

Reporte de valores normales de deformación miocárdica en una población sana uruguaya

Dres. Gabriel Parma, Carlos Américo, Víctor Dayan, Natalia Lluberás, Fabián Martínez, Ana Fajardo, Arturo Pazos, Ricardo Lluberás, Lucía Florio

Resumen

Antecedentes: el *strain* longitudinal global (SLG) es una herramienta diagnóstica útil en definidos escenarios clínicos, como el de la valoración de disfunción sistólica precoz. Existen varios métodos para su cuantificación y escasas referencias del método Vector velocity imaging (VVI) que validen sus valores normales para el ventrículo izquierdo y el derecho (VI, VD).

Objetivo: conocer cifras normales del SLG del VI y del VD por método VVI en población sana y compararlas con series internacionales por igual método. Valorar su correlación con otras medidas de función sistólica, medidas antropométricas y hemodinámicas.

Material y métodos: se trata de un estudio prospectivo, observacional, utilizando el *strain* longitudinal por método VVI en voluntarios sanos. Se seleccionó una muestra de conveniencia de 57 sujetos sanos –edad ≥ 18 años–, reclutados de manera prospectiva. Se realizó cuestionario y examen físico, ecocardiograma Doppler color y *strain* longitudinal regional y global del VI y del VD. Para el análisis de los datos se dividió la población por sexo, y se compararon los datos de SLGVI y SLGVD obtenidos, con los de otra población de referencia internacional.

Resultado: se incluyeron 52 pacientes. Los valores del SLG VI: $-19,8 \pm 1,7\%$; SLG VD: $-20,9\% \pm 2,9\%$. La comparación en cuanto a diferencias de medias entre nuestra población y la de referencia internacional para el VI (%) con igual método de análisis: 0,04 (95%IC -0,51 – 0,52; p: 0,98). Comparando con el trabajo de VD (%): -0,5 (95%IC -1,2 – 0,17; p: 0,13).

Conclusión: evaluamos en forma detallada la deformación normal del miocardio en una cohorte amplia de voluntarios sanos y expusimos por vez primera para la región y por método de *strain* (VVI) valores de referencia de SLG y regional del VI y VD. No se encontraron diferencias con series internacionales en la media de SLG del VI y VD.

Palabras clave: ECOCARDIOGRAFÍA
MIOCARDIO / anomalías
VALORES DE REFERENCIA
VOLUNTARIOS SANOS

Report of normal values of myocardial deformation in an Uruguayan healthy population

Summary

Background: The global longitudinal strain (SLG) is a useful diagnostic tool in some defined clinical settings. There are several methods for its quantification and scarce references of “vector velocity imaging” (VVI) that validate their normal values for the left and right ventricle.

Objective: To know the SLG of the left ventricle (LV) and right ventricle (RV) normal by VVI method in a healthy population and compare them with international series by the same method, to assess their correlation with other measures of systolic function, measures anthropometric and hemodynamic data.

Material and methods: this is a prospective, observational study, that uses longitudinal strain by VVI method in healthy voluntaries. We selected a convenience sample of 57 healthy subjects –ages ≥ 18 years– recruited prospectively. A questionnaire and physical examination, Doppler echocardiography, and regional and global longitudinal strain of LV and RV was done. For the analysis of the data the population was divided by sex, and the data of SLGLV and SLGRV obtained was compared with the obtained in a reference international population.

Result: 52 patients. The values of the SLG LV: -19.8 ± 1.7 ; SLG RV: -20.9 ± 2.9 . The comparison in terms of mean diffe-

Departamento de Cardiología. Centro Cardiovascular Universitario. UdelaR

Correo electrónico: nrs30@adinet.com.uy

Recibido May 30, 2016; aceptado Jul 25, 2016.

rences between our population and the international reference for the LV with same method of analysis: 0.04% (95IC -0.51-0.52; p: 0.98). Comparing with the paper of RV: -0.5 (95IC -1,2-0.17; p 0.13).

Conclusion: We evaluated in detail the normal deformation of the myocardium in a cohort of healthy volunteers, and expressed for first time to the region by method of strain (VVI) SLG reference values and regional of the LV and RV. Compared with international series, these values have no significant difference with mean SLG of the LV and y RV.

Key words: ECHOCARDIOGRAPHY
MYOCARDIUM / abnormalities
NORMAL RANGE
HEALTH VOLUNTEERS

Introducción

La deformación miocárdica en todos sus planos puede ser explicada por la orientación helicoidal de las fibras miocárdicas. Esta teoría de Torrent Guasp ha sido avalada por investigaciones con nuevas técnicas de imagen cardíaca⁽¹⁻¹⁰⁾. Para el análisis de la deformación miocárdica bidimensional de ambos ventrículos se dispone básicamente de dos métodos ecocardiográficos⁽¹¹⁻¹⁵⁾:

- Método con *speckle tracking*.
- Método con velocidad vectorial (VV).

Ambos son variaciones de la misma técnica, están avalados por la literatura que los ha comparado con métodos invasivos y no invasivos, son de uso en la práctica clínica y permiten la valoración funcional por *strain* de ambos ventrículos⁽¹⁶⁻¹⁸⁾.

