

¿La fracción de eyección sigue teniendo vigencia cuando podemos evaluar la función ventricular con nuevos índices de deformación?

Is It Still Valid to Measure Ejection Fraction When There Are New Deformation Indices to Evaluate Ventricular Function?

Agonista

RICARDO A. MIGLIORE^{MTSAC, AFACC, 1}

La evaluación de la función ventricular izquierda sistólica y diastólica es uno de los motivos mas frecuentes por los cuales se solicita un estudio ecocardiográfico, debido a las potenciales implicaciones clínicas que puede tener sobre el tratamiento y el pronóstico de las diferentes cardiopatías.

Conceptualmente, la función sistólica depende de tres factores: la función del ventrículo izquierdo (VI), el acoplamiento con las arterias (cupla ventriculoarterial) y la volemia. En el caso particular de la función del VI, está determinada por la precarga, la poscarga, la contractilidad, la frecuencia cardíaca, la geometría ventricular y la sinergia de contracción. La interacción de estos factores determina el acortamiento de las fibras longitudinales y circunferenciales, con el consiguiente engrosamiento de la pared ventricular y la expulsión del volumen sistólico (VS). Un 14% de acortamiento de las fibras produce aproximadamente un 40% de engrosamiento de la pared ventricular. (1) Por lo tanto, el engrosamiento parietal y la reducción del volumen ventricular se relacionan en forma inversa: a mayor engrosamiento, menor volumen al final de la sístole con mayor VS y viceversa.

Se ha sugerido que varios índices relacionados con el acortamiento (Doppler tisular, *strain rate*) pueden estar alterados en presencia de fracción de eyección (Fey) normal. Sin embargo, todos esos índices están afectados por las condiciones de carga y la geometría ventricular además de la contractilidad. (2, 3)

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN SISTÓLICA

Las propiedades sistólicas del VI se pueden analizar a través de índices que reflejen el desempeño o *performance* ventricular, la función ventricular y la contractilidad. (4) El *desempeño* o *performance* evalúa al corazón como bomba y se puede estimar a partir del desarrollo de presión intraventricular, del volumen sistólico o integrando a ambos mediante el trabajo sistólico (presión × volumen). Los índices de *función ventricular* se refieren a la relación entre un parámetro de *performance* (VS, trabajo sistólico) y la precarga (vo-

lumen o presión de fin de diástole), determinando las clásicas curvas de Frank-Starling. El término “función ventricular” se ha expandido para incluir parámetros dependientes del acortamiento de las fibras, como la fracción de acortamiento endocárdica y mesoparietal, la Fey, el acortamiento longitudinal (modo M del anillo mitral lateral o ESPAM), el Doppler tisular (onda S), la deformación miocárdica (*strain*) y la velocidad de deformación miocárdica (*strain rate*). Muchos de estos índices se han considerado erróneamente como índices de contractilidad miocárdica, ya que todos son dependientes de la precarga y la poscarga, como también de la remodelación ventricular y la contractilidad. (5-9) Si las condiciones de carga, en especial la poscarga, se incorporan al análisis, estos índices se podrían usar como parámetros de contractilidad.

La *contractilidad* se refiere a la propiedad intrínseca de la fibra o del miocardio de poder contraerse y puede evaluarse a través de índices isovolumétricos (+dP/dt), de eyección (estrés parietal *vs.* acortamiento endocárdico) o funciones de fin de sístole (elastancia máxima). Se debe considerar que la +dP/dt es dependiente de cambios agudos de la precarga y la poscarga y la elastancia máxima, de cambios crónicos en el volumen y la masa ventricular. Debido a que la poscarga se relaciona en forma inversa con la eyección ventricular, establecer el acortamiento (Fey o fracción de acortamiento) más adecuado para el nivel de poscarga que presenta el VI parece ser la forma más adecuada de cuantificar la contractilidad. (4) Por lo tanto, un cambio en un parámetro de *performance* o de *función ventricular* puede deberse a una modificación en la *contractilidad* sólo si no puede atribuirse a variaciones en la precarga y la poscarga.

