

Correlación entre fracción de eyección del ventrículo izquierdo y *strain longitudinal global* en pacientes con hipertensión arterial

Hugo Villarroel-Ábrego¹, Raúl Garillo², Juan Carlos González-Suero³, Elaine Núñez Ayala⁴

Resumen

Introducción. El pronóstico en pacientes con enfermedad estructural cardiovascular depende en gran manera de la calidad de la función ventricular izquierda. La fracción de expulsión del ventrículo izquierdo (FEVI) no es un auténtico valor de contractilidad miocárdica y depende mucho de las condiciones de precarga y postcarga. La deformación miocárdica (*strain*) se convertiría en un indicador mucho más temprano y sensible de falla cardíaca. Este estudio buscará la discordancia o *mismatch* que, al menos de manera temporal, podría haber entre los valores de FEVI y de *strain longitudinal global* (SLG), en pacientes afectados de hipertensión arterial.

Objetivos. a) Establecer incidencia de discordancia entre los valores de FEVI y el valor de SLG, valorados por ecocardiografía; b) valorar la concordancia de los dos parámetros (FEVI y SLG) para el diagnóstico de disfunción ventricular; c) buscar el coeficiente de correlación (r) entre FEVI y SLG.

Métodos. Estudio prospectivo, descriptivo y analítico de pacientes hipertensos vistos consecutivamente en los laboratorios de ecocardiografía participantes con criterios de inclusión y de exclusión. Se midieron las siguientes variables, promedio de 3 mediciones de acuerdo con las Recomendaciones para la cuantificación de cavidades cardíacas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía en conjunto con la Asociación Europea de Imágenes Cardiovasculares. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre FEVI y SLG y se cuantificó la concordancia de los dos métodos de diagnóstico con el coeficiente *kappa*.

Resultados. Se reclutaron 59 pacientes hipertensos consecutivos en El Salvador y en República Dominicana, 33 del sexo masculino (55,9%) y 26 del femenino (44,1%). El promedio de edad fue de $62,6 \pm 15,2$ años. Treinta pacientes (50,8%) presentaron hipertrofia ventricular izquierda. La FEVI promedio fue del 60,27%, y la media de SLG fue del -18,44%. La FEVI se reportó anormal en 10 pacientes (16,9%) versus 23 reportes de SLG subnormal (39%). Se encontró discordancia entre FEVI y SLG en 22 pacientes (37,3%), sólo en 2 (9,1%) de estos pacientes había geometría normal. El coeficiente de correlación de Pearson (r) entre FEVI y SLG fue 0,475. Se cuantificó concordancia de los dos métodos de diagnóstico con el coeficiente *kappa*, encontrándose una concordancia de 0,154 (SE=0,083), que para un intervalo de confianza (CI) de 95% fue calificada como “pobre”.

Conclusión. La hipertrofia cardíaca plantea un nuevo escenario donde la relación entre FEVI y contractilidad se ha perdido y se hace necesaria una medición más directa del estado del músculo cardíaco para anticipar deterioros de mayor severidad.

Insuf Card 2018;13(2):57-66

Palabras clave: Hipertensión arterial - Fracción de eyección del ventrículo izquierdo - *Strain longitudinal global* - Insuficiencia cardíaca

¹ Médico internista, cardiólogo ecocardiografista. Facultad de Medicina. Universidad Salvadoreña “Alberto Masferrer” (U.S.A.M.). Hospital de Diagnóstico Escalón. San Salvador. El Salvador.

² Médico cardiólogo universitario. Profesor adjunto de Fisiología. Facultad de Ciencias Médicas. Pontificia Universidad Católica Argentina. Buenos Aires. República Argentina.

³ Médico cardiólogo ecocardiografista. Coordinador *Fellowship* Ecocardiografía Hospital Regional Universitario Presidente Estrella Ureña. Santiago de los Caballeros. República Dominicana.

⁴ Médica cardióloga y electrofisióloga. CEDIMAT. Santo Domingo. República Dominicana.

Correspondencia: Dr. Hugo Villarroel-Ábrego.

Plaza Villavicencio, Segundo Nivel Local 12, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador, C.A.

Email: h_villarroel@yahoo.com.

Recibido: 17/03/2018

Aceptado: 24/05/2018

Summary

Correlation between left ventricular ejection fraction and global longitudinal strain in patients with arterial hypertension

Introduction. The prognosis in patients with structural cardiovascular disease depends largely on the quality of left ventricular function. The ejection fraction of the left ventricle (LVEF) is not a true value of myocardial contractility and depends a lot on preload and afterload conditions. The myocardial deformation (strain) would become a much earlier and sensitive indicator of heart failure. This study will look for discordance or mismatch that, at least temporarily, could be between the values of LVEF and global longitudinal strain (GLS), in patients affected by arterial hypertension.

Objectives. a) To establish the incidence of discordance between LVEF values and the GLS value, assessed by echocardiography; b) to assess the concordance of the two parameters (LVEF and GLS) for the diagnosis of ventricular dysfunction; c) search the correlation coefficient (r) between LVEF and SLG.

Methods. Prospective, descriptive and analytical study of hypertensive patients seen consecutively in the participating echocardiography laboratories with inclusion and exclusion criteria. The following variables were measured, average of 3 measurements according to the Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. The Pearson correlation coefficient (r) between LVEF and GLS was used and the concordance of the two diagnostic methods with the kappa coefficient was quantified.

Results. Fifty-nine consecutive hypertensive patients were recruited in El Salvador and in the Dominican Republic, 33 male (55.9%) and 26 female (44.1%). The average age was 62.6 ± 15.2 years. Thirty patients (50.8%) presented left ventricular hypertrophy. The average LVEF was 60.27%, and the average GLS was -18.44%. LVEF was reported abnormal in 10 patients (16.9%) versus 23 reports of subnormal GLS (39%). There was disagreement between LVEF and GLS in 22 patients (37.3%), only in 2 (9.1%) of these patients had normal geometry. The Pearson correlation coefficient (r) between LVEF and GLS was 0.475. The concordance of the two diagnostic methods with the kappa coefficient was quantified, finding a concordance of 0.154 (SE = 0.083), which for a confidence interval (CI) of 95% was classified as "poor".