Si bien existe unanimidad en la importancia del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo (SLGVI)⁽¹⁹⁻³⁰⁾, hasta la fecha los valores de referencia son escasos, heterogéneos y en algunos trabajos discrepantes⁽¹⁹⁻²³⁾. Esto se debe a que existen diferentes definiciones de la posición de medición en el miocardio, proveedores y versiones de software de análisis, no existiendo unanimidad de criterios entre los diversos métodos para valores normales y mucho menos rangos de severidad del mismo. La nueva guía 2015 de estandarización de medidas ecocardiográficas realizada por la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Asociación Europea de Imagenología Cardiovascular recomienda esta técnica siempre que se utilice el mismo equipo y software, trazando igual metodología⁽¹⁹⁾.

Para el caso de VV la evidencia es aún más restringida. Solamente hay tres trabajos en la literatura que intentan definir valores normales y establecer su dependencia con edad, sexo, medidas antropométricas y parámetros hemodinámicos⁽²⁵⁻²⁷⁾. Estos trabajos presentan también heterogeneidad en la utilización de marcas y forma de medición del *strain*, y utilizaron poblaciones étnicas diferentes, no reportándose ningún trabajo aún con el método VV en Latinoamérica.

Nuestro objetivo fue establecer una referencia a nivel nacional sobre valores normales de *strain* longitudinal regional y global del VI y VD.

Material y método

Se trata de un estudio prospectivo, observacional, utilizando el *strain* longitudinal por método VVI en voluntarios sanos.

Población de estudio

Se seleccionó una muestra de conveniencia de 57 sujetos sanos, reclutados de manera prospectiva entre estudiantes de medicina, médicos en formación, docentes de la Cátedra de Cardiología y funcionarios no médicos del Hospital de Clínicas.

Criterios de inclusión

- Edad ≥ 18 años.
- Ausencia de síntomas cardiovasculares.
- Ausencia de factores de riesgo cardiovascular clásicos: hipertensión arterial, diabetes, dislipemia, tabaquismo.
- Ausencia de enfermedades cardiovasculares o pleuropulmonares.
- Ausencia de enfermedades autoinmunes, metabólicas o endocrinológicas.
- Ausencia de cualquier tratamiento farmacológico crónico.
- Exploración física normal, incluyendo presión arterial (PA) normal.
- Ventana ultrasónica adecuada para valoración objetiva de fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) y *strain*.
- Ecocardiograma Doppler bidimensional normal.

Criterios de exclusión

- Embarazo.
- No consentir la utilización de datos para la difusión científica de los mismos.

Se realizó cuestionario y examen físico registrando sexo, edad, PA, peso, talla, y se calculó el área de superficie corporal según la fórmula de Du-

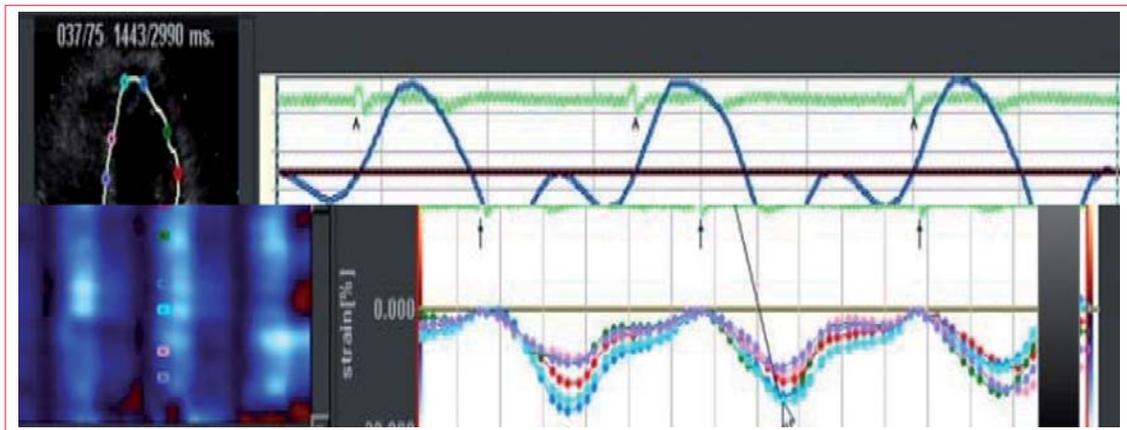


Figura 1. Curvas de *strain* longitudinal sistólico del ventrículo izquierdo en apical 4 cámaras utilizando el software de análisis de Siemens Sequoia C 512. En la parte superior se señala con diferentes colores tres pares de puntos a nivel basal, medio y apical en el pico sistólico (según el ECG). En la parte inferior vemos las curvas de *strain* para cada uno de los seis puntos señalados (el color señalado en la parte superior es el que corresponde al color de la curva de *strain* en la parte inferior).

bois y Dubois⁽²⁸⁾. Posteriormente se realizó ecocardiograma Doppler color y *strain* longitudinal regional y global del VI y VD.

Para el análisis de los datos se dividió la población por sexo y comparamos los datos de SLGVI y SLGVD obtenidos de nuestra población sana uruguaya con otra población de referencia internacional. El trabajo de referencia para comparar el SLGVI es el único en la literatura internacional que describe una cohorte normal utilizando el mismo ecocardiograma (Siemens Sequoia C 512) y la misma metodología de medición del *strain* (VVI)⁽²⁵⁾. Para comparar el SLGVD obtenido en nuestra población con otra de referencia, no encontramos ningún trabajo publicado que utilice el mismo ecógrafo, por lo tanto lo comparamos con el trabajo más grande publicado de valores normales en SLGVD⁽²⁷⁾, que usa similar metodología (VVI).