FRACCIÓN DE EYECCIÓN VERSUS ÍNDICES DE DEFORMACIÓN

La Fey se define como el VS normalizado al volumen de fin de diástole (VFD):

$$FE = VS / VFD$$

^{MTSAC} Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

^{AFACC} Associate Fellow of the American College of Cardiology

¹ Jefe de Procedimientos de Diagnóstico y Tratamiento, Servicio de Cardiología, Hospital Interzonal de Agudos “Eva Perón”, San Martín, Provincia de Buenos Aires

Se puede estimar en forma cuantitativa (método de Simpson, área – longitud o eco 3D) o en forma visual graduando su disminución en forma cualitativa como leve (hasta 45%), moderada (45-30%) y grave (< 30%) con reproducibilidad adecuada. Esta última modalidad permite obtener con rapidez la información al comienzo del estudio, que no es invalidado por una ventana acústica pobre ni requiere sincronización con el electrocardiograma. Además, los parámetros con los que se calcula permiten obtener información sobre la fisiopatología de la cardiopatía en estudio: la disminución de la Fey con VS normal se debe al incremento del VFD, lo que responde a un proceso de remodelación ventricular (Frank-Starling). Si el VS está disminuido y el VFD es normal, puede deberse a disminución de la contractilidad (miocarditis o isquemia aguda) o a pérdida de miocitos (infarto). Debido a que la Fey depende del movimiento endocárdico, está influida por la geometría ventricular, especialmente en la hipertrofia concéntrica, en la cual la disminución de los volúmenes ventriculares exagera el movimiento endocárdico, por lo que puede coexistir Fey normal con contractilidad disminuida. Sin embargo, en este grupo de pacientes no se ha podido demostrar correlación entre la disminución de inotropismo y el acortamiento longitudinal. (5)

Desde el punto de vista clínico, la Fey es el parámetro que se relaciona con la evolución y el pronóstico de los pacientes con insuficiencia cardíaca. Este hecho presupondría un modelo continuo, con una curva unimodal, dentro del cual la disminución paulatina de la Fey se acompañaría de mayor dilatación ventricular, remodelación y empeoramiento de los síntomas. Dentro de esta hipótesis, aquellos índices que se alteren en forma precoz (*strain rate*), incluso antes que la Fey, podrían ser de gran utilidad. Estudios recientes (10) han mostrado en pacientes con insuficiencia cardíaca de origen isquémico e hipertensivo que la Fey presenta una distribución bimodal, evidenciando dos patrones diferentes de remodelación ventricular que representan a la insuficiencia cardíaca con Fey preservada y con Fey disminuida. Dicho hallazgo clínico está en concordancia con la diferente respuesta que tienen estos dos grupos a la inhibición del sistema renina-angiotensina-aldosterona e implicarían dos fenotipos distintos en los pacientes con insuficiencia cardíaca, con mecanismos fisiopatológicos también diferentes. Por lo tanto, en los pacientes con insuficiencia cardíaca tendría mayor impacto clínico la determinación del grupo al cual pertenecen (Fey preservada o disminuida) que la detección de alteraciones subclínicas de la función ventricular.

La deformación o *strain* (ε) es el cambio relativo en la longitud (Δl) de un material normalizado a su longitud inicial (l_0): (11)

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

La velocidad de deformación o *strain rate* (SR) es la primera derivada del *strain* con respecto al tiempo:

$$SR = d\varepsilon / dt$$

En un principio se utilizó el Doppler tisular para evaluar el *strain* y el SR, pero luego se incorporó el análisis con eco 2D. En el ecocardiograma, la pared ventricular presenta un patrón de moteado con áreas ecolúcidas y ecorrefringentes que se forman como consecuencia de la interacción entre las ondas del ultrasonido reflejado. Cuando interactúan dos ondas en fase se suman sus amplitudes (área ecorrefringente) y cuando están desfasadas en 180°, se anulan (área ecolúcida). El análisis del moteado (*speckle*) de la pared ventricular permite localizar marcadores acústicos naturales denominados patrones de moteado o áreas de Kernel y seguir su desplazamiento mediante un análisis de correlación. La posición geométrica de cada marcador cambia cuadro a cuadro de acuerdo con el movimiento del miocardio (deformación o *strain*). En cuánto corresponde el cambio del moteado al acortamiento real de las fibras o al fenómeno físico de interacción de ondas todavía es tema de debate. (12)

Los índices de deformación tienen la ventaja de poder analizar la deformación global y regional del ventrículo, así como sus modificaciones en el tiempo, lo cual es de particular utilidad para evaluar la sincronía ventricular. A diferencia de la Fey, requiere una buena ventana acústica y una señal de ECG adecuada para poder realizar su posterior análisis, ya que no pueden obtenerse datos mientras se efectúa el ecocardiograma.

