

# Contribución del acortamiento longitudinal y circunferencial al volumen sistólico y fracción de eyección en la estenosis aórtica grave

## Contribution of Longitudinal and Circumferential Shortening to Stroke Volume and Ejection Fraction in Severe Aortic Stenosis

RICARDO ALBERTO MIGLIORE<sup>MTSAC, FACC, FESC</sup>, MARÍA ELENA ADANIYA<sup>MTSAC</sup>, JEREMÍAS DANIEL DORSCH, MIGUEL BARRANCO<sup>MTSAC</sup>, SILVIA CONSUELO GONZÁLEZ, GUILLERMO MIGUEL MIRAMONT<sup>MTSAC</sup>

### RESUMEN

**Introducción:** El volumen sistólico (VS) del ventrículo izquierdo (VI) es eyectado por una combinación de acortamiento longitudinal (AL), circunferencial (AC) y giro ventricular. El AL se produce por el movimiento del anillo mitral hacia el ápex, lo que ocasiona engrosamiento de la pared (AC y radial), reducción de la cavidad ventricular y eyección del VS. No está definido el rol del AL en la estenosis aórtica (EAO).

**Objetivo:** Analizar la contribución del AL y AC al VS y la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) en la EAO grave.

**Materiales y métodos:** Se estudiaron 152 pacientes (70 ± 12 años, 64 mujeres) con EAO grave (área valvular <1 cm<sup>2</sup>) con eco-Doppler cardíaco. La contribución del AL al VS se evaluó considerando a la base del corazón como un cilindro, con volumen = base × altura; la base, un círculo con radio igual a (espesor septal en sístole + espesor pared posterior en sístole + diámetro de fin de sístole)/2; y la altura, el promedio de la excursión sistólica del anillo lateral, septal, anterior e inferior. La contribución del AC al VS se estimó como: VS – contribución del AL al VS. Ambas contribuciones se expresaron en forma absoluta y como porcentajes del VS (% VS-AL y % VS-AC).

**Resultados:** El AL contribuyó con 2 tercios aproximadamente al VS (68 ± 18 %) y el AC con el resto. El VS-AL correlacionó inversamente con el VS (r = - 0,45 p <0,001) y el VS-AC tuvo correlación directa (r = 0,45 p <0,001). La contribución del % VS-AL fue mayor en los pacientes con FEVI <50%. El % VS-AL correlacionó inversamente con el EPR (r = - 0,32, p <0,01).

**Conclusión:** La contribución del AL al VS es mayor que la del AC, y correlaciona inversamente con el VS. Es mayor el % VS-AL en los pacientes con FEVI <50%. Los hallazgos mencionados podrían tener implicancias al considerar puntos de corte para los índices de función longitudinal (*strain*) sin considerar la FEVI y/o geometría ventricular.

**Palabras clave:** Estenosis aórtica - Función sistólica - Contractilidad - Fracción de eyección

### ABSTRACT

**Background:** Left ventricular (LV) stroke volume (SV) is ejected by a combination of longitudinal shortening (LS), circumferential shortening (CS) and ventricular twist. Longitudinal shortening is caused by the motion of the mitral annulus towards the apex, causing wall thickening (CS and radial thickening), reduction of the ventricular cavity and LV ejection. The role of LS in aortic stenosis (AS) is not defined.

**Objective:** The aim of this study was to analyze the contribution of LS and CS to SV and left ventricular ejection fraction (LVEF) in severe AS.

**Methods:** The study included 152 patients (70 ± 12 years, 64 women) with severe AS (valve area <1 cm<sup>2</sup>) studied by cardiac Doppler echocardiography. The contribution of LS to SV was evaluated by considering the base of the heart as a cylinder, with volume = base × height; the base was assumed as a circle with radius equal to (systolic septal thickness + systolic posterior wall thickness + end-systolic diameter)/2; and height, as an average of the mitral lateral, septal, anterior and inferior annulus systolic excursion. The contribution of CS to SV was estimated as: SV - contribution of LS to SV. Both contributions were expressed in absolute form and as SV percentages (%SV-LS and %SV-CS).

**Results:** Longitudinal shortening contributed with approximately 2 thirds of SV (68 ± 18 %) and CS with the rest. SV-LS correlated inversely with SV (r = - 0.45 p <0.001) and SV-CS had direct correlation (r = 0.45 p <0.001). The contribution of %SV-LS was greater in patients with LVEF <50%. Percent SV-LS correlated inversely with relative wall thickness (RWT) (r = 0.32, p <0.01).

**Conclusion:** The contribution of LS to SV is greater than that of CS, and correlates inversely with SV. Percent SV-LS is higher in patients with EF <50%. The aforementioned findings could have implications when considering cut-off points for longitudinal function indices (*strain*) without considering LVEF and/or ventricular geometry.