Estudio ecocardiográfico

El estudio se realizó con ecocardiograma Siemens Sequoia C-512 y transductor de 2,5-4 MHz. Se realizaron enfoques convencionales para mediciones morfológicas de cuatro cavidades. Como medidas funcionales del VI y VD se valoró la media de la onda S del Doppler tisular promediando el valor pico obtenido en el anillo lateral y septal de la válvula mitral y a nivel de la excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo. Se valoró mediante modo M la ESAT como parámetro avalado de valoración de función sistólica global del VD. Posteriormente se obtuvieron imágenes en apical 4 y 2 cámaras con segunda armónica, alta resolución temporal (60-100 imágenes/s) y señal electrocardiográfica de buena definición, realizando en forma *off-line* la cuantificación de la FEVI: se calcularon los volúmenes telediastóli-

cos y telesistólicos del VI mediante método de Simpson modificado, y el *strain* longitudinal sistólico (valor pico) regional y global (tomando bordes endocárdicos), calculando los valores sistólicos máximos de cada región: basal, medio y apical de los enfoques 2 y 4 cámaras. La media de cada grupo de los seis valores de 2 y 4 cámaras corresponden al *strain* longitudinal global (SLG) de 2 y 4 cámaras, respectivamente, y la media de los valores de los 12 segmentos se consideró el valor del SLG (ver figura 1). El SLG del VD se cuantificó en apical 4 cámaras, se eligieron tres pares de puntos endocárdicos (basal, medio y apical) y la media de los valores de los seis segmentos se consideró el valor general del VD (SLG VD). Tanto para el análisis del SLG VI como para SLG VD se excluyeron los puntos con mala acústica.

Previo a la realización de este estudio se realizó un trabajo de *factibilidad y reproducibilidad intra e interobservador* de SLGVI que avalara la utilización de este método en trabajos científicos. De los resultados destacamos una excelente factibilidad de los segmentos analizados, 148 de 150 totales (98,7), y una excelente reproducibilidad intra e interobservador, valorado por el coeficiente de correlación intraclase, ambos con valores superiores a 0,75⁽²⁹⁾.

Análisis estadístico

Las variables cualitativas se expresan como valor absoluto (%), las cuantitativas en media \pm DS. Se comprobó normalidad con test de Shapiro-Wilk, por lo que el análisis comparativo entre subgrupos se realizó con test de t de Student para muestras independientes. Se realizó correlación de Pearson entre SLG VI y SLG VD con parámetros antropométricos, hemodinámicos y funcionales del VI y VD, y análisis uni y multivariado incluyendo medidas funcionales

Tabla 1. Características basales de la población en estudio

	Total (n: 57)	Hombres (n: 32)	Mujeres (n: 25)	P
PAS mmHg	115,7±10,4	115,7±10,5	116±10,5	0,9
PAD mmHg	72,0±10,1	71,4±10,7	73,3±8,9	0,5
Peso (kg)	69,5±12,1	73,8±10,8	59,9±10,1	0,001
Talla (cm)	172,9±8,6	175,8±5,5	164±9,4	0,001
ASC	1,78±0,2	1,85±0,14	1,6±0,18	0,001
DDVI (mm)	47,4±3,3	48,5±2,8	45,1±2,9	0,003
DSVI (mm)	27,2±3,0	28,1±2,6	25,2±2,9	0,002
SIV (mm)	7,7±1,0	7,9±1,1	7,1±0,8	0,03
PP (mm)	7,3±0,8	7,5±0,8	6,8±0,6	0,03
MasaVI (g/m ²)	61,0±12,4	62,2±13	58±9,9	0,03
AAI (cm ²)	15,0±1,8	15,6±1,3	13,5±2	0,01
FEVI (%)	62,0±5,5	62,0±5,5	61,9±5,8	0,9
Onda S basal VI (m/s)	0,15±0,04	0,15±0,04	0,14±0,04	0,48
Vol. sistólico (ml)	74,4±12,5	77,8±10,4	70,9±15,2	0,02
DVD base (mm)	33,1±4,4	34,8±4	29,2±2,2	0,001
DVD medio (mm)	29,9±4,8	31±18	29,5±3,9	0,001
Onda S basal VD (m/s)	0,18±0,03	0,18±0,03	0,18±0,02	0,15
TAPSE (mm)	22,2±2,6	22,6±2,5	21,7±2,4	0,3
AAD (cm ²)	14,1±1,5	14±1,4	13,9±1,6	0,3

AAI: área de aurícula izquierda; AAD: área de aurícula derecha; ASC: área superficie corporal; DDVI: diámetro diastólico del ventrículo izquierdo; DSVI: diámetro sistólico del ventrículo izquierdo; DVD: diámetro del ventrículo derecho; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; Onda S basal VI: medición de onda S por Doppler tisular en sector basal del ventrículo izquierdo (pro-medio del septum y pared lateral); Onda S basal VD: medición de onda S por Doppler tisular en sector basal lateral del ventrículo derecho; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; PP: pared posterior; Relación onda E/E: es la relación de onda E a nivel del plano del anillo mitral medida por Doppler pulsado y la onda E a nivel del anillo medido por Doppler tisular; SIV: septum interventricular; TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricuspídeo mediante modo M.

del VI y VD. Los valores de SLG VI y VD se compararon con otras medidas de referencia internacional mediante test de t para una muestra. Los datos se expresan en diferencias de medias e IC95%. Se consideró significativa una $p < 0,05$. Los cálculos se realizaron con el paquete estadístico SPSS v20 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, Estados Unidos). Dados los antecedentes del equipo respecto a la relación entre la FEVI y el *strain* longitudinal apical⁽⁴⁰⁾, como forma de análisis *post-hoc* analizamos la correlación entre la FEVI y la onda S del Doppler tisular, y la correlación de esta última con el *strain* longitudinal regional apical de 4 cámaras.