Conclusion. Cardiac hypertrophy poses a new scenario where the relationship between LVEF and contractility has been lost and a more direct measurement of the heart muscle's condition is necessary to anticipate more severe deterioration.

Keywords: Hypertension - Left ventricular ejection fraction - Global longitudinal strain - Heart failure

Resumo

Correlação entre fração de ejeção do ventrículo esquerdo e strain longitudinal global em pacientes com hipertensão arterial

Introdução. O prognóstico em pacientes com doença cardiovascular estrutural depende em grande parte da qualidade da função ventricular esquerda. A fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) não é um valor verdadeiro da contratilidade miocárdica e depende muito das condições de pré-carga e pós-carga. A deformação miocárdica (strain) se tornaria como um indicador muito mais precoce e sensível de insuficiência cardíaca. Este estudo pesquisará a discordância ou mismatch que, ao menos temporariamente, poderia estar entre os valores da FEVE e do strain longitudinal global (SLG), em pacientes com hipertensão arterial.

Objetivos. a) Estabelecer a incidência de discordância entre os valores da FEVE e o valor do SLG, avaliado pelo ecocardiograma; b) avaliar a concordância dos dois parâmetros (FEVE e SLG) para o diagnóstico de disfunção ventricular; c) procurar o coeficiente de correlação (r) entre a FEVE e o SLG.

Métodos. Estudo prospectivo, descritivo e analítico de pacientes hipertensos atendidos consecutivamente nos laboratórios ecocardiográficos participantes com critérios de inclusão e exclusão. Foram medidas as seguintes variáveis, média de 3 medições de acordo com as Recomendações para quantificar as câmaras cardíacas da Sociedade Americana de Ecocardiografia, em conjunto com a Associação Europeia de Imagens cardiovasculares. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre FEVE e SLG e quantificou-se a concordância dos dois métodos diagnósticos com o coeficiente kappa.

Resultados. Cinquenta e nove pacientes consecutivos hipertensos foram recrutados em El Salvador e na República Dominicana, 33 do sexo masculino (55,9%) e 26 do sexo feminino (44,1%). A idade média foi de $62,6 \pm 15,2$ anos. Trinta pacientes (50,8%) apresentavam hipertrofia ventricular esquerda. A FEVE média foi de 60,27% e a média SLG foi de -18,44%. A FEVE foi relatada como anormal em 10 pacientes (16,9%) versus 23 relatos de SLG subnormal (39%). Houve discordância entre FEVE e SLG em 22 pacientes (37,3%), apenas em 2 (9,1%)

desses pacientes havia geometria normal. O coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a FEVE e o SLG foi de 0,475. A concordância foi quantificada dos dois métodos diagnósticos com o coeficiente kappa, encontrando uma concordância de 0,154 ($SE = 0,083$) do que para um intervalo de confiança (IC) de 95% foi classificado como “pobre”.

Conclusão. A hipertrofia cardíaca representa um novo cenário onde a relação entre FEVE e contratilidade foi perdida e uma medida mais direta da condição do músculo cardíaco é necessária para antecipar deterioração mais grave.

Palavras-chave: Hipertensão - Fração de ejeção do ventrículo esquerdo - Strain longitudinal global - Insuficiência cardíaca

Introducción

El pronóstico en pacientes con enfermedad estructural cardiovascular depende de gran manera de la calidad de la función ventricular izquierda¹. Como no existen al momento procedimientos de diagnóstico que permitan la medición directa de la contractilidad miocárdica *in vivo*, en tiempo real, diversas técnicas de valoración del rendimiento mecánico ventricular han sido desarrolladas. Como la función esencial del corazón es garantizar el bombeo efectivo de un volumen sanguíneo por unidad de tiempo: gasto cardíaco (GC), resulta evidente que cuantificar el volumen bombeado en cada sístole: volumen sistólico (VS) podría ser un buen indicador de eficiencia ventricular, en especial, al corregir ese volumen por la superficie corporal: índice sistólico (IS). Si en vez de medir el VS, se calcula qué porcentaje de toda la sangre acumulada al final de la

diástole en el ventrículo es efectivamente expulsada, emerge el concepto de fracción de eyección o expulsión del ventrículo izquierdo (FEVI), y se ha establecido que un valor inferior al 53% sería considerado anormal².

La FEVI no es un auténtico valor de contractilidad miocárdica y depende mucho de las condiciones de precarga y postcarga³. De hecho, la contractilidad está más en relación directa con la pendiente de la curva de elastancia telesistólica (Figura 1).

Se ha propuesto al *strain* (deformación) del miocardio como una mejor y más sensible herramienta para valorar la contractilidad, siendo la medición del *strain* miocárdico, desde hace poco más de una década, técnicamente factible de modo no invasivo, gracias a técnicas avanzadas de ecocardiografía (ECO)⁴. Al medir el acortamiento longitudinal de las fibras miocárdicas (*strain* sistólico, siempre expresado en valores porcentuales negativos) podremos tener una apreciación