El SR estudia el engrosamiento de la pared ventricular en sus diferentes ejes (longitudinal, transversal y radial) y torsión, mientras que la Fey analiza el comportamiento de la reducción de la cámara como consecuencia del engrosamiento; por lo tanto, ambos procesos están íntimamente relacionados.

Para concluir, se puede afirmar que la Fey es el índice de función ventricular más utilizado por su valor clínico para establecer el diagnóstico, el pronóstico y evaluar el tratamiento en la mayoría de las cardiopatías. (13) Debido a la curva bimodal que presentan los pacientes con insuficiencia cardíaca de origen isquémico e hipertensivo, parece ser de mayor valor clínico determinar mediante la Fey a qué grupo pertenece el paciente (Fey preservada o disminuida) que detectar alteraciones subclínicas de la función ventricular. Los índices de deformación ventricular permiten acceder a parámetros de mecánica muscular en el dominio de tiempo a nivel regional y global, lo que representa un gran aporte al estudio de la función ventricular. Esta información no reemplaza a la Fey por las razones anteriormente expuestas, sino que aporta nuevos parámetros cuantitativos que amplían las posibilidades de analizar la función del VI.

BIBLIOGRAFÍA

1. Thomas JD, Popovic ZB. Assessment of left ventricular function by cardiac ultrasound. J Am Coll Cardiol 2006;48:2012-25.
2. Burns AT, La Gerche A, D'hooge J, Maclassar AL, Prior DL. Left ventricular strain and strain rate: characterization of the effect of load in human subjects. Eur J Echocardiogr 2010;11:283-9.
3. Burns AT, La Gerche A, Prior DL, Maclassar AL. Left ventricular

torsion parameters are affected by acute changes in load. *Echocardiography* 2010;27:407-14.

4. Migliore RA. Estructura y función sistólica del ventrículo izquierdo. En: Piñeiro D, Bustamante Labarta M, Guevara E, Migliore RA, Roisinblit J. *Ecocardiografía para la toma de decisiones clínicas*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2005.

5. Baicu CF, Zile MR, Aurigemma GP, Gaasch WH. Left ventricular systolic performance, function and contractility in patients with diastolic heart failure. *Circulation* 2005;111:2306-12.

6. Abraham TP, Laskowski C, Zhan WZ, Belohlavek M, Martin EA, Greenleaf JF, et al. Myocardial contractility by strain echocardiography: comparison with physiological measurements in an in vitro model. *Am J Physiol* 2003;285:H2599-604.

7. Rösner A, Bijnsens B, Hansen M, How OJ, Aarsaether E, Muller S, et al. Left ventricular size determines tissue Doppler-derived longitudinal strain and strain rate. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:271-7.

8. Andersen NH, Terkensen CJ, Sloth E, Poulsen SH. Influence of preload alterations on parameters of systolic left ventricular

long-axis function: a Doppler tissue study. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:941-7.

9. Migliore RA, Adaniya ME, Barranco M, Miramont G, Tamagusuku H. Relation between left ventricular systolic longitudinal function and contractility in severe aortic stenosis. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:B10.

10. Gaasch WH, Delorey DE, Kueffer FJ, Zile MR. Distribution of left ventricular ejection fraction in patients with ischemic and hypertensive heart disease and chronic heart failure. *Am J Cardiol* 2009;104:1413-5.

11. Dandel M, Lehmkuhl H, Knosalla Ch, Suramelashvili N, Hetzer R. Strain and strain rate imaging by echocardiography. Basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rev* 2009;5:133-48.

12. Weyman A. The year in echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:856-63.

13. Konstam MA, Kramer DG, Patel AR, Maron MS, Udelson JE. Left ventricular remodeling in heart failure. Current concepts in clinical significance and assessment. *J Am Coll Cardiol Img* 2011;4:98-108.

Antagonista

VÍCTOR DARÍ^{MTSAC, 1}

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la fracción de eyección (Fey) se ha consolidado como un parámetro accesible, reproducible y confiable en la cuantificación de la función sistólica ventricular y ha demostrado enorme valor en las decisiones asistenciales y como indicador pronóstico. Sin embargo, las excepciones a la linealidad entre la clase funcional y la Fey son numerosas y se sitúan a ambos lados de su espectro de valores.