Key words: Aortic stenosis - Systolic function - Contractility - Ejection fraction

REV ARGENT CARDIOL 2022;90:8-14. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v90.i1.20472>

Recibido: 21/10/2021 - Aceptado: 03/01/2021

Dirección para separatas: Dr. Ricardo A. Migliore - Moreno 3518 4° E - (1650) San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina - E-mail: rmigliore@intramed.net

Este trabajo obtuvo el Premio ACCESIT "Oscar Orías 2021"

## INTRODUCCIÓN

El acortamiento de las fibras longitudinales (subepicárdicas y subendocárdicas), las fibras circunferenciales (mesoparietales) y la torsión ventricular determinan el engrosamiento de la pared del ventrículo izquierdo (VI), el cual ocasiona disminución de la cavidad ventricular con la consiguiente eyección del volumen sistólico (VS). El acortamiento longitudinal (AL) se produce por el movimiento del anillo mitral hacia el ápex –el cual permanece inmóvil– con un mecanismo similar al de un pistón (Fig. 1 A). (1) Debido a que al miocardio se lo considera incompresible, el AL determina un engrosamiento de la pared ventricular en dirección radial con reducción de la cavidad ventricular. El acortamiento circunferencial (AC) se manifiesta a través de la reducción del diámetro epicárdico en el eje transversal, el cual también contribuye a la reducción de la cavidad del VI durante la sístole. (2) El acortamiento epicárdico se puede evaluar como fracción de acortamiento (FA epi) siendo de menor valor que la FA mesoparietal (FAM) y la FA endocárdica (FAe) (Fig. 1 B). Se ha publicado que la contribución del AL al VS puede variar entre un 75% (2) y un 17% (3), y su rol no está definido en la estenosis aórtica (EAo). El AL del VI se relaciona directamente con el *strain* longitudinal, por lo que determinar su contribución es fundamental cuando se establecen puntos de corte para evaluar la función sistólica mediante el *strain* global longitudinal o nuevos índices como el trabajo miocárdico.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la contribución del AL y AC al VS y la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) en la EAo grave.

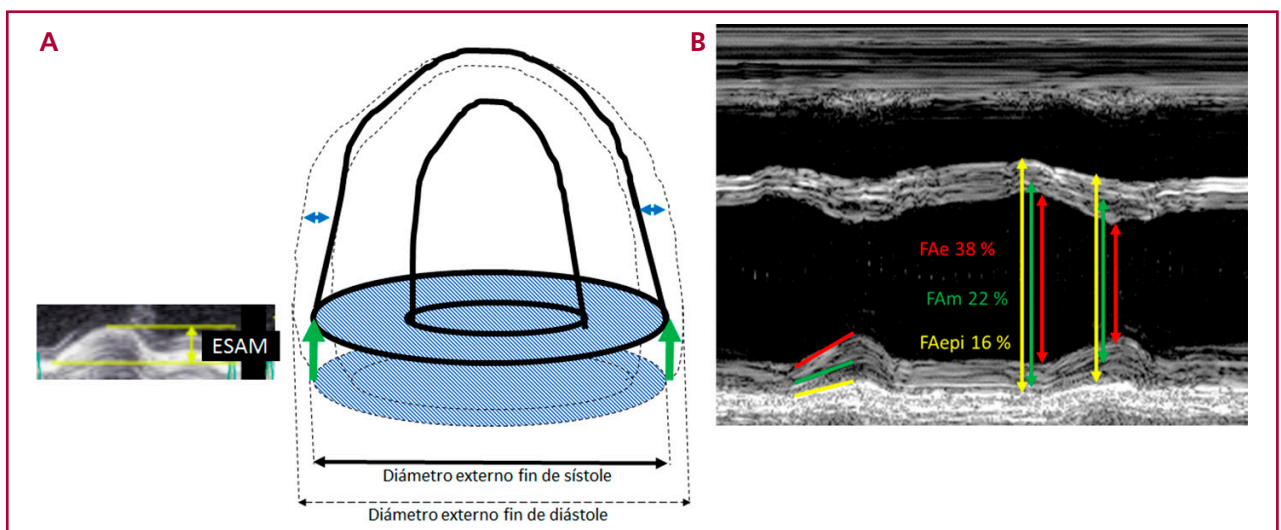
## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron prospectivamente 152 pacientes (edad promedio de  $70 \pm 12$  años, 88 hombres y 64 mujeres) portadores de estenosis valvular aórtica grave definida como índice de área valvular aórtica (IAVA)  $<0,6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ , a los cuales se les había solicitado eco-Doppler cardíaco. El protocolo fue aprobado por el Comité de Docencia e Investigación del Hospital. Fueron excluidos los pacientes que presentaban calcificación significativa del anillo mitral, insuficiencia aórtica o mitral de grado moderado o grave. Se consideró antecedente de hipertensión arterial a la necesidad de haber indicado tratamiento antihipertensivo previamente y de cardiopatía isquémica si el paciente había presentado uno o más de los siguientes criterios: 1) antecedentes de infarto agudo de miocardio (IAM), angioplastia o cirugía de revascularización, 2) obstrucciones mayores del 50% en las arterias coronarias determinadas por angiografía y 3) acinesia en el ecocardiograma. A todos los pacientes se les realizó ecocardiograma Doppler completo, y previamente un interrogatorio para detectar la presencia de factores de riesgo coronario y síntomas, examen físico cardiovascular y medición de la presión arterial.