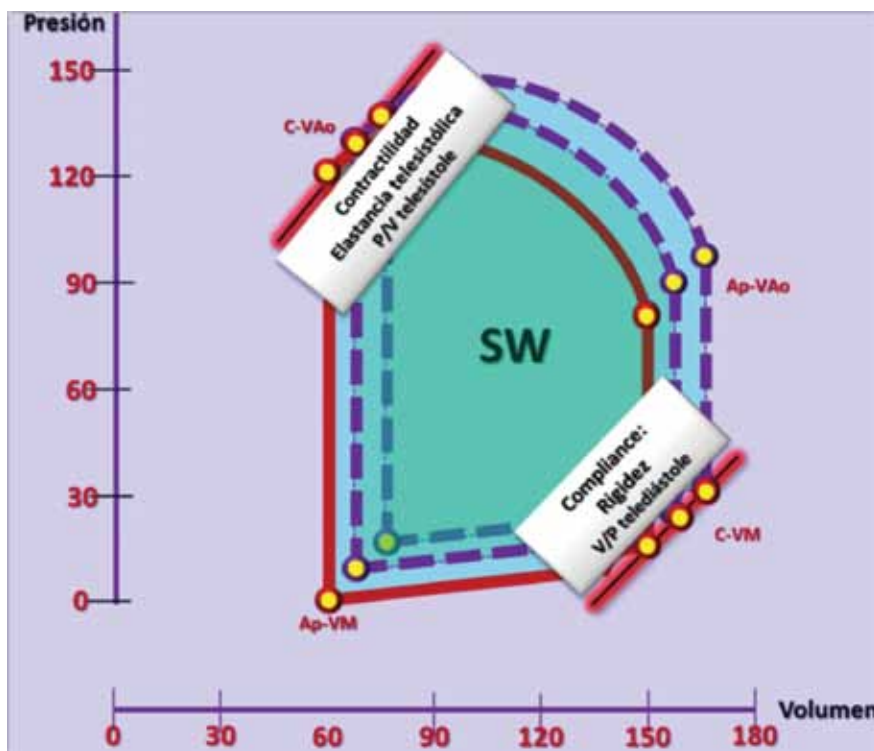


Figura 1. Curva presión-volumen del ventrículo izquierdo. Ante diferentes condiciones de presión y volumen al fin de la sístole (justo antes del cierre de la válvula aórtica: C-VAo) se puede dibujar una línea de pendiente que representa a la elastancia (también telesistólica), que corresponde cercanamente a la contractilidad miocárdica.

P: presión. V: volumen. SW: trabajo sistólico. Ap-VAo: apertura de válvula aórtica. C-VM: cierre de válvula mitral. Ap-VM: apertura de válvula mitral.

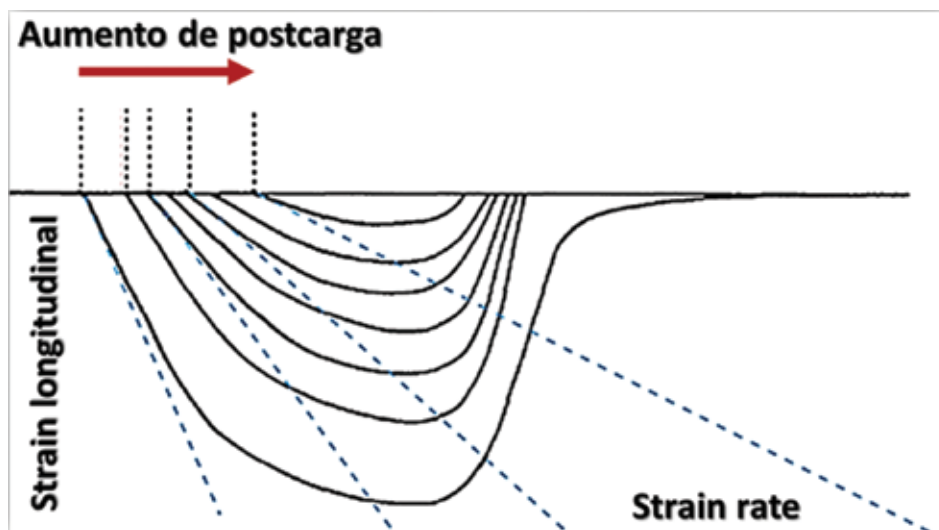


Figura 2. A medida que se incrementa la postcarga el *strain* longitudinal y el *strain rate* se van reduciendo y retrasando, respectivamente. Adaptado de “What does strain and strain rate actually measure? The relation between function imaging and physiology - contractility, load, work and phases of the heart cycle. Asbjørn Støylen.

objetiva y reproducible de la calidad de la contracción global y, por ende, de la contractilidad y la función sistólica, en especial al valorar la deformación longitudinal subendocárdica (SLG). Sin embargo, el *strain* y el *strain rate* (velocidad de deformación) dependen también de la carga⁵ (Figura 2), guardando una relación inversa entre sí. Repetidas veces se ha demostrado que el *strain* comienza a decaer en paralelo al declive de la función sistólica mucho antes que se vea afectada la FEVI, por lo que se convertiría en un indicador mucho más temprano y sensible de falla cardíaca, resultando ser la FEVI reducida un estadio avanzado de enfermedad. A pesar de diferencias entre plataformas tecnológicas, un SGL menos negativo de -18% debería ser considerado indicador de disfunción sistólica².

En pacientes con hipertensión arterial existe, sobre todo si no hay un control óptimo, un proceso de remodelado progresivo, mediado por la activación de protooncogenes y factores neurohumorales y también puramente hemodinámicos⁶. Es típico que el aumento en el grosor relativo de las paredes (GPR) y la masa ventricular izquierda (MVI) sea el resultado de años de estrés mecánico y neurohumoral, pero el impacto que este remodelado tiene sobre las propiedades contráctiles del miocardio no es valorable por cambios en la FEVI, que evalúa tan sólo cambios porcentuales de volúmenes intracavitarios y no es una herramienta confiable en ventrículos con hipertrofia concéntrica⁷. Por otra parte, pacientes con insuficiencias valvulares de moderado o severo impacto hemodinámico pueden tener FEVI “normal”, o aun discretamente elevada, al vaciarse el ventrículo a una cámara de baja presión como el atrio, en vez de hacerlo hacia la aorta⁸. El SLG se considera particularmente sensible a la isquemia subendocárdica y a las sobrecargas hemodinámicas incipientes, cuando la FEVI aún no se ha visto afectada⁹. También hay datos robustos derivados de un extenso metaanálisis (Kalam

y colaboradores) que indican la superioridad del SLG sobre la FEVI en la predicción de eventos cardiovasculares mayores¹⁰.