Reconocemos múltiples ejemplos donde la Fey impresiona ser insuficiente para darnos información adecuada sobre la mecánica ventricular.

El síndrome de insuficiencia cardíaca con Fey preservada no sólo presenta una prevalencia creciente, sino que su mortalidad a largo plazo difiere poco de la observada en pacientes con Fey deprimida. (1)

El reconocimiento reciente como entidad clínica de la estenosis valvular aórtica grave con bajo gradiente y Fey normal sugiere que la mayoría de los cardiólogos han considerado hasta ahora que si la Fey es normal, los parámetros de expulsión seguramente también lo sean. Sin embargo, el problema diagnóstico del bajo gradiente radica en la descarga sistólica limitada (menor de 35/ml/lat/m²), pese a la Fey preservada. (2)

Los síntomas congestivos en la miocardiopatía hipertrófica se han explicado mediante el modelo didáctico clásico de disfunción diastólica, considerando que presentan Fey normal o incluso alta. Es difícil encontrar otro modelo de noxa que actúe con hiperfunción y 300 milisegundos después nos presente en diástole disfunción grave.

La reflexión inmediata entonces debería ser: ¿Es suficiente nuestra evaluación de función a partir del engrosamiento, que representa fundamentalmente la excursión radial? ¿El comportamiento de la cámara ventricular es reflejo fiel de lo que sucede a nivel de la fibra miocárdica? ¿Los parámetros globales son aplicables al análisis segmentario?

Frente a estas cuestiones debemos analizar los aportes de las nuevas tecnologías en ecocardiografía, que ayudan a obtener una visión más completa de la mecánica ventricular.

DE LA ANATOMÍA A LA FUNCIÓN

La disposición particular de las fibras musculares miocárdicas, longitudinales descendentes gruesas en el endocardio, circunferenciales en el mesocardio y predominantemente longitudinales en el epicardio con dirección opuesta al endocardio, permite una mecánica óptima, donde un 15-20% de disminución de la longitud del miocito logra un 40-60% de engrosamiento de la pared del VI y una Fey del 60%. Esto se obtiene a expensas de modificaciones de cada segmento en sentido longitudinal, circunferencial y radial. Asimismo, la contracción se acompaña de rotación horaria en los segmentos basales y de sentido contrario a nivel apical, generando una verdadera torsión a lo largo del eje longitudinal del ventrículo izquierdo. (3)

Las técnicas basadas en el efecto Doppler aplicadas a la pared miocárdica facilitan el análisis regional de la contracción, donde se puede analizar:

MTSAC Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

¹ Cardiodiagnóstico - Investigaciones Médicas y Sanatorio Trinidad Mitre

- Excursión (*tissue tracking*).
- Velocidad de desplazamiento (Doppler tisular).
- Deformación (*strain* y *strain rate*).

El *Doppler tisular* se obtiene mediante filtros que eliminan las señales del flujo sanguíneo y expresa la velocidad y el sentido del desplazamiento miocárdico. Se puede evaluar localmente como Doppler pulsado o integrando las distintas velocidades miocárdicas con el Doppler tisular color, que permite además la evaluación en posproceso de las velocidades miocárdicas y de los parámetros que de ellas se derivan. El *strain* analiza la deformación que sufre cada segmento durante la contracción, que se considera negativa (acortamiento) en sentido longitudinal y circunferencial y positiva en sentido radial (engrosamiento). El *strain rate* expresa la velocidad con que se efectúa dicha deformación en las distintas fases del ciclo cardíaco.

Los parámetros dependientes de efecto Doppler son afectados por el ángulo de interrogación, situación que limita su aplicación en los segmentos apicales y en la pared de ventrículos esféricos.

Frente a este problema hoy disponemos de la técnica del *speckle tracking*, que a partir de la información derivada del reconocimiento y el seguimiento de marcadores acústicos en la pared miocárdica puede analizar el movimiento parietal en forma independiente del ángulo de interrogación. El *strain* 2D permite tanto el estudio de la deformación (longitudinal, radial y circunferencial) como de la rotación, la torsión y la velocidad de destorsión.

Los nuevos transductores matriciales permiten la captura del volumen completo del ventrículo izquierdo con alta resolución, de modo que puede efectuarse el seguimiento tridimensional de los marcadores acústicos; de tal forma, se puede analizar la deformación tanto con los patrones arriba descritos como con nuevos parámetros, como el *área strain* (deformación circunferencial y longitudinal de un área de miocardio determinada, endocárdica o mesocárdica), actualmente en vías de validación.

