

Deformación ventricular izquierda en ecocardiografía bidimensional: valores y tiempos en sujetos normales

Isabel Rodríguez-Bailón^a, Manuel F. Jiménez-Navarro^a, Rita Pérez-González^b, Rocío García-Orta^c, Eduardo Morillo-Velarde^a y Eduardo de Teresa-Galván^a

^aServicio de Cardiología. Hospital Universitario Virgen de la Victoria. Málaga. España.

^bFundación Imabis. Hospital Virgen de la Victoria. Málaga. España.

^cServicio de Cardiología. Hospital Universitario Virgen de Las Nieves. Granada. España.

El análisis de la deformación o *strain* y la tasa de deformación o *strain rate* podrían valorar cuantitativamente la contractilidad segmentaria. Esto es factible con Doppler tisular y, más recientemente, también con ecografía bidimensional mediante el rastreo de señales miocárdicas (*speckle tracking*). Este trabajo se diseñó para conocer el valor de estos parámetros en sujetos sanos y su reproducibilidad. Se estudió a 105 sujetos sanos —55 mujeres (52,45%); edad, 38,8 ± 9,5 (20-59) años— mediante *speckle tracking* con la aplicación Vector Velocity Imaging. Se obtuvieron los valores medios de *strain* y *strain rate* de cada segmento, así como el tiempo hasta el pico máximo, normalizado con la longitud del ciclo (TpN). Los valores medios fueron: *strain* circunferencial, 22,2 ± 4,81% con TpN 0,39 ± 0,06; *strain* longitudinal, 19,84 ± 4,59% con TpN 0,42 ± 0,06; *strain rate* circunferencial, 1,64 ± 0,48 1/s con TpN 0,23 ± 0,06; *strain rate* longitudinal, 1,3 ± 0,49 1/s con TpN 0,21 ± 0,09. Las variabilidades del observador y entre observadores fueron moderadas.

Palabras clave: Ventrículo izquierdo. Ecocardiografía. Fisiología.

Left Ventricular Deformation and Two-Dimensional Echocardiography: Temporal and Other Parameter Values in Normal Subjects

Segmental contractility can be assessed quantitatively by analyzing deformation, or strain, and the rate of deformation, or the strain rate. This type of analysis can be performed using either tissue Doppler imaging or, more recently, two-dimensional speckle-tracking echocardiography. The aim of this study was to determine typical parameter values in healthy subjects and their reproducibility. The study involved 105 healthy individuals, including 55 women (52.45%). Their mean age was 38.8±9.5 years (range, 20-59 years). All underwent speckle-tracking echocardiography with velocity vector imaging. Mean values for the strain and strain rate for each segment as well as for the time-to-peak normalized by the length of the cycle (TPN) were obtained. The resulting mean values were: circumferential strain, 22.2±4.81% with a TPN of 0.39±0.06; longitudinal strain, 19.84±4.59% with a TPN of 0.42±0.06; circumferential strain rate, 1.64±0.48 1/s with a TPN of 0.23±0.06; and longitudinal strain rate, 1.3±0.49 1/s with a TPN of 0.21±0.09. Intra- and inter-observer variability were moderate in magnitude.

Key words: Left ventricle. Echocardiography. Physiology.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

La función ventricular izquierda es condicionante pronóstico en muchas cardiopatías. Tradicionalmente, la función sistólica general se valora mediante la fracción de eyección. Sin embargo, no se dispone hasta ahora de un parámetro para cuantificar función sistólica regional. Actualmente existen metodologías basadas en el movimiento de las fibras miocárdicas, que pueden medir la deformación

o *strain* (S) y la tasa de deformación o *strain rate* (SR)¹. Entre ellas, el rastreo de marcas (*speckle tracking*) sobre ecografía bidimensional identifica marcas de las fibras miocárdicas y sigue su movimiento imagen a imagen. Así, el S está determinado por el desplazamiento de unas marcas de miocardio con respecto a otras^{2,3} y el SR es la deformación en relación con el tiempo.

Recientemente se ha desarrollado un método denominando Vector Velocity Imaging (VVI) que utiliza *speckle tracking*, que se ha empleado en varios escenarios clínicos^{4,5} y recientemente se ha validado en situaciones de isquemia⁶⁻⁹. Sin embargo, hasta la fecha no se han descrito los valores de S y SR calculados con este método en población sana.