Resultados

Se incluyó un total de 57 sujetos, de los cuales 25 (43,8%) eran mujeres. La edad fue de $35,6 \pm 9,9$

años. En la tabla 1 se indican las características demográficas, antropométricas, hemodinámicas y ecocardiográficas (anatómicas y funcionales) de esta población. Los hombres presentaron medidas antropométricas y anatómicas ecocardiográficas estadísticamente más altas que las mujeres; por el contrario, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la FEVI, onda S del Doppler tisular del VI y VD y la excursión sistólica del plano de anillo tricuspídeo (TAPSE). Los valores de SLG y regional del VI y VD se exponen en la tabla 2. Se analizaron 645 de los 684 segmentos pautados del *strain* longitudinal del VI y 314 de los 342 del VD. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre la media de los valores de *strain* regional y global del VI y VD entre sexos. En cuanto a la distribución de los valores a nivel regional del VI, tanto en 2 como en 4 cámaras se registra un mismo patrón de distribu-

Tabla 2. Valores de *strain* regional y global del ventrículo izquierdo y ventrículo derecho de la población en estudio, y comparación entre ambos sexos.

	Total (n: 57)	Hombres (n: 32)	Mujeres (n: 25)	P
SLG 4C base (%)	-19,2±1,5	-19,8±1,9	-19,0±1	0,09
SLG 4C medio (%)	-16,5±1,5	-15,5±2,1	-16,8±1,5	0,08
SLG 4C ápex (%)	-19,9±2,7	-20,3±2,9	-19,6±2	0,38
SLG global 4C (%)	-18,5±1,1	-19,2±1,2	-18,3±1,3	0,8
SLG 2c base (%)	-22,3±3,4	-22,6±2,9	-21,5±4,1	0,5
SLG 2c medio (%)	-19,1±2,8	-18,9±2,8	-19,6±3,2	0,4
SLG 2c ápex (%)	-22,8±3,6	-23,1±3,8	-22,1±3,1	0,4
SLG 2C global (%)	-21,4±2,8	-21,5±2,9	-21,2±5,2	0,8
SLG total VI (%)	-19,8±1,7	-19,9±1,9	-19,5±1,4	0,49
SLG total VD (%)	-20,9±2,5	-20,2±1,7	-22,3±3,3	0,35

SLG 4 C: *strain* longitudinal regional promedio entre el sector lateral y septal (en tres niveles: basal, medio y apical); SLG 2 C: *strain* longitudinal regional promedio entre el sector anterior e inferior (en tres niveles: basal, medio y apical); SLG global 4 C: *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo en enfoque 4 cámaras (promedio de los seis segmentos); SLG global 2 C: *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo en enfoque 2 cámaras (promedio de los seis segmentos); SLG total VI: *strain* longitudinal global promedio de los 12 segmentos del ventrículo izquierdo; SLG total VD: *strain* longitudinal global promedio de los seis segmentos del ventrículo derecho.

Tabla 3. Análisis univariado entre SLGVI y parámetros de función sistólica del ventrículo izquierdo, medidas antropométricas y hemodinámicas.

Variable	Coefficiente B	R	P
PAS	-0,08	-0,46	0,001
PAD	-0,087	-0,49	0,000
Peso	-0,001	-0,009	0,9
Talla	-0,055	-0,26	0,065
ASC	-0,92	-0,01	0,4
FEVI	-0,16	-0,49	0,000
Onda S DT	-0,021	-0,84	0,000
Vol. sistólico	-0,04	-0,75	0,001

Tabla 4. Análisis de regresión multivariado de variables predictoras de SLGVI. Se incluyeron aquellas variables cuyo análisis univariado mostró $p \leq 0,1$.

Variable	Coefficiente B	R	r ²	P
PAD	-0,087	-0,49	0,24	0,001
Vol. sistólico	-0,071	-0,68	0,46	0,000
Onda S DT	-0,011	-0,71	0,5	0,000

ción del *strain* longitudinal regional, con el valor más negativo a nivel del ápex, luego la base y el valor menos negativo en nivel medio, explicado por la orientación helicoidal de las fibras miocárdicas. También se evidencia que el valor del SLG y regional del VI de 2 cámaras es más negativo (mayor deformación) que el encontrado en el SLG y regional del VI de 4 cámaras. La correlación entre el SLGVI con otras medidas funcionales ventriculares y medidas antropométricas se muestra en las tablas 3 y 4. En el análisis univariado se comprobó una fuerte correlación estadística entre el SLGVI y el pico de onda S del Doppler tisular (R: -0,84; $p < 0,001$), el volumen sistólico (R: 0,75; $p: 0,001$), y débil con la FEVI (R: -0,49; $p: 0,001$), PA diastólica (PAD) (R: -0,46; $p: 0,001$) y PA sistólica (PAS) (R: -0,49; $p: < 0,001$). En análisis multivariado los únicos predictores del SLGVI fueron la onda S del Doppler tisular (B=-0,011; $p < 0,001$), volumen sistólico (B=-0,071; $p < 0,001$) y PAD (B=-0,087; $p = 0,001$) (figura 2). La correlación entre el SLGVD con medidas antropométricas y funcionales del VD se muestra en las tablas 5 y 6. En el análisis multivariado el único predictor resultó ser la onda S del Doppler tisular (R: -0,88, $r^2: 0,44$; $p: 0,001$). Al comparar estos valores con datos internacionales⁽²⁵⁾ vemos que nuestro valor de media de SLGVI fue de $-19,8\% \pm 1,7\%$, mientras que el de la población española fue de $-19,84\% \pm 2,9\%$, con diferencia de medias de 0,04 (IC95%: -0,51, -0,52; $p: 0,98$), marcando una sorprendente similitud en cuanto a valores de referencia (figura 3). En referencia al SLGVD, se comparó con una población estadounidense de referencia⁽²⁷⁾ y encontramos que la media fue de $-20,9\% \pm 2,5\%$ versus $-20,4 \pm 3,2\%$ en esta última. Las diferencias de medias fue para el VD (%): -0,5 (95%IC -1,2 - 0,17; $p: 0,13$) (figura 4).