APLICACIONES CLÍNICAS

El diagnóstico diferencial entre la hipertrofia del deportista y la miocardiopatía hipertrófica a menudo es difícil. Frente al ejercicio, la adaptación miocárdica logra una contracción más eficiente con mayor deformación de los segmentos basales del *septum* respecto de los individuos normales, situación que difiere notoriamente de los hallazgos en la miocardiopatía hipertrófica. (4)

Los pacientes con cardiopatía hipertensiva presentan reducción del *strain* aun antes del deterioro de la Fey. (5) Esta alteración de la deformación longitudinal comienza en el *septum* basal y se hace más extensa a medida que el paciente progresa en clase funcional. La deformación radial, circunferencial y la Fey se reducen en CF III y IV.

La miocardiopatía hipertrófica reduce la deformación especialmente en el *septum* y en los segmentos

basales, en función del desarreglo fibrilar y de la fibrosis intersticial, (6) donde el 45% de los pacientes con el fenotipo presentan estiramiento sistólico paradójico de por lo menos un segmento. (7) Se observa una horizontalización de los vectores de contracción, de manera que la deformación longitudinal se encuentra reducida, el *strain* circunferencial aumenta, hay heterogeneidad en la deformación en distintos segmentos y se exageran la rotación apical y la torsión. (8)

La torsión es fundamental para establecer durante la sístole una carga de energía potencial en las fuerzas de restauración que al liberarse en diástole facilitan la succión y el llenado ventricular rápido. (9) La reducción de la velocidad de destorsión diastólica facilita la insuficiencia cardíaca aun con Fey preservada.

La sobrecarga de volumen vinculada a insuficiencia mitral o aórtica plantea dificultades en la interpretación de la disfunción ventricular y la oportunidad quirúrgica del paciente asintomático. La reducción de la Fey es un indicador probablemente tardío de disfunción ventricular, considerando un nivel inferior de normalidad (60%) superior al de la población libre de enfermedad valvular. En este grupo interesa desenmascarar la disfunción ventricular subclínica, superar las limitaciones de la Fey impuestas por las condiciones de cargas y predecir el deterioro posoperatorio de la función ventricular.

Lancelotti y colaboradores demostraron en un grupo de 70 pacientes asintomáticos con insuficiencia mitral orgánica que los que requirieron tratamiento quirúrgico presentaban (a niveles similares de Fey) un *strain* longitudinal menor en reposo y un incremento menor del *strain* con el ejercicio que los que evolucionaron adecuadamente con el tratamiento médico, diferencia que se hizo más notable en los pacientes con disfunción ventricular posoperatoria. (10)

La evaluación de Fey en pacientes sometidos a quimioterapia se encuentra en plena revisión. Los controles con biopsia endomiocárdica muestran que el daño miocárdico puede ser temprano y sugieren la baja sensibilidad de la Fey para su detección precoz. Jurcut y colaboradores, en un estudio piloto de aplicación de doxorrubicina liposómica, detectaron modificaciones del *strain* radial y longitudinal en los primeros ciclos de tratamiento, sin modificación de la Fey. (11) Ganame y colaboradores estudiaron una población pediátrica que había recibido tratamiento con antraciclina en dosis menores de 300 mg/m², y hallaron que, a pesar de la Fey normal ($64 \pm 6\%$), tanto las velocidades anulares como el *strain* radial y el longitudinal se encontraban reducidos y el índice de Tei (función global), prolongado. (12) Aún debe establecerse si estos hallazgos justifican el inicio precoz de tratamiento con betabloqueantes, IECA o anticitotóxicos para evitar el daño miocárdico no reversible y si los parámetros de deformación deben reemplazar en forma sistemática a la Fey como método de detección temprana de cardiotoxicidad.