A pesar de todo lo anterior, la disfunción sistólica subclínica diagnosticada por *strain* no es objetivo terapéutico en la actualidad. Sin embargo, en pacientes con cardiomiopatía asociada al uso de quimioterapia antineoplásica hay consenso que, la detección temprana de la cardiotoxicidad debe hacerse valorando el *strain* en primer lugar, sin esperar a la caída de la FEVI para confirmar la lesión cardíaca¹¹. Otras estrategias de manejo en falla cardíaca establecida como la terapia de resincronización cardíaca (TRC) sólo se implementan, según las guías actuales, en pacientes con FEVI <35%^{12,13}. Cabe preguntarse: si un día podrá ser sustituido este criterio por el de un valor de corte de *strain*, para una intervención más precoz y probablemente de mayor impacto en sobrevida. El tiempo y los ensayos clínicos permitirán solventar esta legítima duda.

Este estudio buscó la discordancia o *mismatch* que, al menos de manera temporal, podría haber entre los valores de FEVI y de SLG en un momento determinado, en pacientes que padecen hipertensión arterial. Los autores, basados en la revisión de algunos casos detectados en clínica, pretendemos definir la frecuencia y magnitud de dicha discordancia y, con base en el análisis de los datos, plantear algunas líneas de investigación a futuro que podrían llevar a cambiar paradigmas terapéuticos.

Objetivos

- a- Establecer la incidencia de discordancia entre los valores de FEVI y el valor de SLG, valorados por ecocardiografía, en pacientes hipertensos crónicos consecutivamente valorados en los laboratorios de ecocardiografía participantes.

- b- Valorar por el coeficiente *kappa* la concordancia de los dos parámetros (FEVI y SLG) para el diagnóstico de disfunción ventricular.
- c- Buscar el coeficiente de correlación (r) entre FEVI y SLG.

Material y métodos

Estudio multicéntrico, prospectivo, descriptivo y analítico de pacientes hipertensos vistos consecutivamente en los laboratorios de ecocardiografía participantes.

Criterios de inclusión

- Edad mayor de 18 años.
- Diagnóstico confirmado de hipertensión arterial crónica con por lo menos 6 meses de evolución.
- Estudio ecocardiográfico que incluya reporte de FEVI y de *strain longitudinal global*.

Criterios de exclusión

- Pacientes en los que la medición de la FEVI por ecocardiografía sea técnicamente deficiente o imposible.
- Pacientes en los que, al valorar el SLG, haya un registro técnicamente deficiente de tres o más segmentos (en un modelo de 16 segmentos).
- Pacientes con taquiarritmias sostenidas de origen no sinusal al momento del estudio.
- Pacientes en que existan segmentos parietales necróticos.
- Pacientes con dispositivos implantados: marcapasos o resincronizadores.

Sítios de reclutamiento

Laboratorio de ecocardiografía del Hospital de Diagnóstico Escalón, San Salvador, El Salvador. Se empleó un equipo Acuson SC2000 (Siemens). Y Laboratorio de ecocardiografía del doctor J.C. González, Instituto Materno Infantil y Especialidades, Santiago de los Caballeros, República Dominicana. Se empleó un equipo GE Vivid 7 (GE).

Procedimientos

Una vez identificado el paciente consultante como caso potencialmente elegible por cumplir con los criterios de inclusión, se procedió de manera sistemática a llenar un instrumento de recolección de datos. Las siguientes variables fueron registradas:

- Fecha de nacimiento, edad y sexo.
- Peso, talla, índice de masa corporal (IMC) y superficie corporal (SC).
- Presencia de comorbilidades: insuficiencia cardíaca, cardiopatía isquémica, cardiomiopatía, diabetes,

enfermedad pulmonar obstructiva crónica, fibrosis pulmonar, cirrosis hepática, insuficiencia renal crónica.

- Medicamentos que tengan influencia sobre la contractilidad miocárdica: digoxina, catecolaminas, beta bloqueantes, calcioantagonistas no dihidropiridínicos.
- Presión arterial sistólica y diastólica.
- Ecocardiograma Doppler color en reposo.

Se midieron las siguientes variables, promedio de 3 mediciones de acuerdo con las Recomendaciones para la cuantificación de cavidades cardíacas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía en conjunto con la Asociación Europea de Imágenes Cardiovasculares (*American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging*)¹⁴:

A. Grosor parietal relativo

Opciones:

- Vista paraesternal en eje largo: Grosor diastólico de pared posterior (PWd, mm)/Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo (LVEDD, mm).
- Grosor parietal promedio (t) = $[\sqrt{(A1/\pi)} - b]$; b = radio de la cavidad en diástole en eje corto.

B. Masa ventricular izquierda indexada medida lineal por 2D, en diástole

- Si se empleara la fórmula de Devereaux:

$MVI = 0,8 \{1,04 [(LVEDD + IVSd + PWd)^3 - LVEDD^3]\} + 0,6$; este dato deberá dividirse entre la superficie corporal.

MVI: masa ventricular izquierda.

IVSd: grosor diastólico del septum interventricular.

- Si se empleara la fórmula 2D área-longitud:

$MVI = 1,05 \{[5/6(A_1)(a+d+t)] - [5/6(A_2)(a+d)]\}$; este dato deberá dividirse entre la superficie corporal.

A₁: área total del ventrículo izquierdo en eje corto a nivel de músculos papilares.

A₂: área total de la cavidad del ventrículo izquierdo en eje corto a nivel de músculos papilares.

a+d: eje mayor de la cavidad del ventrículo izquierdo;

t: engrosamiento parietal promedio $[\sqrt{(A1/\pi)} - b]$.