Este trabajo se diseñó para conocer el valor de estos parámetros en sujetos sanos, su tiempo de

Correspondencia: Dra. I. Rodríguez Bailón.
Angel Guimerá, 2, P3, 1-D. 29017 Málaga. España.
Correo electrónico: irodriguezbaillon@gmail.com

Recibido el 23 de febrero de 2009.
Aceptado para su publicación el 7 de octubre de 2009.

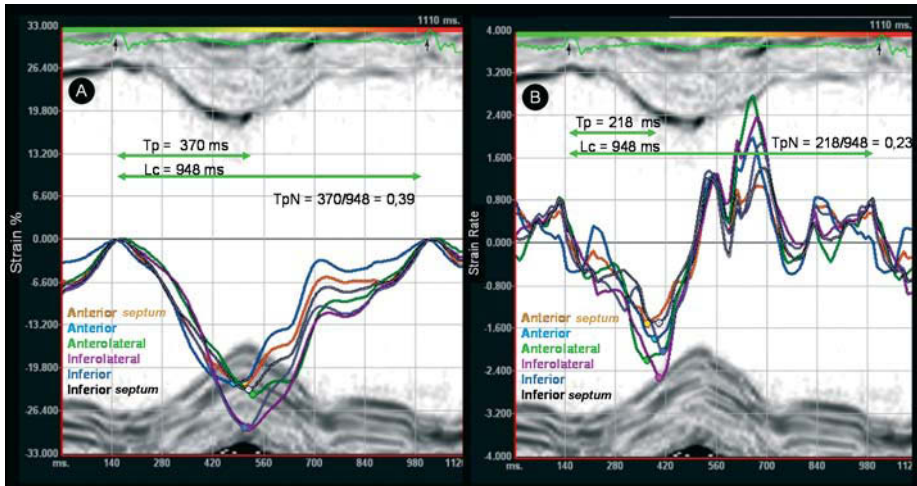


Fig. 1. Valores de *strain* circunferencial (A) y *strain rate* (B) de los seis segmentos analizados en plano transversal. Lc: longitud del ciclo; Tp: tiempo pico; TpN: tiempo-pico normalizado calculado como Tp/Lc.

aparición normalizado con la duración del ciclo (TpN) y su reproducibilidad.

MÉTODOS

Se estudió a 116 voluntarios sanos reclutados entre el personal del hospital que deseaba hacerse un examen de salud cardiovascular y aceptaba participar en el estudio, aprobado por el comité ético del hospital.

Se incluyó sólo a sujetos asintomáticos sin tratamiento ni antecedentes de enfermedad cardíaca, con exploración física, presión arterial (PA), ECG y ecocardiograma Doppler normales. Se excluyó a 3 sujetos por PA > 140/80 mmHg y 8 por calidad de imagen ecocardiográfica inadecuada.

Estudio ecocardiográfico

Se realizó con un ecocardiógrafo Siemens Sequoia C-512 (Siemens Medical Solutions USA Inc., Mountain View, California, Estados Unidos) y transductor de 2,5-4 MHz. Se obtuvieron imágenes en los planos transversal de músculos papilares y apical de cuatro cavidades con segundo armónico, alta resolución temporal (60-100 imágenes/s) y señal de ECG de máxima definición. Las imágenes se almacenaron en formato digital para posterior análisis *off-line*.

Análisis con Vector Velocity Imaging

Las imágenes ecocardiográficas se procesaron con el programa Syngo VVI (Siemens Medical Solutions, Mountain View, California, Estados Unidos). De cada segmento se analizaron los valores sistólicos máximos de S y SR. También se midió el tiempo desde el inicio del QRS al pico máximo (fig. 1). La relación tiempo pico/longitud del ciclo se denominó «tiempo pico normalizado»

(TpN). La media de los valores de los seis segmentos se consideró valor general del ventrículo.

Estudio de la variabilidad

Los ventrículos de 20 sujetos fueron procesados con VVI por dos observadores ecocardiografistas expertos, desconocedores de los resultados del otro. Uno de ellos repitió las medidas 3 semanas después. Se incluyeron los datos de todos los segmentos.