Discusión

Los hallazgos del presente trabajo son el resultado de un trabajo metódico utilizando una técnica innovadora, sin experiencia en el medio y con escasa bibliografía internacional. Consideramos que se trata de una propuesta original para la región que aporta valores de referencia nacionales para el SLGVI y SLGVD. Discutiremos los resultados en base a los objetivos propuestos.

Valores de referencia de la deformación miocárdica del ventrículo izquierdo y derecho

Si bien existen varios tipos de deformación miocárdica, longitudinal, radial y circunferencial, hay consenso en cuanto a que el parámetro de mayor aplicabilidad clínica y proyección es el SLG⁽¹⁹⁾, por lo que

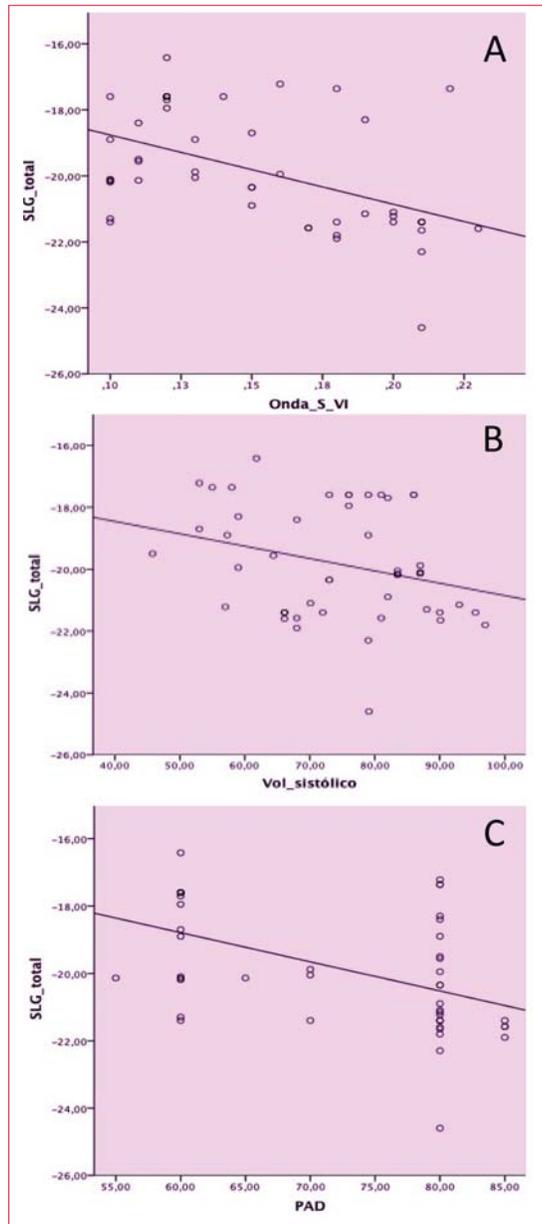


Figura 2. Correlación entre SLG total y variables significativas luego del análisis multivariado, analizado mediante gráficos de dispersión. A) Variable dependiente: SLG VI (%); variable predictora: onda S DT (m/s); valor de r^2 de -0,5. B) Variable dependiente: SLG VI (%); variable predictora: volumen sistólico (ml); valor del r^2 -0,46. C) Variable dependiente: SLG VI (%); variable predictora: PAD (mmHg); valor de r^2 -0,24.

centramos la investigación en este. Según la guía de ecocardiografía actual es necesaria la búsqueda de consenso sobre los valores de SLG y los laboratorios deberían establecer valores propios de normalidad. En el caso del VVI la evidencia es escasa, y los métodos heterogéneos midiendo SLG a nivel del subepicardio o del subendocardio no contemplan la medición del *strain* en los 17 segmentos del VI. Trabajos previos en población normal utilizan cohortes de

Tabla 5. Análisis univariado entre SLGVD y parámetros de función sistólica del ventrículo derecho, medidas antropométricas y hemodinámicas.

Variable	Coefficiente B	R	P
PAS	-0,004	0,17	0,91
PAD	0,01	0,06	0,65
PESO	0,039	0,19	0,19
TALLA	0,122	0,419	0,003
ASC	2,2	0,176	0,28
TAPSE	-0,13	0,145	0,319
ONDA S DT	-2,3	0,34	0,016

Tabla 6. Análisis de regresión multivariado de variable predictora de SLGVD. Se incluyeron aquellas variables cuyo análisis univariado mostró $p \leq 0,1$.