**Ecocardiograma y Doppler cardíaco:** El estudio fue realizado con un ecocardiógrafo ESAOTE MyLab 40 con transductor de 2,5-3,5 MHz, con el paciente en decúbito lateral izquierdo, y la derivación DII del electrocardiograma como referencia. Las mediciones en modo M, ecocardiograma bidimensional, cálculo la fracción de acortamiento endocárdica (FAe) de VI, espesor parietal relativo (EPR), volumen de fin de diástole (VFD) (método de Simpson), volumen de fin de sístole (VFS) y FEVI se realizaron de acuerdo con los criterios de la ASE. (4)

La fracción de acortamiento mesoparietal (FAM) del VI se calculó utilizando la fórmula de Koide: (5)

$$FAM = [(DDVI + h) - (DSVI + 2a') / (DDVI + h)] \times 100$$



**Fig. 1A.** Representación gráfica del ventrículo izquierdo en fin de diástole (líneas de puntos) y fin de sístole (líneas continuas). El acortamiento longitudinal (AL) está representado por el movimiento de base a punta (flechas verdes) de un teórico cilindro que actuaría como un pistón, ya que el ápex permanece inmóvil. A la izquierda se observa el registro de la excursión sistólica del anillo mitral (ESAM) lateral registrado con modo M desde la vista de 4 cámaras. El acortamiento circunferencial (AC), que se representa con las flechas azules, debido a la incompresibilidad del miocardio contribuye al engrosamiento de la pared; sin embargo se debe mencionar que el AL por sí mismo ya determina parte del engrosamiento parietal por la misma causa (incompresibilidad del miocardio). **1B.** Modo M a nivel medio ventricular en el que se representan las fracciones de acortamiento epicárdica (FAepi) en color amarillo, mesoparietal (FAM) en verde y endocárdica (FAe) en rojo. La FAepi es la única que depende del AC mientras que la FAM y FAe están determinadas por el AC y el AL.

Siendo: DD: diámetro diastólico; DS: diámetro sistólico; h: espesor diastólico combinado de la pared posterior y el septum interventricular (PPd + SIVd / 2); hfs: espesor sistólico combinado (PPs + SIVs / 2) y a': punto mesoparietal en sístole calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$a' = 1/2 \left[ \sqrt{\frac{hfs(2 DDVI+h)(DSVI+hfs)}{DDVI + h} + DDVI^2 - DSVI} \right]$$

La masa del VI se calculó según la fórmula de Devereux (6) y el índice de masa (IM) como la masa normalizada a la superficie corporal. La FA epi se calculó como (3):

$$FAepi = \left[ \frac{(SIVd + DDVI + PPd) - (SIVs + DSVI + PPs)}{(SIVd + DDVI + PPd)} \right] \times 100$$

Con Doppler continuo se registró la velocidad máxima transvalvular aórtica, el gradiente medio (GM) y la integral de la curva de flujo desde las vistas apical, paraesternal derecha, subxifoidea y supraesternal. Con Doppler pulsado se obtuvo el flujo en el tracto de salida del VI desde la vista de 5 cámaras. Se calculó el AVA efectiva utilizando la ecuación de continuidad y el índice de AVA, de acuerdo con la ASE. (7) El VS se calculó como el producto del área del tracto de salida por la integral de flujo a dicho nivel, la FEVI por el método de Simpson biplano y el espesor parietal relativo (EPR) como  $2 \times$  pared posterior en diástole/diámetro diastólico de VI. Para analizar la contribución del AL y AC al VS se utilizó un método alternativo para calcular el VFD y el VFS. El VFD puede calcularse como la diferencia entre el volumen total del VI al final de diástole que incluye el miocardio más la cavidad (VTFD), menos el volumen miocárdico ( $Vol_{mio}$ ):