C. Con los datos del GPR y el IMVI se definió el patrón geométrico del ventrículo izquierdo (Tabla 1)

Tabla 1. Patrón geométrico del ventrículo izquierdo			
GPR	>0.42	Remodelado concéntrico	Hipertrofia concéntrica
	<0.42	Geometría normal	Hipertrofia excéntrica
GPR: Grosor parietal relativo		≤95 (88 ^{2D}) ♀ ≤115 (112 ^{2D}) ♂	>95 (88 ^{2D}) ♀ >115 (112 ^{2D}) ♂
IMVI: índice masa ventricular izquierda		IMVI (g/m ²)	

TABLA 2. Valores concordantes de FEVI/*strain* longitudinal global

Calidad función VI	FEVI (%)	SLG VI (%)
Normal	>53	18-20
"Borderline"	45-53	16-17.99
Disfunción no severa	35-45	12.15.99
Disfunción severa	<35	<12

VI: Ventrículo izquierdo. FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.
 SLG VI: *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo

- D. Volumen indexado de fin de diástole del ventrículo izquierdo (VfdVI, 2D biplanar o 3D)
- E. Volumen indexado de fin de sístole del ventrículo izquierdo (VfsVI, 2D biplanar o 3D)
- F. Volumen sistólico (VS) indexado
- G. FEVI (2D biplanar o 3D)
- H. SLG (promedio) subendocárdico por método de *speckle-tracking*, valorado en las vistas apical de 4 cámaras, apical de 2 cámaras y hemiaxial (3 cámaras).
- I. *Valvulopatías*

En caso de la presencia de insuficiencia mitral o aórtica cuantificar basándose en el criterio del diámetro de la vena contracta del volumen regurgitante y del tiempo de hemipresión del *jet* regurgitante, respectivamente. Para definir si había o no *mismatch* se usó la Tabla 2, basada en el artículo publicado recientemente por Potter y Marwick²:

Se diagnosticó discordancia o *mismatch* cuando en un caso la FEVI y el SLG ocupaban filas diferentes, es decir, si la calidad de la función ventricular tenía diagnóstico diferente según el método valorativo. Todos

Tabla 3. Comorbilidades de la muestra estudiada

Variable clínica	% Presentación
Obesidad	30.5 (n=18)
Diabetes	8.5 (n=5)
Tabaquismo	1.7 (n=1)
Insuficiencia cardíaca	6.8 (n=4)
Enfermedad coronaria	16.9 (n=10)
Insuficiencia mitral > leve	8.5 (n=5)
Insuficiencia aórtica	3.4 (n=2)
Arteriopatía periférica	3.4 (n=2)
Cáncer	5.1 (n=3)
EPOC	3.4 (n=2)
Nefropatía crónica	5.1 (n=3)
Uso de b-bloqueadores	28.8 (n=17)

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

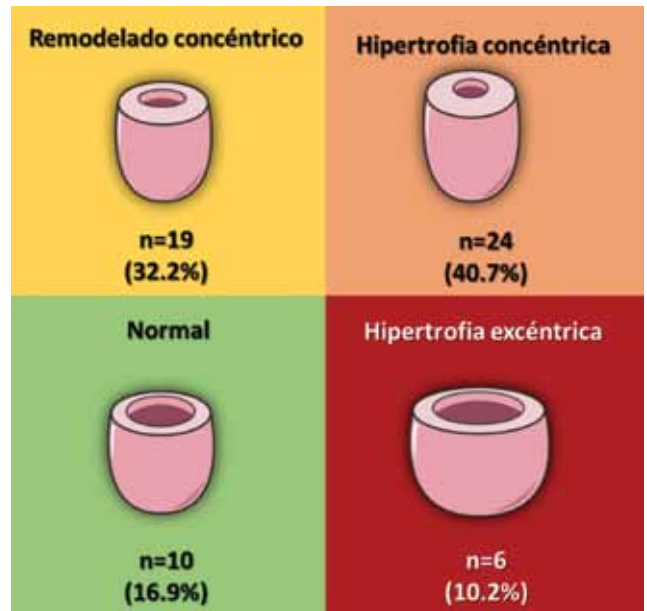


Figura 3. Distribución de la muestra con base al patrón geométrico del ventrículo izquierdo.

los datos ecocardiográficos fueron valorados *offline* en formato digital por un revisor central para cada país, para garantizar que sean adecuados para incluir en la base de datos.

Se inició la recolección de casos el día 24 de noviembre del año 2017 y la recolección se cerró el 23 de abril del año 2018.

Análisis estadístico

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre FEVI y SLG y se cuantificó la concordancia de los dos métodos de diagnóstico con el coeficiente kappa. El estudio ha recibido la aprobación del Comité de Ética del Hospital de Diagnóstico Escalón, San Salvador, El Salvador y del Instituto Materno Infantil y Especialidades, Santiago de los Caballeros, República Dominicana. Los pacientes autorizaron que los resultados de sus estudios fueran empleados en la investigación.

Resultados

Se reclutaron un total de 59 pacientes hipertensos consecutivos en ambos países (39 en El Salvador y 20 en República Dominicana), 33 del sexo masculino (55,9%) y 26 del femenino (44,1%). El promedio de edad fue de 62,6±15,2 años (mediana 64 años). En la Tabla 3 se detallan las características clínicas más importantes de la muestra.

La Figura 3 muestra la distribución de los pacientes según el patrón geométrico del ventrículo izquierdo. Tan solo un 15,2% de los pacientes (n=9) tenía geometría normal. Treinta pacientes (50,8%) presentaron hipertrofia ventricular, tres cuartas partes de ellos tenían un patrón concéntrico. La FEVI promedio fue 60,27%, y

la media del SLG fue de -18,44%. La FEVI se reportó anormal en 10 pacientes (16,9%) versus 23 reportes de SLG subnormal (39%). Solo en un caso la FEVI reducida se asoció a *strain* normal. Se encontró algún tipo de discordancia entre FEVI y SLG en un total de 22 pacientes (37,3%). De esos 22 casos solo 2 (2/22 = 9,1%) pacientes tenían geometría normal, mientras que había 8 pacientes sin anomalías geométricas entre los restantes 49 (8/37 = 21,6%). Se cuantificó la concordancia de los dos métodos de diagnóstico con kappa, encontrándose una concordancia de 0,154 (SE=0,083), que para un intervalo de confianza (CI) de 95% fue calificada como “pobre” versus la posibilidad que las diferencias se deban al azar.