Variable	Coefficiente B	R	r ²	P
Onda S DT	-0,018	0,88	0,44	0,001

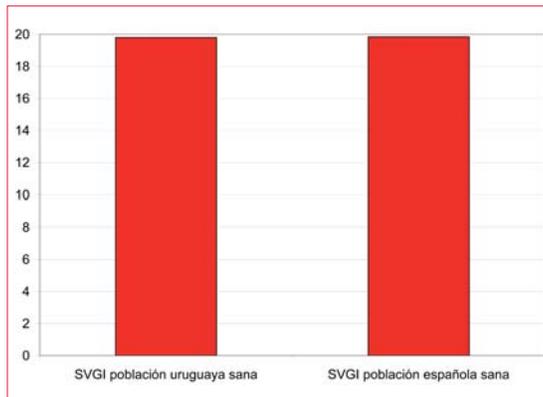


Figura 3. Comparación de medias del SLGVI (en valores absolutos) entre nuestra población de estudio y la publicada en una población española.

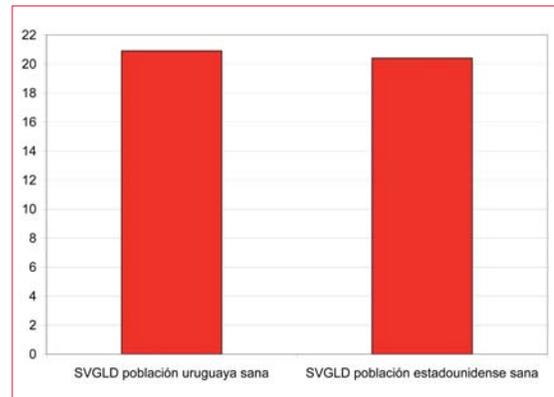


Figura 4. Comparación de medias del SLGVD (en valores absolutos) entre nuestra población de estudio y la publicada en una población estadounidense.

pacientes remitidos por indicación clínica a realizarse examen ecocardiográfico, incluyendo aquellos que resultaran normales; sin embargo, las recomendaciones de valores de referencia ecocardiográficos deberían obtenerse a partir de una muestra aleatoria de voluntarios sanos. Existe solamente un trabajo para el VI y el VD que tome en cuenta todos los segmentos ventriculares, que analice solamente el subendocardio y que la cohorte sean voluntarios sanos reclutados para este estudio⁽²⁷⁾. Nuestra muestra fue obtenida de forma exigente en cuanto a criterios de inclusión con el objetivo de incluir a personas sanas, evitando sesgos en los valores.

El valor obtenido de SLGVI (-19,8% ± 1,7%) es comparable con el referido en el metaanálisis más importante publicado⁽²⁰⁾, sobre un total de 24 estudios con casi 2.600 pacientes, cuya media fue de -19,7% ± 2,1%. Debemos recordar que este análisis incluye una población heterogénea y utiliza diferentes modo y forma de medición del *strain*. Sin embargo, cuando comparamos los datos con un trabajo con igual metodología al nuestro⁽³⁵⁾, encontramos también similitudes sorprendentes. El valor de media de SLG en nuestra población, por VVI, es, en consecuencia, comparable al de la literatura, generando confiabilidad en el resultado.

En cuanto a la distribución de los valores a nivel regional del VI, tanto en 2 como en 4 cámaras se destaca un mismo patrón de distribución del SLG regional, donde el valor más negativo está a nivel del ápex, luego la base y el valor menos negativo en el medio. También evidenciamos que el valor del SLG y regional del VI de 2 cámaras es más negativo (mayor deformación) que el encontrado en el SLG y regional del VI de 4 cámaras. Con el SLGVD sucedió lo mismo en cuanto a comparabilidad⁽²⁷⁾.

Efecto demográfico en la deformación miocárdica

Si bien hasta hace cinco años el efecto de la edad en la deformación era un tema debatido, actualmente se acepta que no hay efecto significativo de la edad sobre los valores normales del SLG^(20,21). Nuestra cohorte no nos permite valorar esta hipótesis por el estrecho rango de edades.

Lo que sí es un tema de debate actual, con evidencias contrapuestas, es el efecto del sexo en la deformación miocárdica longitudinal del VI. Hay trabajos que lo niegan^(20,22,32), y otros que señalan que las mujeres tienen un SLG entre 1%-2% más negativo que los hombres^(21,33), encontrando esta discrepancia en la escasa información que existe para el VD^(27,34,35). En nuestra serie tampoco encontramos diferencias por sexo en SLGVI y SLGVD.

Efecto de las medidas antropométricas y factores hemodinámicos en la determinación del SLG

Si bien en estudios importantes sobre valores de referencia para adultos sanos del SLGVI estos factores no demostraron ser predictores determinantes^(21,27,33), el metaanálisis de Yingchoncharoen⁽²⁰⁾ mostró una asociación de la PAS con el SLGVI como único factor determinante del mismo, no encontrándose que los valores antropométricos estén asociados.

A nivel del SLGVD ninguno de los factores hemodinámicos y antropométricos ha demostrado tener capacidad de predicción de la deformación miocárdica del VD⁽²⁷⁻³⁵⁾.

Nuestros hallazgos tampoco muestran que los valores antropométricos sean factores determinantes del SLG del VI y VD en una población sana. En cuanto a los factores hemodinámicos como determinantes del SLGVD, no hubo factores de predicción, pero a nivel del SLGVI la PAD fue el único factor determinante, con un r^2 de 0,24, significando que solamente un cuarto del SLGVI depende de esta variable. Esta vinculación de la PAD con el SLGVI no está referida en la literatura. ¿Por qué este parámetro hemodinámico de la diástole podría influir sobre un

parámetro tan sensible de la función sistólica del VI como el SLG? Analizando la fisiología del ciclo cardíaco desde el punto de vista del bucle presión-volumen y su correlación con las curvas de presión aórtica, vemos que la PAD corresponde al inicio del período eyectivo sistólico, fase en la cual el ventrículo se ve independizado de otras condiciones de carga; por lo tanto, modificaciones de la PAD podrían determinar cambios en la función sistólica precoz.