Métodos estadísticos

Los resultados de las variables cuantitativas se muestran como media \pm desviación estándar. Las pruebas de distribución de normalidad se hicieron con test de Shapiro-Wilk. El análisis de diferencias entre dos muestras independientes se hizo con test de la t de Student (distribución normal) o de la U de Mann-Whitney-Wilcoxon en caso contrario. Para el estudio de variabilidad del observador y entre observadores, se hizo el coeficiente de variabilidad. Este se calculó a través de la desviación estándar expresada como porcentaje del valor medio de dos conjuntos de observaciones emparejadas. Se consideró significativo el valor de $p < 0,05$. Los cálculos estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS.12 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, Estados Unidos).

RESULTADOS

Las características demográficas y ecocardiográficas de los 105 sujetos se muestran en la tabla 1.

Strain

Los valores se obtuvieron procesando las imágenes de un ciclo cardíaco completo. El S circunferencial se obtuvo en las imágenes de corte trans-

TABLA 1. Datos demográficos y ecocardiográficos de la población estudiada

Pacientes, n	105
Edad (años)	38,8 ± 9,5
Mujeres, n (%)	55 (52,4)
Peso (kg)	71 ± 12,88
Talla (cm)	169 ± 9,33
Área de superficie corporal (m ²)	1,81 ± 0,2
Índice de masa corporal	24,7 ± 3,25
Presión arterial sistólica (mmHg)	117 ± 12
Presión arterial diastólica (mmHg)	73 ± 7,9
DDVI (cm)	4,74 ± 0,53
Pared posterior (cm)	0,83 ± 0,12
Grosor parietal relativo	0,36 ± 0,05
Índice de masa VI (g/m ²)	74 ± 15,39
Fracción de acortamiento	0,38 ± 0,04
Fracción de acortamiento mesocárdico	22 ± 3
FE Simpson	67 ± 7
Gasto cardiaco (l/min)	5,38 ± 1,25

DDVI: diámetro diastólico ventricular izquierdo; FE: fracción de eyección; GPR: grosor parietal relativo; VI: ventrículo izquierdo.

versal y el longitudinal en las imágenes de plano apical. La media de los valores máximos de cada segmento y del ventrículo en general, así como el tiempo al pico y su relación con la duración del ciclo, se expresan en la tabla 2.

Los valores de S circunferencial medio son superiores a los de S longitudinal (22,20 ± 4,81 frente a 19,84 ± 4,59; p = 0,004). Además, el S circunferen-

cial de los segmentos inferiores es mayor que el de los anteriores (23,92 ± 7,04 frente a 20,49 ± 6,69; p < 0,0001).

Strain rate

Los valores obtenidos se muestran en la tabla 2. Los valores de SR circunferencial medio son mayores que los de SR longitudinal medio (1,64 ± 0,48 frente a 1,30 ± 0,49; p < 0,0001) (fig. 2). También, los segmentos inferiores tienen SR circunferencial mayor que los anteriores (1,73 ± 0,62 frente a 1,57 ± 0,58; p = 0,007).

No hubo diferencias con respecto al sexo en ninguno de los parámetros estudiados.

Fiabilidad del método

Las variabilidades del observador y entre observadores fueron: S circunferencial, el 13,42 y el 15,5%; S longitudinal, el 15,96 y el 15,79%; SR circunferencial, el 14,78 y el 13,47%, y SR longitudinal, el 17,9 y el 15,02%.

DISCUSIÓN

Las medidas de S y SR podrían ser útiles para cuantificar la función ventricular segmentaria. Nuestro trabajo aporta datos de normalidad en términos cuantitativos de espacio y tiempo. La adición

TABLA 2. Valores máximos de strain sistólico y strain rate, con sus respectivos tiempos pico y tiempos pico normalizados con la longitud del ciclo