La Tabla 4 resume los datos ecocardiográficos más importantes de todos los pacientes reclutados: masa ventricular izquierda, grosor parietal relativo, FEVI, SLG y si hay o no discordancia entre FEVI y SLG. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) en 0,475 [intercepto (a): 6,78. Pendiente (b): 0,193].

La correlación es lineal positiva, pero tan solo de grado moderado (Figuras 4 y 5).

Se decidió estudiar por separado a pacientes con hipertrofia ventricular (n=30) y a pacientes con remodelado concéntrico o geometría normal (n=29) en cuanto a la presencia o ausencia de SLG anormal. Se empleó un test de chi-cuadrado con un valor de p de 0,01; se planteó como hipótesis nula (H0) que no había diferencia entre ambos grupos de pacientes. Se demostró un valor de p de 0,004616, confirmando la hipótesis alternativa (hipertrofia se asocia a *strain* anormal), hallazgo significativo para p<0,01.

Se realizó un análisis adicional para el grosor parietal relativo, con valor de corte para anormalidad > 0,42, asociando grosor anormal con *strain* reducido, confirmando la hipótesis nula, es decir, no se encontró asociación estadística para un valor de p de 0,05 (0,975). Al valorar el uso de beta bloqueantes versus *strain* anormal, aplicando el mismo *test*, se obtuvo confirmación de hipótesis alternativa, es decir, que el *strain* anormal y

Tabla 4. Datos ecocardiográficos de todos los pacientes

ID	IMVI g/m ²	GPR	FEVI %	GLS %	Mismatch FEVI/SLG	ID	IMVI g/m ²	GPR	FEVI %	GLS %	Mismatch FEVI/SLG
01	99.8	0.44	61.82	-20.31		31	85.07	0.55	73.34	-21.15	
02	172.23	0.51	47.72	-12.37	MISMATCH	32	82.25	0.27	72.52	-21.94	
03	147.39	0.61	48.10	-17.17		33	135.56	0.47	55.9	-17.13	MISMATCH
04	77.57	0.60	68.25	-23.12		34	166.4	0.43	49.4	-14.12	MISMATCH
05	154.58	0.54	34.9	-14.58	MISMATCH	35	117.98	0.46	53.83	-15.85	MISMATCH
06	56.69	0.33	61.32	-23.67		36	85.9 ^{2D}	0.42	65.83	-15.32	MISMATCH
07	76.89	0.63	57.82	-21.94		37	119.2 ^{2D}	0.62	61.3	-21.38	
08	108.5	0.67	60.66	-22.15		38	70.5 ^{2D}	0.37	57.9	-22.09	
09	114.1	0.57	56.82	-22.18		39	95.0 ^{2D}	0.53	45.8	-13.12	MISMATCH
10	63.39	0.36	67.60	-25.28		40	107.8	0.32	51.0	-15.7	MISMATCH
11	126.75	0.72	59.50	-19.83		41	98.0	0.36	63.0	-18.4	
12	128.9	0.43	57.51	-20.38		42	122.0	0.66	59.0	-19.0	
13	121.05	0.33	68.92	-18.5		43	109.0	0.40	62.0	-18.8	
14	102.68	0.44	55.7	-18.51		44	97.0	0.44	57.0	-12.5	MISMATCH
15	73.99	0.44	55.3	-19.0		45	118.0	0.76	67.0	-13.8	MISMATCH
16	110.37	0.67	70.81	-23.09		46	82.12	0.35	59.0	-18.7	
17	91.82	0.50	53.13	-20.66		47	135.5	0.42	43.0	-12.8	
18	80.99	0.53	69.97	-16.60	MISMATCH	48	82.0	0.36	64.0	-16.9	MISMATCH
19	87.01	0.82	63.68	-22.77		49	105.0	0.37	60.0	-15.3	MISMATCH
20	120.09	0.55	60.4	-17.50	MISMATCH	50	140.8	0.38	66.0	-12.9	MISMATCH
21	103.11	0.75	64.48	-13.98	MISMATCH	51	104.0	0.48	63.0	-18.0	
22	108.00	0.51	68.39	-24.44		52	67.3	0.47	65.0	-19.0	
23	128.61	0.50	65.89	-15.8	MISMATCH	53	169.9	0.71	68.0	-22.44	
24	151.37	0.51	52.99	-16.63	MISMATCH	54	70.63	0.49	66.0	-20.8	
25	147.68	0.59	47.20	-14.18	MISMATCH	55	78.67	0.55	72.0	-18.5	
26	105.85	0.64	62.69	-17.96	MISMATCH	56	134.0	0.78	69.0	-18.7	
27	91.07	0.63	52.3	-18.01	MISMATCH	57	52.2	0.40	72.0	-20.2	
28	85.93	0.61	57.99	-18.14		58	83.1	0.48	59.0	-18.6	
29	132.36	0.5	58.2	-19.39		59	66.9	0.34	66.0	-17.2	MISMATCH
30	98.36	0.41	59.29	-19.42							

ID: identificación. IMVI: índice de masa ventricular izquierda. GPR: grosor parietal relativo. FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo. GLS: *strain* longitudinal global.