Con respecto al análisis de correlación entre el *strain* y la PA, remarcamos que a diferencia del *strain* longitudinal sistólico, el *strain rate* es el índice que es menos dependiente de las condiciones de carga, índice no estimado en este trabajo y que debería ser incluido en futuras investigaciones.

Parámetros ecocardiográficos de función ventricular sistólica como predictores determinante del strain longitudinal global

En la evaluación de la función sistólica del VI el uso de nuevas técnicas ecocardiográficas ha demostrado que el SLG es un buen predictor de disfunción sistólica precoz, aunque su correlación con la FEVI medida por ecocardiograma bidimensional es débil^(36,37), dado que enfocan aspectos diferentes, uno es índice de función de cámara y el otro de fibra.

Recientemente, publicamos⁽³⁰⁾ que en una población sana utilizando VVI había una débil correlación entre la FEVI y el SLGVI, y que el único predictor de FEVI resultó ser el SLG regional apical de 4 cámaras, proponiéndolo, en el escenario de FEVI normal, como única medida de *strain* por su capacidad predictiva y fácil acceso. Profundizando en el análisis del valor del *strain* con la función sistólica, corroboramos los hallazgos previos entre el SLGVI y la FEVI⁽³⁰⁾, destacando que del análisis de regresión multivariado, tanto la onda S del Doppler tisular como el volumen sistólico del VI presentaron capacidad de predicción estadísticamente significativa con el SLGVI, marcándose que por cada disminución de 0,01 m/s del valor del Doppler tisular el SLG se reduce 0,011 (0,071%). Si analizamos el valor estadístico de estos hallazgos (en base al análisis del r^2) vemos que hay una dependencia entre el SLGVI y estos valores en el entorno de 50%, marcando una asociación estadísticamente fuerte. Dado que el DT y el *strain* tienen su fortaleza en el escenario de etapas precoces de la disfunción sistólica, no llama la atención la asociación encontrada.

En cuanto al VD no hay datos de la literatura respecto a predictores de función sistólica por este método. En tal sentido, los resultados fueron innovadores dado que evidenciaron la capacidad predictora del Doppler tisular del VD y del ESAT, con el SLGVD, demostrando el análisis de regresión multivariado que

el único factor estadísticamente significativo fue la onda S del Doppler tisular; cada disminución de 0,01 m/s del valor del Doppler tisular, el SLG se reduce 0,018% (o sea, se hace menos negativo), y dado el valor del r^2 vemos una asociación de dependencia estadística de aproximadamente 50. Si analizamos los valores de SLGVI y VD con el Doppler tisular de cada ventrículo vemos que hubo paralelismo entre ambos, con una importante correlación entre el SLG y el Doppler tisular. Esta es una hipótesis motivadora para seguir profundizando en el tema, marcando su aplicabilidad en un grupo importante de pacientes para la detección precoz de la disfunción sistólica.

Limitaciones

- La población estudiada tiene un estrecho rango etario.
- La muestra es de conveniencia y no obtenida en forma aleatoria.
- Los resultados se limitan al método VVI y de acuerdo al método de obtención explicado. No es generalizable a otras modalidades de *speckle tracking*.
- El tamaño muestral es aceptable para una precisión de 90% en el resultado obtenido, aunque el n es pequeño y de un único centro.

Conclusiones

Se evaluó la deformación normal del miocardio en una cohorte de voluntarios sanos por método de *strain* (VVI), valores de SLG y regional del VI y VD como lo exigen las recomendaciones actuales.

Se presentan valores de normalidad de SLG de VI y VD para una población sana uruguaya y se compara con la evidencia internacional, no encontrando diferencias significativas en cuanto a la media de SLG del VI y VD.

Se demuestra la capacidad de predicción sobre el SLGVI de la PAD, el pico de onda S del Doppler tisular del VI y el volumen sistólico y del Doppler tisular del VD sobre el SLGVD. Estos hallazgos ayudan a complementar la información que nos brinda el *strain* y permite abrir futuras líneas de investigación.

Bibliografía

1. **Torrent-Guasp F.** La estructuración macroscópica del miocardio ventricular. *Rev Esp Cardiol* 1980;33:265-87.
2. **Torrent-Guasp F.** Estructura y función del corazón. *Rev Esp Cardiol* 1998; 51:91-102.
3. **Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente CD, Ballester-Rodés M, Carreras-Costa F, Flotats**