$$VFD = VTFD - Vol_{mio}$$

De la misma manera, se puede calcular el VFS, como el volumen total de fin de sístole (VTFS) menos el volumen miocárdico:

$$VFS = VTFS - Vol_{mio}$$

Debido a que el miocardio es considerado incompresible, el  $Vol_{mio}$  es similar en diástole y en sístole, por lo tanto, el VS puede calcularse como:

$$VS = VFD - VFS$$

o

$$VS = VTFD - VTFS$$

La contribución al VS del AL (VS-AL) se evaluó considerando a la base del corazón como un cilindro (Fig 1A) en el cual el volumen (base x altura) se calculó como: base de forma circular (área =  $\pi \times$  radio<sup>2</sup>) con radio igual a: (espesor septal en sístole + espesor pared posterior en sístole + diámetro de fin de sístole)/2, y la altura como el promedio de la excursión sistólica del anillo mitral (ESAM) lateral, septal, anterior e inferior obtenido mediante modo M en las vistas de 4 y 2 cámaras respectivamente. (2) La contribución del AC al VS (VS-AC) se estimó como: VS - contribución del AL al VS. (8) Ambas contribuciones se expresaron en forma absoluta y como porcentajes del VS (% VS-AL y % VS-AC).

### Análisis estadístico

Se realizó con el software Statistix 10. Las variables continuas se expresaron como media  $\pm$  desvío estándar. Para la comparación de los grupos se utilizó el análisis de la varianza y para la correlación el cálculo del coeficiente r (Pearson). Como límite de significación se consideró una  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Los parámetros clínicos y ecocardiográficos de los pacientes estudiados se representan en las Tablas I y II. El AL contribuyó con 2 tercios aproximadamente

Tabla I. Parámetros clínicos

Edad (años)	70 $\pm$ 12
Hombre / mujer	88 / 64
Superficie corporal (m <sup>2</sup> )	1,82 $\pm$ 0,19
Enfermedades coexistentes y factores de riesgo (%)	
Enfermedad coronaria	30
Infarto de miocardio previo	11
Hipertensión arterial	58
Diabetes	16
Dislipemia	32
Tabaquismo	27
Obesidad (IMC >30 Kg/m <sup>2</sup> )	25
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	5
Síntomas (%)	
Angor	9
Síncope	1
Disnea I-II	25
Disnea III-IV	53
Presión arterial sistólica (mmHg)	130 $\pm$ 22
Presión arterial diastólica (mmHg)	76 $\pm$ 12

IMC, índice de masa corporal

Tabla II. Parámetros ecocardiográficos

Área valvular aórtica (cm <sup>2</sup> )	0,69 $\pm$ 0,21
Índice área valvular aórtica (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	0,38 $\pm$ 0,12
Velocidad pico aórtica (m/seg)	4,14 $\pm$ 0,85
Gradiente pico (mmHg)	72 $\pm$ 29
Gradiente medio (mmHg)	42 $\pm$ 18
Fracción de eyección ventricular izquierda (%)	63 $\pm$ 8
Volumen sistólico (ml)	60 $\pm$ 19
VS - AL (ml)	41 $\pm$ 9
VS - AC (ml)	19 $\pm$ 9
% VS - AL	68 $\pm$ 18
% VS - AC	32 $\pm$ 17
Fracción de acortamiento epicárdica (%)	10 $\pm$ 5
Fracción de acortamiento mesoparietal (%)	19 $\pm$ 5
Fracción de acortamiento endocárdica (%)	37 $\pm$ 8

VS-AL: Contribución absoluta del acortamiento longitudinal al volumen sistólico

% VS-AL: Contribución porcentual del acortamiento longitudinal al volumen sistólico

VS-AC: Contribución absoluta del acortamiento circunferencial al volumen sistólico

% VS-AL: Contribución porcentual del acortamiento circunferencial al volumen sistólico

al VS ( $68 \pm 18\%$ ) y el AC con el tercio restante ( $32 \pm 17\%$ ). El VS-AL se correlacionó inversamente con el VS ( $r = -0,45$ ,  $p < 0,001$ ) lo que implica que a medida que el VS disminuye, la contribución del AL es mayor. El VS-AC tuvo correlación directa con el VS ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,001$ ) de tal manera que a medida que disminuye el VS también disminuye la contribución del AC (Fig. 2). La FEVI tuvo una correlación menor, aunque estadísticamente significativa con el % VS-AL y % VS-AC (Fig. 3).