	Strain	Tp (ms)	TpN	Strain rate (1/s)	Tp (ms)	TpN
Circunferencial						
Septo anterior	20,71 ± 6,59	342 ± 63	0,38 ± 0,08	1,54 ± 0,56	182 ± 53	0,21 ± 0,08
Anterior	20,49 ± 6,69 ^a	348 ± 65	0,39 ± 0,08	1,57 ± 0,58 ^{b,c}	201 ± 64	0,23 ± 0,08
Lateral	22,48 ± 6,96	361 ± 53	0,41 ± 0,07	1,65 ± 0,63	204 ± 54	0,23 ± 0,08
Posterior	23,01 ± 7,97	356 ± 63	0,40 ± 0,07	1,73 ± 0,64 ^c	203 ± 46	0,23 ± 0,08
Inferior	23,92 ± 7,04	351 ± 49	0,39 ± 0,06	1,73 ± 0,62 ^b	208 ± 61	0,23 ± 0,08
Septo inferior	22,57 ± 6,08 ^a	349 ± 51	0,39 ± 0,07	1,60 ± 0,59	196 ± 60	0,22 ± 0,08
LV general	22,20 ± 4,81 ^d	351 ± 43	0,39 ± 0,06	1,64 ± 0,48 ^e	199 ± 40	0,23 ± 0,06
Longitudinal						
Septo basal	18,97 ± 7,89	385 ± 67	0,43 ± 0,09	1,43 ± 0,93	206 ± 76	0,23 ± 0,08
Septo medio	19,36 ± 5,71	375 ± 62	0,42 ± 0,08	1,25 ± 0,62	185 ± 72	0,21 ± 0,09
Septo apical	20,27 ± 9,01	369 ± 60	0,42 ± 0,08	1,25 ± 0,48	176 ± 66	0,20 ± 0,08
Lateral basal	20,76 ± 5,63	377 ± 61	0,42 ± 0,08	1,41 ± 0,71	194 ± 75	0,22 ± 0,09
Lateral medio	19,67 ± 4,66	370 ± 55	0,42 ± 0,07	1,23 ± 0,47	184 ± 64	0,21 ± 0,08
Lateral apical	19,99 ± 5,39	378 ± 55	0,43 ± 0,08	1,21 ± 0,41	178 ± 69	0,20 ± 0,08
LV general	19,84 ± 4,59 ^d	375 ± 97	0,42 ± 0,06	1,30 ± 0,49 ^e	187 ± 53	0,21 ± 0,09

Tp: tiempo pico; TpN: tiempo pico normalizado.

^ap < 0,001; t de Student; strain circunferencial en segmento inferior frente a anterior.

^bp < 0,01; test de Wilcoxon; strain rate circunferencial en segmento inferior frente a anterior.

^cp < 0,05; test de Wilcoxon; strain rate circunferencial en segmento posterior frente a anterior.

^dp < 0,05; test de Wilcoxon; strain general circunferencial frente a longitudinal.

^ep < 0,001; test de Wilcoxon; strain rate general circunferencial frente a longitudinal.

Los valores expresan media ± desviación estándar.

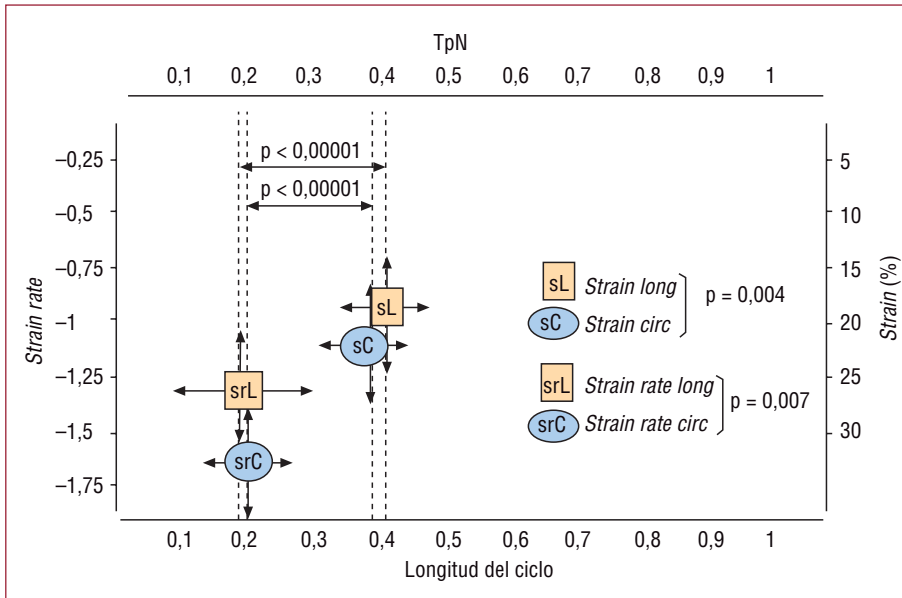


Fig. 2. Valores de strain y strain rate y sus correspondientes tiempos-pico normalizados en una población de 105 sujetos sanos. Puede apreciarse que los tiempos-pico normalizados de strain rate son significativamente más cortos que los de strain. C: circunferencial; L: longitudinal; s: strain; sr: strain rate; TpN: tiempo pico normalizado.

de la variable tiempo con el valor de TpN puede ser útil para caracterizar algunas situaciones patológicas como la isquemia miocárdica.