Choy y colaboradores detectaron con *strain* 2D en reposo a aquellos pacientes con lesión grave de tres

vasos o de tronco de coronaria izquierda, con Fey y motilidad parietal normales, identificados por un valor de *strain* longitudinal menor de -17,8%, con sensibilidad y especificidad del 79%. (13)

En relación con la evaluación posinfarto, el *strain* longitudinal fue más preciso que la Fey y el volumen de fin de sístole y comparable al puntaje de motilidad parietal para predecir el tamaño del infarto al inicio de la internación. (14)

El *strain* 2D ha permitido separar el infarto transmural del subendocárdico, que presenta niveles más bajos de *strain* longitudinal y circunferencial, correlacionando con el porcentaje de captación tardía de gadolinio en la RMC. (15)

Otros estudios han demostrado que un *strain* longitudinal mayor de -4,5% discrimina los segmentos con miocardio viable de aquellos con cicatriz transmural con una sensibilidad y una especificidad del 81%. (16)

Nuestro grupo ha planteado del valor del *strain* 2D longitudinal para el diagnóstico de isquemia miocárdica durante el apremio con dipiridamol, con mayor sensibilidad que el análisis de motilidad parietal y comparable a la reserva coronaria por Doppler transtorácico. (17)

Stanton y colaboradores han demostrado en una serie no seleccionada de pacientes que el *strain* 2D le agrega valor pronóstico adicional a los datos clínicos (edad, diabetes e hipertensión arterial) con mayor valor predictivo de sobrevida que el agregado de la Fey. Un *strain* longitudinal global de -12% fue equivalente a una Fey del 35% para la predicción de mortalidad. (18)

Wang y colaboradores analizaron parámetros de deformación en pacientes con insuficiencia cardíaca y Fey preservada o deteriorada. Los pacientes con falla diastólica presentaban una Fey similar a los controles, con reducción del *strain* longitudinal y radial, con *strain* circunferencial y rotación conservados. El *strain* longitudinal permitió separar a los pacientes con falla diastólica de los controles con valores de Fey normales similares. En los pacientes con depresión de la Fey se alteró la deformación en los tres sentidos y se redujo significativamente la torsión. (19)

Dokainish y colaboradores evaluaron pacientes con disnea y Fey mayor del 50%. Los pacientes con PFDVI > 20 mm Hg presentaban menor velocidad sistólica a nivel del anillo mitral, menor *strain* y *strain rate* sistólico, con valores de Fey y dp/dt medida en forma invasiva similares a los pacientes con PFDVI < 20 mm Hg. (20) Es aquí evidente que los parámetros de deformación fueron más útiles que los preeyectivos y eyectivos.

En pacientes portadores de amiloidosis AL, con ecocardiograma y Fey normales, el Doppler tisular demostró menor *strain* y *strain rate* respecto de los controles. (21)

El diagnóstico diferencial entre miocardiopatía restrictiva y pericarditis constrictiva siempre es difícil, y en ausencia de engrosamiento y evidente calcificación pericárdica depende del hallazgo de una variación respiratoria anormal en las velocidades de flujos, que pierde especificidad en caso de aumento de

resistencia de la vía aérea. Los pacientes con pericarditis constrictiva presentan una reducción acentuada tanto de la deformación circunferencial como de la rotación, limitadas por la adhesión pericárdica, mientras que en la miocardiopatía restrictiva predomina la reducción del *strain* longitudinal. (22)

Esta somera descripción de las aplicaciones de las nuevas tecnologías ecocardiográficas nos sugiere que el análisis de la deformación miocárdica permite que superemos las limitaciones diagnósticas y pronósticas de la Fey y amplíemos nuestra interpretación de la mecánica ventricular.