Al dividir los pacientes según la FEVI, en FEVI  $\geq 50\%$  ( $n = 95$ ) y FEVI  $< 50\%$  ( $n = 57$ ), se observó que estos últimos tenían mayor VFD, VFS y menor VS al compararlos con los pacientes con FEVI  $\geq 50\%$  (Tabla III). Al analizar el volumen de sangre que movilizó durante la sístole por el desplazamiento del plano mitral hacia el ápex, representado por un cilindro, se pudo apreciar que si bien el ESAM fue menor en los pacientes con FEVI  $< 50\%$  ( $9 \pm 3$  mm vs  $13 \pm 3$  mm,  $p < 0,0001$ ), el área basal fue mayor ( $49 \pm 11$  cm<sup>2</sup> vs  $40 \pm 9$  cm<sup>2</sup>,  $p = 0,02$ ), lo que determinó que el volumen movilizó por el AL (VS - AL) fuera similar en los pacientes con FEVI  $< 50\%$  y FEVI  $\geq 50\%$  ( $43 \pm 15$  ml vs  $45 \pm 12$  ml,  $p = 0,38$ ). Al tener los dos grupos similar VS - AL pero los

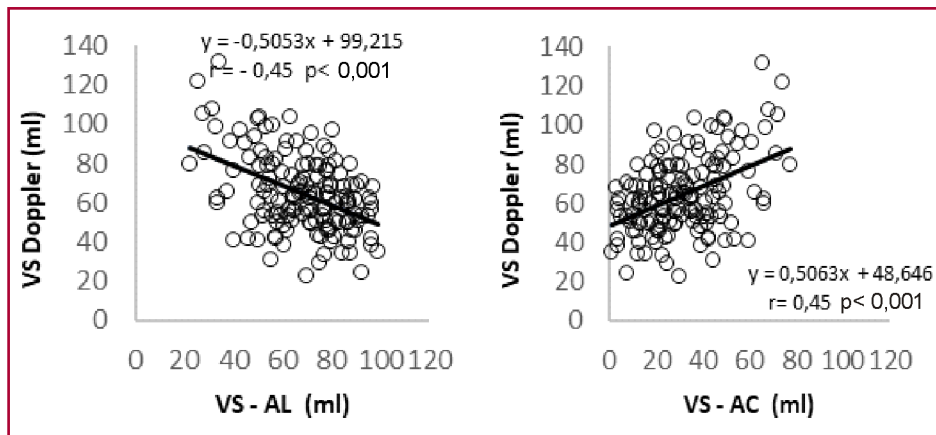
pacientes con FEVI  $< 50\%$  menor VS, la contribución % VS-AL fue mayor en dicho grupo que en aquellos con FEVI  $\geq 50\%$  ( $73 \pm 15\%$  vs  $65 \pm 16\%$ ,  $p = 0,01$ ).

La función circunferencial evaluada mediante el % VS - AC estuvo disminuida en los pacientes con FEVI  $< 50\%$  al compararlos con FEVI  $\geq 50\%$  ( $27 \pm 18\%$  vs  $35 \pm 16\%$ ,  $p < 0,01$ ), como así también la FA epi ( $8 \pm 4\%$  vs  $11 \pm 4\%$ ,  $p < 0,01$ ).

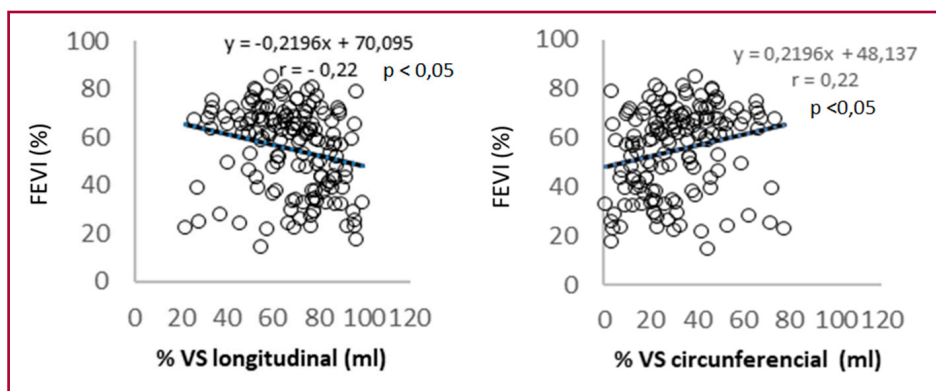
Con respecto a la geometría ventricular, la hipertrofia concéntrica predominó en los pacientes con FEVI  $\geq 50\%$  y la hipertrofia excéntrica en FEVI  $< 50\%$  al considerar el EPR y el IM (Tabla III). En el grupo total de pacientes, el % VS-AL se correlacionó inversamente con el EPR ( $r = -0,32$ ,  $p < 0,01$ ), lo que sugiere que la hipertrofia excéntrica se asocia con mayor contribución del AL al VS. (Fig. 4)

## DISCUSIÓN

Los principales hallazgos del presente trabajo son: 1) El AL contribuye con dos tercios al VS eyectado por el VI mientras que el AC con el tercio restante, 2) El VS-AL se correlaciona inversamente con el VS lo que implica que el aporte del AL al VS es mayor a medida



**Fig. 2.** Correlación y regresión del volumen sistólico (VS) registrado por Doppler y la contribución del acortamiento longitudinal (AL) a la izquierda y el acortamiento circunferencial (AC) a la derecha.



