y por ecocardiografía tridimensional del 5,6%⁽⁷⁾, se entenderá la ventaja, pequeña pero ventaja, de utilizar el cálculo de la fracción de eyección con ecocardiografía tridimensional específicamente en este tipo de pacientes.

Probablemente en el futuro la ecocardiografía tridimensional podrá ser la rutina en el análisis de la función de las distintas cavidades, pero sin duda la automatización precisa, rápida y fiable de los cálculos será una exigencia para que esto sea así. Mantengo serias dudas de que la ecocardiografía tridimensional transtorácica fuera de esta aplicación se extienda en la rutina como ahora lo hace la ecocardiografía en bidimensional.

- **La tecnología está aquí, pero todavía le queda desarrollo para introducirse en la rutina.** Son nuevas ventanas abiertas recientemente y que van a ser, seguro, caminos transitables en cuanto se perfeccionen y simplifiquen:

- *Impresión en modelos tridimensionales de imágenes ecocardiográficas.* Un salto espectacular que se ha producido en los últimos 5 años es la impresión de modelos tridimensionales que tienen una aplicación en muchas esferas de la imagen médica: planificación y simulación quirúrgica, bioimpresión de órganos, dispositivos médicos personalizados y formación médica, entre otras. Específicamente en Cardiología juegan un papel importante en la creación de modelos tridimensionales en cardiopatías congénitas y en la elaboración de modelos tridimensionales en el auxilio del intervencionismo percutáneo⁽⁸⁾.

Las dos técnicas de imagen empleadas en Cardiología para obtener los datos para la impresión tridimensional son la TC y la ecocardiografía tridimensional; esta última puede ser muy útil en los nuevos tipos de intervencionismo complejos, como es el clip en la válvula tricúspide y el implante percutáneo de la válvula mitral.

Sin duda el sueño futuro será el diseño tridimensional de implantes de dispositivos y prótesis construidos a partir de las técnicas de imagen cardíaca, al igual que actualmente se lleva a cabo con el implante tridimensional de prótesis de titanio específicamente diseñadas en cirugía maxilofacial y ortopédica.

- *Automatización de las medidas utilizando inteligencia artificial.* Uno de los problemas de la cuantificación en ecocardiografía es el método empleado para obtener los datos. Un buen ejemplo es el cálculo de la función ventricular. Se ha comentado previamente que el análisis tridimensional es el que mejor correlación tiene con el *gold estándar* de la CRMN con unos límites pequeños de variabilidad, sin embargo, su utilización en la rutina tiene muchas limitaciones, lo que impide su extensión a la clínica. Para evitar esta limitación se están desarrollando sistemas basados en la inteligencia artificial que son capaces de hacer una identificación y orientación de las cámaras cardíacas adaptándose a cada modelo de paciente para ajustar automáticamente los bordes. De esta manera, automáticamente se identificará y valorará la función automática de las cuatro cámaras cardíacas de una manera simple, fácil y reproducible⁽⁹⁾.

La aplicación de la inteligencia artificial para crear modelos cardíacos es el futuro de la automatización. Cuando esto llegue, será cuando el cálculo de la función cardíaca con ecocardiografía tridimensional tendrá un futuro real en nuestra rutina.

- *Imágenes de fusión en ecocardiografía.* Las utilidades de las técnicas de fusión en imagen cardíaca pretenden sumar la información anatómica y funcional proporcionada por diferentes metodologías de imagen, así se tiene la fusión PET-CRMN, la más frecuente TC-SPECT, la PET-TC, TC-CRMN o la combinación PET-TC-CRMN.

La técnica de fusión con ecocardiografía se ha utilizado muy aisladamente en trabajos sin haberse incorporado a la rutina, básicamente fusión medicina nuclear-ecocardiografía y fusión CRMN-ecocardiografía tridimensional.

Las necesidades de una monitorización del intervencionismo estructural durante las técnicas de intervencionismo percutáneo han hecho que se desarrolle la fusión de dos imágenes dinámicas, la ecocardiografía transtorácica bidimensional/tridimensional y la fluoroscopia en tiempo real. Hay información de que esta fusión es viable y segura en los procedimientos de intervencionismo estructural⁽¹⁰⁻¹³⁾. Sus principales ventajas son la integración espacial fácil de las estructuras cardíacas y dispositivos de hemodinámica intervencionista, que facilitan la comunicación entre el especialista en imagen y el experto en imagen y la reducción del tiempo de escopia y duración del intervencionismo.

El futuro es esperanzador y pasa por la utilización de la inteligencia artificial en ecocardiografía que permita integrar las imágenes de modelos tridimensionales de las cavidades, anillos y vasos, facilitando de una manera sencilla una visualización espacial de los contornos límites de las estructuras cardíacas.