La incorporación del *speckle tracking*, que permite un estudio rápido y eficiente de las distintas formas de *strain* y rotación, nos ha permitido trasladar el concepto de deformación del laboratorio experimental a los estudios asistenciales y en un futuro cercano serán rutina de la práctica clínica diaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Owan TE, Hodge DO, Herges RM, Jacobsen SJ, Roger VL, Redfield MM. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction. *N Engl J Med* 2006;355:251-9.
2. Dumesnil JG, Pibarot P, Carabello B. Paradoxical low flow and/or low gradient severe aortic stenosis despite preserved left ventricular ejection fraction: implications for diagnosis and treatment. *Eur Heart J* 2010;31:281-9.
3. Sengupta PP, Korinek J, Belohlavek M, Narula J, Vannan MA, Jhangir A, et al. Left ventricular structure and function: basic science for cardiac imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1988-2001.
4. Saghir M, Areces M, Makan M. Strain rate imaging differentiates hypertensive cardiac hypertrophy from physiologic cardiac hypertrophy (athlete's heart). *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:151-7.
5. Kosmala W, Plaksej R, Strotmann JM, Weigel C, Herrmann S, Niemann M, et al. Progression of left ventricular functional abnormalities in hypertensive patients with heart failure: an ultrasonic two-dimensional speckle tracking study. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1309-17.
6. Serri K, Reant P, Lafitte M, Berhouet M, Le Bouffos V, Roudaut R, et al. Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain: application in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1175-81.
7. Afonso LC, Bernal J, Bax JJ, Abraham TP. Echocardiography in hypertrophic cardiomyopathy: the role of conventional and emerging technologies. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:787-800.
8. Carasso S, Yang H, Woo A, Vannan MA, Jamorski M, Wigle ED, et al. Systolic myocardial mechanics in hypertrophic cardiomyopathy: novel concepts and implications for clinical status. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:675-83.
9. Sengupta PP, Tajik AJ, Chandrasekaran K, Khandheria BK. Twist mechanics of the left ventricle: principles and application. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:366-76.
10. Lancellotti P, Cosyns B, Zacharakis D, Attenu E, Van Camp G, Gach O, et al. Importance of left ventricular longitudinal function and functional reserve in patients with degenerative mitral regurgitation: assessment by two-dimensional speckle tracking. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1331-6.
11. Jurcut R, Wildiers H, Ganame J, D'hooge J, De Backer J, Denys H, et al. Strain rate imaging detects early cardiac effects of pegylated liposomal doxorubicin as adjuvant therapy in elderly patients with breast cancer. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1283-9.
12. Ganame J, Claus P, Uytendaele A, Renard M, D'hooge J, Bijnen B, et al. Myocardial dysfunction late after low-dose anthracycline

treatment in asymptomatic pediatric patients. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:1351-8.

13. Choi JO, Cho SW, Song YB, Cho SJ, Song BG, Lee SC, et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:695-701.

14. Munk K, Andersen NH, Nielsen SS, Bibby BM, Bøtker HE, Nielsen TT, et al. Global longitudinal strain by speckle tracking for infarct size estimation. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:156-65.

15. Chan J, Hanekom L, Wong C, Leano R, Cho GY, Marwick TH. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:2026-33.

16. Roes SD, Mollema SA, Lamb HJ, van der Wall EE, de Roos A, Bax JJ. Validation of echocardiographic two-dimensional speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 2009;104:312-7.

17. Lowenstein J, Darú V, Amor M, Carlessi A, Zambrana G, Descalzo M y col. Análisis simultáneo del strain 2D, de la reserva coronaria y de la contractilidad parietal durante el eco estrés con dipiridamol. Resultados comparativos. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:499-506.

18. Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2:356-64.

19. Wang J, Khoury DS, Yue Y, Torre-Amione G, Nagueh SF. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure. *Eur Heart J* 2008;29:1283-9.

20. Dokainish H, Sengupta R, Pillai M, Bobek J, Lakkis N. Assessment of left ventricular systolic function using echocardiography in patients with preserved ejection fraction and elevated diastolic pressures. *Am J Cardiol* 2008;101:1766-71.

21. Bellavia D, Pellikka PA, Abraham TP, Al-Zahrani GB, Dispenzieri A, Oh JK, et al. Evidence of impaired left ventricular systolic function by Doppler myocardial imaging in patients with systemic amyloidosis and no evidence of cardiac involvement by standard two-dimensional and Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 2008;101:1039-45.

22. Sengupta PP, Krishnamoorthy VK, Abhayaratna WP, Korinek J, Belohlavek M, Sundt TM 3rd, et al. Disparate patterns of left ventricular mechanics differentiate constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:29-38.

Además, con tratamiento adecuado, los pacientes con Fey disminuida pueden presentar remodelación inversa y aquellos con Fey preservada no, por lo que genera dudas si la "linealidad" entre un parámetro de función sistólica y la CF sería de utilidad en la práctica clínica, más allá del lógico interés, que comparto, de profundizar en el conocimiento de la mecánica cardíaca.

Un punto para destacar es que la mayoría de los trabajos citados en los que se aplican las nuevas tecnologías tienen en su título una referencia a la Fey: IC con Fey preservada, estenosis aórtica con bajo flujo y Fey preservada, indicación de cardiodesfibrilador en pacientes con Fey < 35%, lo cual señala la vigencia de la Fey y la necesidad de incorporarla para definir grupos de pacientes con distinta presentación ó evolución clínica.