**Fig. 3.** Correlación y regresión de la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) con el porcentaje del volumen sistólico (VS) aportado por el acortamiento longitudinal (% VS longitudinal) (izquierda) y el acortamiento circunferencial (% VS circunferencial) (derecha).



**Tabla III.** Parámetros ecocardiográficos de acuerdo a FEVI 50% y FEVI < 50%

	FEVI ≥50% (n = 95)	FEVI < 50% (n = 57)	P
Fracción de eyección (%)	67 ± 8	32 ± 11	0,0001
Volumen de fin de diástole (ml)	88 ± 35	156 ± 63	0,0001
Volumen de fin de sístole (ml)	31 ± 19	107 ± 52	0,0001
Volumen sistólico (ml)	66 ± 20	50 ± 21	0,02
Radio basal (cm)	3,36 ± 0,38	3,91 ± 0,47	0,01
Area basal (cm <sup>2</sup> )	40 ± 9	49 ± 11	0,02
ESAM (mm)	13 ± 3	9 ± 3	0,0001
VS-AL (ml)	45 ± 12	43 ± 15	0,38
VS-AC (ml)	20 ± 13	7 ± 5	0,0001
% VS-AL	65 ± 16	73 ± 18	0,01
% VS-AC	35 ± 16	27 ± 18	0,01
FAepi (%)	11 ± 4	8 ± 4	0,001
FAM (%)	19 ± 5	13 ± 5	0,0001
FAe (%)	37 ± 8	25 ± 9	0,0001
Espesor parietal relativo	0,52 ± 0,18	0,43 ± 0,11	0,0001
Indice de masa (gr/m <sup>2</sup> )	145 ± 40	175 ± 48	0,0001

FEVI: Fracción de eyección ventricular izquierda

ESAM: excursión sistólica del anillo mitral promedio de lateral, septal, anterior e inferior

FAepi: fracción de acortamiento epicárdica, FAM: fracción de acortamiento mesoparietal,

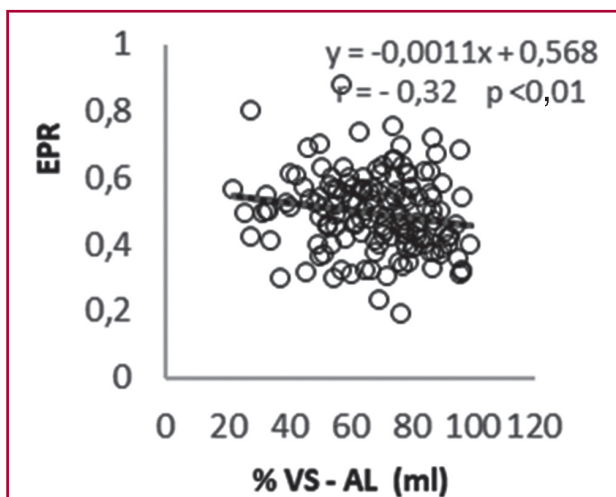
FAe: fracción de acortamiento endocárdica

VS-AL: Contribución absoluta del acortamiento longitudinal al volumen sistólico

% VS-AL: Contribución porcentual del acortamiento longitudinal al volumen sistólico

VS-AC: Contribución absoluta del acortamiento circunferencial al volumen sistólico

% VS-AL: Contribución porcentual del acortamiento circunferencial al volumen sistólico