- **Más lejos de los límites esperados.** Es difícil pero no imposible que la ecocardiografía descubra caminos insospechados más allá de sus límites. En esta línea habría que comentar dos posibilidades futuras que podrían tener impacto real si se confirmase su posibilidad de aplicación clínica:
 - *Ecocardiografía en la detección de la fibrosis miocárdica.* Se ha descrito la posibilidad de utilizar una nueva técnica de ecocardiografía (e-Scar)⁽¹⁴⁾ para, con técnicas de cancelación de múltiples pulsos con ecocardiografía, detectar la presencia de fibrosis de manera similar como lo hace la cardi resonancia magnética con la detección del realce tardío con gadolinio. Los primeros resultados en un pequeño grupo de pacientes muestran que la ecocardiografía con esta técnica permite valorar el sitio de la escara miocárdica 30 días después del infarto y sin falsos negativos. Sin duda, la detección de la presencia y extensión de un infarto agudo de miocardio tiene mucha relevancia clínica. Obviamente, son estudios preliminares y deberá confirmarse su aplicación en otras situaciones como el infarto agudo transmural, pero sin duda, si se confirma este desarrollo, podrá significar un acercamiento de la ecocardiografía a los límites de la CRMN.
 - *Ecocardiografía en el cálculo directo de las presiones intracardiácas.* La técnica Doppler permite calcular en base al Teorema de Bernoulli las diferencias de presiones cardíacas, pero no las presiones intracavitarias por sí mismas. Algún grupo de trabajo ha demostrado que cuando se insona una burbuja de contraste, existe una relación indirecta entre la resonancia obtenida, a nivel de los subarmónicos (mitad de la frecuencia de emisión), y la presión donde está localizada la burbuja. Es decir, a más presión del ambiente donde se encuentra la burbuja, menos frecuencia de resonancia a nivel de los subarmónicos. Este hallazgo plantea que, estudiando las variaciones en la frecuencia de resonancia a nivel de los subarmónicos, se podría tener un método de estudio de las presiones intracardiácas. Esta tecnología conocida con el nombre de SHAPE⁽¹⁵⁻¹⁹⁾ (*subharmonic aided pressure estimation*) se ha validado experimental e inicialmente en clínica y si se confirmase la realidad de la misma, sería traspasar los límites de la ecocardiografía al cálculo real de las presiones intracardiácas.
- **La revolución de lo simple, la democracia en los ultrasonidos.** En mi opinión uno de los cambios más espectaculares que se van a producir en el futuro inmediato va a ser la popularización de los equipos portátiles de muy bajo costo con prestaciones limitadas, pero que pueden auxiliar al no cardiólogo en numerosas situaciones. La popularización de la ecocardiografía es un cambio en nuestra manera de ver al paciente que va a venir para quedarse. Sin duda, este futuro genera retos, oportunidades y peligros, y serán las sociedades científicas las que tengan que regular la buena práctica. No me queda la menor duda de que el futuro de la exploración del paciente en su primer contacto con el mundo de la medicina va a ser muy diferente al que se conoce ahora, probablemente para bien del paciente.

Prof. Miguel Ángel García Fernández
Catedrático de Imagen Cardíaca. Universidad Complutense de Madrid
Director RETIC

Referencias:

1. D'Hooge J, Heimdal A, Jamal F, et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000; 1: 154-170.
2. Dandel M, Hetzer R. Echocardiographic strain and strain rate imaging—clinical applications. *Int J Cardiol* 2009; 132: 11-24.
3. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/ EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24: 277-313.
4. Gorcsan J III, Tanaka H. Echocardiographic assessment of myocardial strain. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1401-1413.
5. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28: 1-39.
6. Collier, et al. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *JACC* 2017; 69 (8): 1043-1056.
7. Thavendiranathan P, Grant AD, Negishi T, et al. Reproducibility of echocardiographic techniques for sequential assessment of left ventricular ejection fraction and volumes: application to patients undergoing cancer chemotherapy. *J Am Coll Cardiol* 2013; 61 (1): 77-84.
8. Vukicevic M, et al. Cardiac 3D Printing and its Future Directions. *J Am Coll Cardiol Img* 2017; 10 (2): 171-184
9. Tsang W, Salgo IS, Medvedofsky D, et al. Real-Time Automated Transthoracic Three-Dimensional Echocardiographic Left Heart Chamber Quantification using an Automated Adaptive Analytics Algorithm. *JACC Cardiovasc Imaging* 2016; 9: 769-782.
10. Arujuna A, Housden R, Ma Y, et al. Novel system for real-time integration of 3D Echocardiography and fluoroscopy for image-guided cardiac interventions: preclinical Validation and clinical feasibility evaluation. *IEEE Journal of translational engineering in health and medicine* 2014; 2: 110.
11. Balzer J, Zeus T, Hellhammer K, et al. Initial clinical experience using the Echonavigator® – system during structural heart disease interventions. *World Journal of Cardiology* 2015; 26: 7562-7570.

12. Feldman T, Hellig F, Mollman H. Structural heart interventions: the state of the art and beyond. *Eurointervention* 2016; 12: 1-13.
13. García-Fernández M, De Agustín A, Pérez de Isla L. Eco-Xray fusion in left atrial appendage closure. *Revista Española de Cardiología* 2017; 70: 194.
14. Gaibazzi N, *et al.* Scar Detection by Pulse-Cancellation Echocardiography: Validation by CMR in Patients With Recent STEMI. *JACC Cardiovasc Imaging* 2016; 9: 1239-1251.
15. Gupta P, Eisenbrey J, Stanczak M, *et al.* Effect of Pulse Shaping on Subharmonic Aided Pressure Estimation In Vitro and In Vivo. *J Ultrasound Med* 2017; 36: 3-11.
16. Forsberg F, Liu JB, Shi WT, *et al.* In vivo pressure estimation using subharmonic contrast microbubble signals: proof of concept. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2005; 52: 581-583.
17. Dave JK, Halldorsdottir VG, Eisenbrey JR, *et al.* Noninvasive LV pressure estimation using subharmonic emissions from microbubbles. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012; 5: 87-92.
18. Dave JK, Halldorsdottir VG, Eisenbrey JR, *et al.* Subharmonic micro-bubble emissions for noninvasively tracking right ventricular pressures. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2012; 303: H126-H132.
19. Dave JK, Halldorsdottir VG, Eisenbrey JR, *et al.* Noninvasive LV pressure estimation using subharmonic emissions from microbubbles. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012; 5: 87-92.