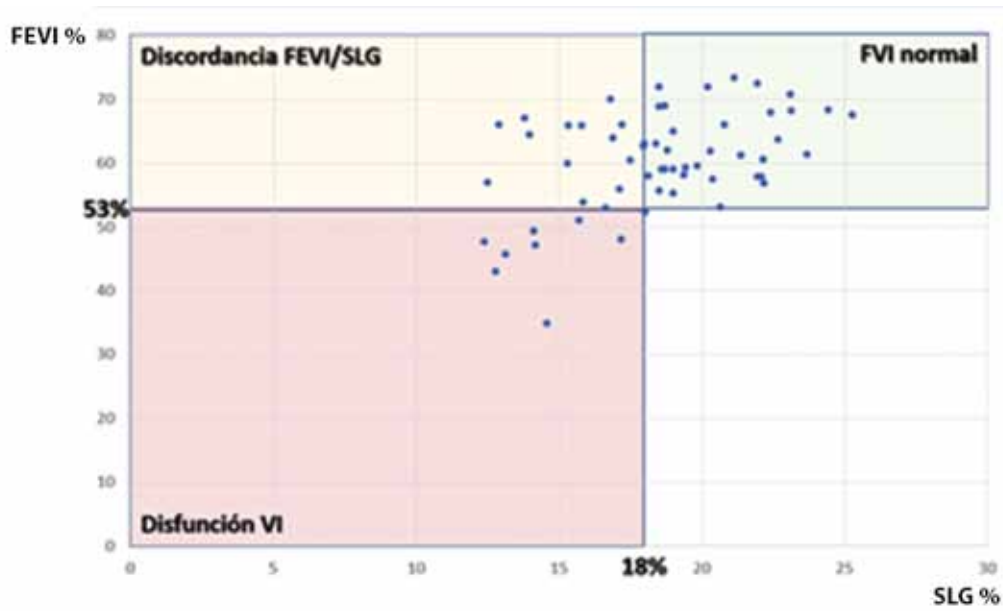


Figura 4. Gráfico de dispersión: FEVI versus SLG.
FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo. SLG: *strain* longitudinal global.

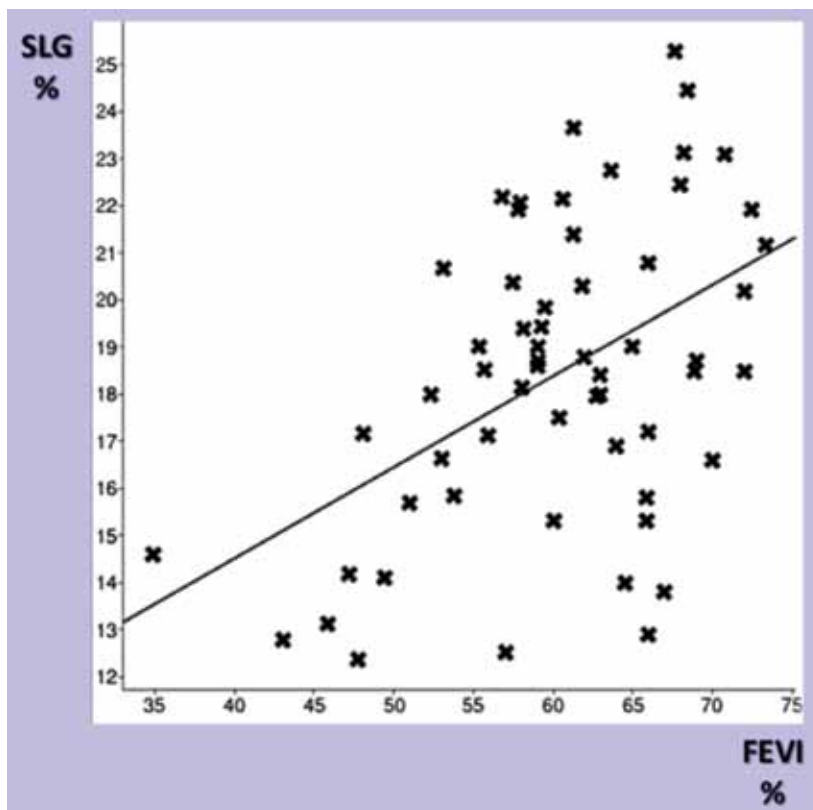


Figura 5. Regresión lineal SLG/FEVI. $y = 6,78 + 0,19x$. Ver explicación en el texto.
FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo. SLG: *strain* longitudinal global.

el uso de beta bloqueantes guardan relación, con valor de p de 0,02925 ($<0,01$).

Se estudió una probable asociación de obesidad (IMC >30 Kg/m²) con *strain* anormal. El valor de p fue 0,232; no significativo (para un error $<0,05$).

Discusión

A medida que aumenta la incidencia de pacientes hipertensos con diagnóstico de insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada, aumenta de forma

exponencial el interés en técnicas no invasivas que permitan la detección de cambios sutiles en la función del ventrículo izquierdo. El adecuado gasto cardíaco para proveer las necesidades metabólicas de toda la economía es la esencia del trabajo del corazón. Más allá de las influencias neurohumorales y del sistema nervioso, el corazón es capaz de controlar su propio funcionamiento mediante dos tipos de regulación intrínseca: la heterométrica (adaptación intrínseca que depende de la variación de la longitud en reposo de la fibra miocárdica, acorde a la ley del corazón de Frank y Starling); y la homeométrica referida a la capacidad de la miofibrilla para acortar su longitud independientemente de la precarga y de la postcarga (contractilidad). Este trabajo cardíaco determina un cierto consumo de oxígeno (VO₂) asociado a la *reserva diastólica* (capacidad de aumentar el gasto mediante el mecanismo de Frank y Starling); *reserva sistólica* (capacidad de aumentar el gasto mediante incremento de la contractilidad), y *reserva cronotrópica* (capacidad de aumentar el gasto mediante incremento de la frecuencia cardíaca).

En el corazón intacto, y en los primeros estadios de cualquier entidad que afecte el funcionamiento cardíaco, el control de los volúmenes de fin de diástole y de fin de sístole, que expresamos como porcentajes en la ecuación de la FEVI, permite conocer el manejo de fluidos e, indirectamente, la capacidad contráctil del corazón. Sin embargo, el avance de la disfunción cardíaca y la consecuente dilatación de cavidades genera una perturbación persistente, con aumento de la tensión parietal asociada a incrementos de presión intracavitaria y del radio de dicha cavidad (Ley de Laplace), lo que promueve un aumento del VO₂ y disminución concomitante de la eficiencia mecánica del corazón. Estas modificaciones disparan respuestas del sistema neurohumoral y un remodelado cardíaco, donde la hipertrofia ventricular procura generar aumentos de la fuerza de contracción a la vez que disminución de la tensión parietal por incremento del espesor de las paredes ventriculares.