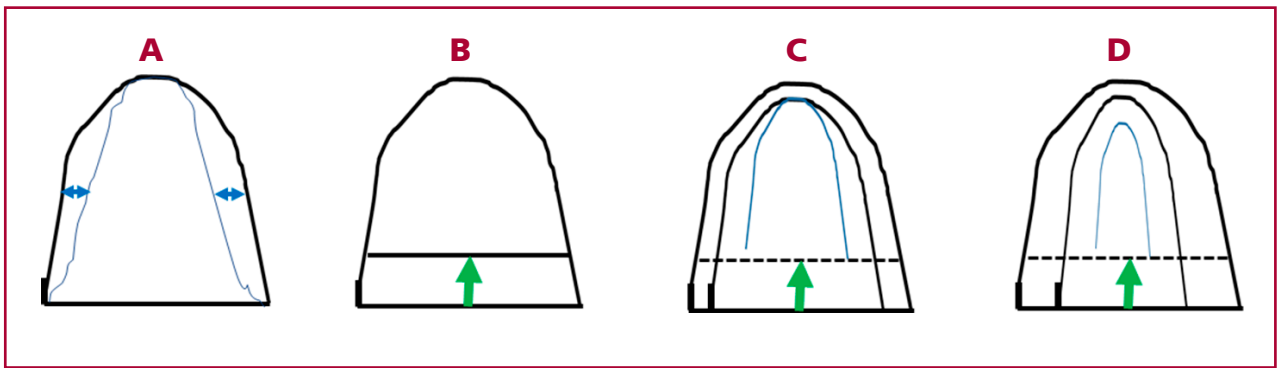


**Fig. 4.** Correlación y regresión del espesor parietal relativo (EPR) y el porcentaje del volumen sistólico (VS) aportado por el acortamiento longitudinal (% VS-AL).

que disminuye el VS y 3) La contribución del AL (%VS - AL) es mayor en los pacientes con FEVI < 50%.

La expulsión del VS es el producto final del corazón como bomba. El VS puede ser visto como la suma de dos partes: el volumen generado por la función longitudinal

y el volumen determinado por la función circunferencial. La función longitudinal se relaciona con la ESAM y la función circunferencial con el acortamiento epicárdico. En la Fig. 5, en A se representa un VI teórico sin miocardio en el cual el acortamiento epicárdico (función circunferencial) determina la eyección del VS. En B se observa que el AL (función longitudinal) es el responsable de la eyección del VS. En C se representa un VI con espesor parietal normal con AL sin AC y en D el efecto que tiene la hipertrofia: el aumento del espesor parietal determina mayor excursión del endocardio con mantenimiento del VS pero con mayor FEVI por disminución del VFD. De esta manera se ejemplifica que puede haber engrosamiento parietal sin AC. (8) La contribución del AL y AC al VS se representa en la Fig. 1A. De acuerdo con nuestros hallazgos, el AL contribuyó con dos tercios aproximadamente al VS y el AC con el tercio restante, en concordancia con Carlsson (AL de 60%) (1) quien estudió con resonancia magnética nuclear individuos normales, atletas y pacientes con miocardiopatía dilatada. Stoylen (2) estudió con ecocardiografía individuos normales hallando que el 75% del VS se correspondía con el AL, al igual que Emilsson (9) (82%). Sin embargo Maclver (3) publicó que el AL contribuye con 17% utilizando un modelo matemático, lo cual difiere de los autores citados previamente. No existe referencia sobre



**Fig. 5.** Representación del ventrículo izquierdo (VI) en fin de diástole (negro) y fin de sístole (azul). En **A** el VI tiene un espesor parietal mínimo y se representa el acortamiento circunferencial (AC) aislado, y en **B** el acortamiento longitudinal (AL) aislado. En el **C** el miocardio es de espesor normal y presenta solo AL, observándose el engrosamiento parietal sistólico que determina la eyección del VS. En **D** el VI tiene hipertrofia concéntrica, lo cual para un mismo AL ocasiona una mayor excursión del endocardio, que redonda en mayor fracción de eyección, evidenciando la dependencia de este último índice de la geometría ventricular. En **C** y **D** el VS es el mismo ya que la excursión del anillo mitral es similar.

la EAo. La correlación inversa hallada entre el VS-AL y el VS indica que la contribución del AL es mayor a medida que disminuye el VS, lo cual también tiene incidencia en la FEVI, ya que a menor VS, menor FEVI para un mismo VFD. La contribución del AL al VS fue diferente al considerar  $FEVI \geq 50\%$  y  $FEVI < 50\%$ . En el primer grupo fue similar al total de los pacientes, pero en los pacientes con  $FEVI < 50\%$  fue del 73% siendo esta diferencia estadísticamente significativa. En este grupo se observa la paradoja de que el % VS-AL está incrementado pero el ESAM –que también evalúa la función longitudinal– está disminuido, lo cual se explica porque el área de la base del teórico cilindro que representa el VS está aumentada, lo que determina que el VS-AL sea similar al del grupo con  $FEVI \geq 50\%$ , pero al ser menor el VS, el % VS-AL resulta mayor. La disminución del AC en los pacientes con  $FEVI < 50\%$  queda evidenciada también por la disminución de la FA epi. Stokke (10) reportó que la función longitudinal (*strain* global longitudinal) contribuye más que la circunferencial a la FEVI cuando es menor de 50%, utilizando un modelo matemático que fue validado posteriormente en 100 pacientes. La geometría ventricular también influye en la composición del VS, ya que el EPR se correlacionó inversamente con el %VS-AL, lo que implica que la hipertrofia excéntrica se asocia a mayor %VS-AL y la hipertrofia concéntrica a menor %VS-AL.