Se hace referencia a varios trabajos que señalan alteraciones precoces del *strain* con respecto a la Fey. En algunos de ellos, el *strain* se relacionó inversamente con el estrés de fin de sístole (Kosmala) y con la presión sistólica (Dokainish), lo que destaca la dependencia de la poscarga que tiene cualquier índice que evalúe acortamiento de la fibra. Por lo tanto, dicho hallazgo no indica necesariamente contractilidad disminuida, debiendo compararse contra dicha relación en individuos normales. Por lo tanto, la "función muscular" disminuida no necesariamente presagia contractilidad disminuida.

Un aporte significativo de los nuevos índices es la detección precoz de disfunción sistólica en el tratamiento con quimioterapia y en la insuficiencia mitral, ya que tendría implicaciones terapéuticas independientemente del valor de la Fey.

Como conclusión deseo expresar que la Fey sigue estando vigente para evaluar la función ventricular y que en escenarios clínicos que todavía están por determinarse se le podrán acoplar en un futuro índices de deformación que le agreguen valor pronóstico.

Dr. Ricardo A. Migliore^{MTSAC, AFACC}

RÉPLICA DEL AGONISTA

Coincido en las apreciaciones que manifiesta el Dr. Darú sobre la utilidad de la fracción de eyección (Fey) y su valor pronóstico. Sin embargo, se interpreta como una debilidad la falta de linealidad entre la Fey y la capacidad funcional (CF, NYHA). Es conveniente aclarar que la capacidad funcional expresada por disnea (NYHA) en la insuficiencia cardíaca (IC) está determinada por el grado de disfunción diastólica y no de disfunción sistólica; por eso es esperable ver un paciente con miocardiopatía dilatada y Fey del 25% en CF I con patrón de llenado diastólico de relajación prolongada y un paciente hipertenso con hipertrofia concéntrica, Fey del 60% en CF III-IV con patrón seudonormal o restrictivo. Como ya mencioné en la primera parte, los pacientes con IC y Fey preservada o disminuida representan dos fenotipos diferentes en cuanto a la respuesta al sistema renina-angiotensina-aldosterona y patrones de geometría ventricular.

RÉPLICA DEL ANTAGONISTA

La evaluación de la fracción de eyección (Fey) presenta méritos innegables, con fácil disponibilidad y un enorme valor diagnóstico y pronóstico.

Su determinación está sujeta a diversos errores. Algunos de ellos son técnicos y pasan por la dificultad en el alineamiento inadecuado de las vistas ecocardiográficas, que por otra parte no son ortogonales y asumen modelos geométricos que no siempre son adecuados. Parte de estas limitaciones se pueden superar utilizando el eco 3D con vistas triplanares o del volumen completo, con excelente correlación con volúmenes y Fey obtenidos con resonancia magnética, sin la subestimación sufrida por el eco 2D.

Entendemos que no es aceptable la evaluación subjetiva y que la Fey siempre debe cuantificarse utilizando los protocolos de medición disponibles en todos los equipos actuales.

Más allá de los aspectos técnicos, la Fey presenta limitaciones en la interpretación de la función, ya que, como resalta el Dr. Migliore, su dependencia del movimiento endocárdico explica la obtención de valores normales con contractilidad disminuida en pacientes con hipertrofia ventricular, sobrecarga de volumen y otras patologías.

Coincidimos en la influencia de las cargas tanto en los parámetros de deformación como en la Fey, pero insistimos en que el avance de alto valor asistencial que proveen estas nuevas técnicas es fundamentalmente permitirnos incorporar el concepto de deformación, que facilita una interpretación mucho más profunda de la mecánica ventricular y permite además efectuar cuantificaciones no sólo globales, sino regionales, objetivas y reproducibles.

La Fey tiene un valor clínico innegable, probablemente no podemos reemplazarla. Sin embargo, debemos conocer sus numerosas limitaciones y reinterpretar la función miocárdica considerando en dichos casos los nuevos parámetros de deformación.

El compromiso del *strain* longitudinal es precoz en muchas condiciones patológicas habituales y precede a la alteración de la Fey. Si nuestro mecanismo de pensamiento se limita sólo a la Fey, podemos perder la opción de un diagnóstico temprano. Los nuevos parámetros nos facilitan un entendimiento más integral de la fisiopatología que nos permitirá una terapéutica más eficiente. Nos ayudan a ver mejor donde miramos.

Dr. Víctor Darú^{MTSAC}