Estudios experimentales¹⁰⁻¹² y clínicos^{13,14} evidencian que la isquemia produce disminución y retraso en la deformación de los segmentos isquémicos. Por ello, un parámetro como el TpN, cuyos valores normales describimos, podría ser útil para definir la deformación tardía de forma simple, no invasiva y fácilmente reproducible. Futuros estudios deberán confirmar su utilidad real.

Por otro lado, no detectamos diferencias por sexo en ningún parámetro.

La reproducibilidad es moderada. Cabe esperar que futuras mejoras en definición de imagen y los algoritmos que diferencian la interfase miocardio/sangre permitan mejorar la reproducibilidad.

Limitaciones

De la población analizada se excluyó a 8 sujetos por insuficiente calidad del estudio ecocardiográfico (7%), por lo que el estudio fue factible en el 93%.

La edad de los sujetos incluidos oscila entre 18 y 60 años, por lo que los datos de este estudio no son aplicables a sujetos mayores de esa edad ni tampoco de edad infantil.

En conclusión, aportamos valores de tiempo-pico normalizado de S y SR que podrían servir de referencia para definir la contracción tardía como marcador de isquemia. No detectamos diferencias con respecto al sexo. Las variabilidades del observador y entre observadores son moderadas y susceptibles de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

1. D'Hooge J, Heimdal A, Jamal F, Kukulski T, Bijnens B, Rademakers F, et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr.* 2000;1:154-70.
2. Langeland S, D'hooge J, Wouters PF, Leather A, Claus P, Bijnens B, et al. Experimental validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle. *Circulation.* 2005;112:2157-62.
3. Korinek J, Wang J, Sengupta P, Miyazaki C, Kjaergaard J, McMahon E. Twodimensional strain: A Doppler-independent ultrasound method for quantitation of regional deformation. Validation in vitro and in vivo. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18:1247-53.
4. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:789-93.
5. Vannan MA, Pedrizzetti G, Li P, Gurudevan S, Houle H, Main J, et al. Effect of cardiac resynchronization therapy on longitudinal and circumferential left ventricular mechanics by velocity vector imaging: description and initial clinical application of a novel method using high-frame rate B-mode echocardiographic images. *Echocardiography.* 2005;22:826-30.
6. Pirat B, McCulloch ML, Zoghbi WA. Evaluation of global and regional right ventricular systolic function in patients with pulmonary hypertension using a novel speckle tracking method. *Am J Cardiol.* 2006;98:699-704.
7. Pirat B, Khoury DS, Hartley CJ, Tiller L, Rao L, Schultz DG, et al. A novel feature-tracking echocardiographic method for the quantitation of regional myocardial function validation in an animal model of ischemia-reperfusion. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51:651-9.
8. Jurcut R, Pappas CJ, Masci PG, Herbot L, Szulik M, Bogaert J, et al. Detection of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction using Velocity Vector Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21:879-86.

9. Masuda K, Asanuma T, Taniguchi A, Uranishi A, Ishikura F, Beppu S. Assessment of dyssynchronous wall motion during acute myocardial ischemia using Velocity Vector Imaging. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008;1:210-20.
10. Armstrong G, Pasquet A, Fukamachi K, Cardon L, Olstad B, Marwick T. Use of peak systolic strain as an index of regional left ventricular function: Comparison with tissue Doppler velocity during dobutamine stress and myocardial ischemia. *J Am Soc Echocardiogr.* 2000;13:731-7.
11. Jamal F, Kukulski T, Strotmann J, Szilard M, D'hooge J, Bijnens B, et al. Quantitation of the spectrum of changes in regional myocardial function during acute ischaemia in closed-chest pigs. An ultrasonic strain rate and strain study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2001;14:874-84.
12. Reant P, Labrousse L, Lafitte S, Bordachar P, Pillois X, Tariosse L, et al. Experimental validation of circumferential, longitudinal, and radial 2-dimensional strain during dobutamine stress echocardiography in ischemic conditions. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51:149-57.
13. Kukulski T, Jamal F, Herbots L, D'hooge J, Bijnens B, Hatle L, et al. Identification of acutely ischemic myocardium using ultrasonic strain measurements a clinical study in patients undergoing coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41:810-9.
14. 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.