Los hallazgos mencionados tienen implicancias en la interpretación de índices de función longitudinal como el *strain* longitudinal global, con el cual se determinan de puntos de corte de deterioro ventricular sin considerar la geometría ventricular (11, 12) o cuando se calcula el trabajo miocárdico (*myocardial work*) reemplazando el VS por el *strain* (13).

**Limitaciones del estudio:** La resonancia magnética nuclear cardíaca es el método de referencia para

el cálculo de los volúmenes ventriculares, con la cual se puede medir el desplazamiento del anillo mitral y el acortamiento epicárdico. <sup>1</sup> Esta metodología no estuvo disponible en el presente trabajo, pero la ecocardiografía fue la técnica utilizada o referenciada en otros estudios. (2, 3) El *strain* longitudinal fue medido en un pequeño porcentaje de los pacientes, por lo cual no se realizó correlación con el acortamiento longitudinal, aunque la misma ya ha sido publicada previamente. (2))

## CONCLUSIONES

La contribución del AL al VS es mayor (dos tercios) que la del AC, y se correlaciona inversamente con el VS y el EPR. Sin embargo, esta proporción varía al considerar la FEVI; es mayor el % VS-AL en los pacientes con  $FEVI < 50\%$  que en aquellos con  $FEVI \geq 50\%$ . Los hallazgos mencionados podrían tener implicancias al considerar puntos de corte para los índices de función longitudinal (*strain*) sin considerar la FEVI y/o la geometría ventricular.

## Declaración de Conflictos de Intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses.

(Véase formulario de conflicto de intereses de los autores en la web / Material suplementario).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Carlsson M, Ugander M, Mosén H, Buhre T, Arheden H. Atrioventricular plane displacement is the major contributor to left ventricular pumping in healthy adults, athletes, and patients with dilated cardiomyopathy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;292:H452-9. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01148.2006>
2. Stoylen A, Dalen H, Molmen HE. Left ventricular longitudinal shortening: relation to stroke volume and ejection fraction in ageing, blood pressure, body size and gender in the HUNT3 study. *Open Heart* 2020;7:001243. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001243>

3. MacIver DH. The relative impact of circumferential and longitudinal shortening on left ventricular ejection fraction and stroke volume. *Exp Clin Cardiol* 2012;17:5-11.
4. 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. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
5. Koide M, Nagatsu M, Zile M, Hamawaki M, Swindle M, Keech G, et al. Premorbid determinants of left ventricular dysfunction in a novel model of gradually induced pressure overload in the adult canine. *Circulation* 1997; 95:1601-10. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.95.6.1601>
6. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(86\)90771-X](https://doi.org/10.1016/0002-9149(86)90771-X)
7. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Edvardsen T, Goldstein S, et al. Recommendations of the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: A focused update from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2017;30:372-92. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2017.02.009>
8. Ugander M, Carlsson M, Arheden H. Short-axis epicardial volume change is a measure of cardiac left ventricular short-axis function, which is independent of myocardial wall thickness. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2010;298:H530-5. <https://doi.org/10.1152/ajp-heart.00153.2009>
9. Emilsson K, Brudin L, Wandt B. The mode of left ventricular pumping: is there an outer contour change in addition to the atrioventricular plane displacement? *Clinic Physiol* 2001;21:437-46. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2001.00343.x>
10. Stokke TM, Hasselberg NE, Smedsrud MK, Sarvari SI, Haugaa KH, Smiseth OM, et al. Geometry as a confounder when assessing ventricular systolic function, Comparison between ejection fraction and strain. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:942-54. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.06.046>
11. Vollema EM, Amanullah MR, Prihadi EA, Ng ACT, Bijl P, Sin YK, et al. Incremental value of left ventricular global longitudinal strain in a newly proposed staging classification based on c <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa220>ardiac damage in patients with severe aortic stenosis. *EHJ Cardiovasc Imag* 2020;21:1248-58.
12. Migliore RA, Adaniya ME, Franco Camacho MI, Barranco MA, Milles Honores J, Cobos SK, et al. Determinantes de la fracción de eyección ventricular izquierda en pacientes con estenosis aórtica grave. *Rev Argent Cardiol* 2021;89:447-54. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v89.i5.20439>
13. Roemer S, Jaglan A, Santos D, Umland M, Jain R, Tajik AJ, et al. The utility on myocardial work in clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr* 2021;34:807-18. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.04.013>