- A. Las razones de la estructura y mecánica del corazón. *Rev Lat Cardiol* 2000; 21:159-67.
4. **Torrent-Guasp F.** La mecánica ventricular. *Rev Lat Cardiol* 2001;22:48-55.
5. **Torrent-Guasp F, Kocica MJ, Corno AF, Komedá M, Carreras-Costa F, Flotats A, et al.** Towards new understanding of the heart structure and function. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;27:191-201.
6. **Torrent-Guasp F, Ballester M, Buckberg GD, Carreras F, Flotats A, Carrió I, et al.** Spatial orientation of the ventricular muscle band: physiologic contribution and surgical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:389-92.
7. **Poveda F, Gil D, Martín E, Andaluz A, Ballester M, Carreras F.** Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión. *Rev Esp Cardiol* 2013;66:782-90.
8. **Blessberger H, Binder T.** Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. *Heart* 2010;96:716-22.
9. **Sengupta PP, Krishnamoorthy VK, Korinek J, Narula J, Vannan MA, Lester SJ, et al.** Left ventricular form and function revisited: applied translational science to cardiovascular ultrasound imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:539-51.
10. **Brown J, Jelkins C, Marwick TH.** Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 2009; 157:1:102e1-e5.
11. **Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P.** Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008;24:479-91.?
12. **Marwick TH.** Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1313-27.
13. **Perry R, De Pasquale CG, Chew DP, Joseph MX.** Assessment of early diastolic left ventricular function by two-dimensional echocardiographic speckle tracking. *Eur J Echocardiogr* 2008;9:791-5.
14. **Cianciulli T, Prieto O(H), Desseno A, Stefano P.** Deformación miocárdica. En: Cianculli T, Prezioso H, Lax L. Nuevas técnicas en ecocardiografía. Bs As: Journal; 2011. p 15-49.
15. **Hurlburt HM, Aurigemma GP, Hill JC, Narayanan A, Gaasch WH, Vinch CS, et al.** Direct ultrasound measurement of longitudinal, circumferential, and radial strain using 2-dimensional strain imaging in normal adults. *Echocardiography*. 2007; 24:723-31.
16. **Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, Evans JC, Reiss CK, Levy D.** Congestive heart failure in sub-

- jects with normal versus reduced left ventricular ejection fraction: prevalence and mortality in a population-based cohort. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1948–55.
17. **Mondillo S, Galderisi M, Mele D, Cameli M, Lomoriello VS, Zacà V, et al.** Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. *J Ultrasound Med.* 2011;30:71–83.
 18. **Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al.** Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:167–205.
 19. **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):1-39e14.
 20. **Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popovic ZB, Marwick TH.** Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:185-91.
 21. **Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al.** Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol* 2014;67:651-8.
 22. **Reckefuss N, Butz T, Horstkotte D, Faber L.** Evaluation of longitudinal and radial left ventricular function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in a large cohort of normal probands. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011;27:515–26.
 23. **Marwick TH, Leano RL, Brown J, Sun JP, Hoffmann R, Lysyansky P, et al.** Myocardial strain measurement with 2-dimensional speckle-tracking echocardiography: definition of normal range. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:80–4.
 24. **Kuznetsova T, Herbots L, Richart T, D’Hooge J, Thijs L, Fagard RH, et al.** Left ventricular strain and strain rate in a general population. *Eur Heart J.* 2008;29:2014-23.
 25. **Rodríguez-Bailón I, Jiménez-Navarro MF, Pérez-González R, García-Orta R, Morillo-Velarde R, Teresa-Galván E.** Deformación ventricular izquierda en ecocardiografía bidimensional: valores y tiempos en sujetos normales. *Rev Esp Cardiol* 2010;63:1195-9.
 26. **Carasso S, Biaggi P, Rakowski H, Mutlak D, Lessick J, Aronson D, et al.** Velocity Vector Imaging: standard tissue-tracking results acquired in normals. The VVI-STRAIN Study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:543-52.
 27. **Fine NM, Shah AA, Han I-Y, Yu Y, Hsiao J-f, Koshino Y, et al.** Left and right ventricular strain and strain rate measurement in normal adults using velocity vector imaging: an assessment of reference values and intersystem agreement. *Int J Cardiovasc Imaging* 2013;29:571–80.
 28. **Du Bois D, Du Bois EF.** Clinical calorimetry. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med (Chic)* 1916;17:863–71.
 29. **Parma G, Florio L.** Factibilidad y reproducibilidad intra e interobservador de strain longitudinal global por método Vector Velocity Imaging en una población adulta. *Rev Urug Cardiol* 2013; 28Suppl 1: 2-73.
 30. **Parma G, Florio L, Dayan V, Martínez F, Lluberás N, Lluberás R.** Strain longitudinal apical 4 cámaras por vector velocity imaging: prometedor predictor de fracción de eyección de ventrículo izquierdo en sujetos sanos. *Rev Esp Cardiol* 2015;68:351–2.
 31. **Sunderman FW Jr.** Current concepts of “normal values”, “reference values”, and “discrimination values”, in clinical chemistry. *Clin Chem* 1975;21:1873–7.
 32. **Marcus KA, Mavinkurve-Groothuis AM, Barends M, vanDijk A, Feuth T, De Korte C, et al.** Reference values for myocardial two-dimensional strain echocardiography in a healthy pediatric and young adult cohort. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24:625–36.
 33. **Dalen H, Thorstensen A, Aase SA, Ingul CB, Torp H, Vatten LJ, et al.** Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the HUNT study in Norway. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:176–83.
 34. **Weidemann F, Eyskens B, Jamal F, Mertens L, Kowalski M, D’Hooge J, et al.** Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in healthy children using ultrasound-based strain rate and strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:20–8.
 35. **Kutty S, Deatsman SL, Nugent ML, Russell D, Frommelt PC.** Assessment of regional right ventricular velocities, strain, and displacement in normal children using velocity vector imaging. *Echocardiography* 2008; 25:294–307.
 36. **Takigiku K, Takeuchi M, Izumi C, Yuda S, Sakata K, Ohte N, et al.** Normal range of left ventricular 2-dimensional strain: Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle (JUSTICE) study. *Circ J* 2012;76:2623–32.
 37. **Feigenbaum H, Mastouri R, Sawada S.** A practical approach to using strain echocardiography to evaluate the left ventricle. *Circ J* 2012;76:1550–5.