En la presente serie, una alta proporción de pacientes mostraron perfil ecocardiográfico representativo de sobrecarga de presión del ventrículo izquierdo, con cambios en la geometría ventricular, en particular hipertrofia concéntrica. Se observó que, en un importante porcentaje de casos, como consecuencia de tal hipertrofia, la FEVI logra mantenerse dentro de valores normales, mientras ya existe afectación significativa de la contractilidad miocárdica, expresada mediante un descenso de la deformación longitudinal global. El *strain* se convierte así en un marcador temprano y directo del fallo cardíaco.

La correlación (r) que hemos obtenido entre FEVI y SLG debe calificarse, como mucho, de modesta, similar a la obtenida en estudios previos, como el realizado por Choudhary y colaboradores, quienes encontraron trastornos de la función sistólica por *strain* en pacientes hipertensos con fracción de expulsión normal (n=50),

incluidos aquellos sin hipertrofia¹⁵. Por nuestra parte, los valores de *strain* anormal se relacionaron de forma significativa a hipertrofia ventricular izquierda. En concordancia con lo anterior, Stokke y col. ya han demostrado que la FEVI no es un adecuado indicador de función sistólica en corazones con hipertrofia concéntrica: el *strain* circunferencial es capaz de mantener la FEVI en límites normales a pesar de que ya exista un importante declive de la deformación longitudinal¹⁶. Por otra parte, Huang y col. comprobaron disminución del SLG en etapas tempranas del fallo cardíaco hipertensivo, con preservación del *strain* radial que, según la opinión de los autores, puede ser también considerado un mecanismo compensatorio a la disminución precoz del *strain* longitudinal.¹⁷

Conclusiones

En corazones normales o con daño de escasa magnitud, el paralelismo entre condiciones de buena contractilidad y buena FEVI aboga en favor del empleo de esta última para valorar el funcionamiento cardíaco, habida cuenta la facilidad para obtener este dato; sin embargo la hipertrofia cardíaca plantea un nuevo escenario donde la relación entre FEVI y contractilidad se ha perdido y se hace necesario una medición más directa del estado del músculo cardíaco anticipando deterioros de mayor severidad, y permitiendo instaurar medidas terapéuticas precoces.

Recursos financieros

Los autores no recibieron ningún apoyo económico para la investigación.

Conflicto de intereses

El Dr. Raúl Garillo es *Education & Training Consultant* en Medtronic Latin America Inc.

Referencias bibliográficas

1. Jørgensen ME, Andersson C, Vasan RS, et al. Characteristics and prognosis of heart failure with improved compared with persistently reduced ejection fraction: A systematic review and meta-analyses. *Eur J Prev Cardiol* 2018;25(4):366-376.
2. Potter E, Marwick TH. Assessment of Left Ventricular Function by Echocardiography: The Case for Routinely Adding Global Longitudinal Strain to Ejection Fraction. *JACC Cardiovasc Imaging* 2018;11(2 Pt 1): 260-274.
3. Gorcsan J, Tanaka H. Echocardiographic assessment of myocardial strain. *J Am Coll Cardiol* 2011;58(14):1401-13.
4. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2017;69(8):1043-1056.
5. Støylen A. What does strain and strain rate actually measure? The relation between function imaging and physiology-contractility, load, work and phases of the heart cycle. Website

- de Department of Circulation and Medical Imaging, Faculty of Medicine, NTNU (Norwegian University of Science and Technology). [http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/What does.html](http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/What%20does.html)
6. Dirx E, da Costa Martins PA, De Windt LJ. Regulation of fetal gene expression in heart failure. *Biochim Biophys Acta* 2013;1832(12):2414-24.
 7. Stokke TM, Hasselberg NE, Smedsrud MK, et al. Geometry as a Confounder When Assessing Ventricular Systolic Function: Comparison Between Ejection Fraction and Strain. *JACC* 2017; 70 (8): 942-954.
 8. Galli E, Lancellotti P, Sengupta PP, Donal E. LV mechanics in mitral and aortic valve diseases: value of functional assessment beyond ejection fraction. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014;7(11):1151-66.
 9. Russo C, Jin Z, Elkind MSV, et al. Prevalence and Prognostic Value of Subclinical Left Ventricular Systolic Dysfunction by Global Longitudinal Strain in a Community-Based Cohort. *Eur J Heart Fail* 2014; 16(12): 1301-1309.
 10. Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. *Heart* 2014;100(21):1673-80.
 11. Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, et al. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review. *J Am Coll Cardiol* 2014;63(25 Pt A):2751-68.
 12. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2017; 37(27):2129-2200.
 13. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE Jr, Colvin MM et al. 2017 ACC/AHA/HFSA Focused Update of the 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Failure Society of America. *Circulation* 2017;136(6):e137-e161.
 14. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L 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.
 15. Choudhary R, Maheshwari D, Rijhwani P, et al. Cardiac Mechanics in Patients with Systemic Hypertension with Normal EF: A Speckle - Strain Imaging Study. *Hypertension and Cardiology* 2013; 1(2): 13-20.
 16. Stokke TM, Hasselberg NE, Smedsrud MK, et al. Geometry as a Confounder When Assessing Ventricular Systolic Function: Comparison Between Ejection Fraction and Strain. *J Am Coll Cardiol* 2017;70(8):942-954.
 17. Huang H, Ruan Q, Lin M, et al. Investigation on left ventricular multi-directional deformation in patients of hypertension with different LVEF. *Cardiovascular Ultrasound* 2017; 15:14.