

# UTILIDAD DEL MÉTODO *STRAIN* EN LA EVALUACIÓN PREQUIRÚRGICA DE LA INSUFICIENCIA MITRAL CRÓNICA

## UTILITY OF STRAIN METHOD IN PREOPERATIVE EVALUATION OF PATIENTS WITH SEVERE MITRAL VALVE REGURGITATION

GUILLERMO D. JUBANY<sup>1</sup>

### RESUMEN

En pacientes con insuficiencia mitral crónica, los métodos ecocardiográficos convencionales pueden no identificar la presencia de disfunción ventricular precoz, probablemente debido a la gran sobrecarga de volumen y baja poscarga que este grupo de pacientes presenta.

En comparación con estos métodos, el análisis de la deformación miocárdica (*strain* y *strain rate*) proporciona una valoración de la función sistólica con menor grado de dependencia de la carga ventricular. De esta manera, se convierte en un método más preciso y de mayor utilidad en la detección de disfunción ventricular temprana en estos pacientes, permitiéndonos determinar el momento más apropiado para la intervención quirúrgica y obtener una mejor evolución luego de la cirugía. El complemento de este método con la evaluación de la reserva contráctil por eco-estrés resulta de gran valor. Al comparar ambos métodos de análisis de deformación miocárdica, el *speckle tracking* ha demostrado ser un método más preciso que el obtenido por Doppler tisular.

**Palabras clave:** insuficiencia de la válvula mitral, ecocardiografía Doppler, disfunción ventricular, cirugía torácica

### ABSTRACT

In patients with chronic mitral regurgitation it is difficult to identify with conventional echocardiographic methods, the presence of premature ventricular dysfunction, probably due to the large volume overload and low afterload that this patients present.

In contrast, the analysis of myocardial deformation (*strain* and *strain rate*) provides an assessment of systolic function with less dependence on ventricular loading. Thus, this technology becomes more accurate and more useful than conventional echocardiography in the early detection of ventricular dysfunction in these patients, allowing us to determine the most appropriate time for surgery and subsequent better outcomes after this procedure. The addition of this method to the assessment of contractile reserve by stress echo is of great value. Furthermore, speckle tracking is even more accurate than tissue Doppler in the analysis of myocardial deformation.

**Keywords:** mitral valve insufficiency, echocardiography, Doppler, ventricular dysfunction, thoracic surgery.

REVISTA CONAREC 2014;30(123):25-40 | VERSIÓN WEB WWW.REVISTACONAREC.COM.AR

## INTRODUCCIÓN

La insuficiencia mitral (IM) es actualmente la segunda causa más frecuente de enfermedad valvular, representando un tercio de las valvulopatías, por lo que constituye una importante problemática en salud pública.<sup>1</sup>

La IM crónica de grado severo es una enfermedad de lenta progresión. Dentro de los primeros 10 años de su diagnóstico alrededor de un 90% de los pacientes presentará síntomas, insuficiencia cardíaca o muerte. El único tratamiento capaz de aumentar la sobrevida en estos pacientes es la intervención quirúrgica, pero el momento óptimo para indicar la cirugía continúa siendo objeto de debate.<sup>2</sup>

El desarrollo de síntomas y disfunción sistólica del ventrículo izquierdo modifica su curso disminuyendo la sobrevida a mediano y largo plazo; es por ello que las guías actuales recomiendan la intervención quirúrgica en pacientes sintomáticos o con deterioro de la fracción de eyección (FE) y/o aumento del diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo (DTSVI), equivalentes de disfunción ventricular.<sup>2-4</sup>

Sin embargo, cuando estos parámetros se encuentran comprometidos, la evolución posquirúrgica presenta peores resultados, lo que pone de manifiesto su incapacidad para identificar disfunción ventricular temprana, fase en la cual la lesión miocárdica se con-

1. Residente de 3er año. Hospital Carlos Durand. CABA, Rep. Argentina.

Correspondencia: Guillermo Jubany, Senillosa 90 PB B. (1424) CABA, Rep. Argentina | g.jubany@gmail.com

Esta monografía obtuvo el Primer premio durante las XXXIII Jornadas CONAREC – Rosario 2013

El autor declara no poseer conflictos de intereses.

Recibido: 8-11-2013 | Aprobado: 17-2-2014

**Tabla 1.** Causas y mecanismos de regurgitación mitral.

	Orgánicas			Funcionales
	Tipo I *	Tipo II **	Tipo IIIa ***	Tipo I*/Tipo IIIb***
<b>No isquémica</b>	Endocarditis (perforación)	Endocarditis (ruptura cuerda tendinosa)	Reumática (fiebre reumática crónica)	Cardiomiopatía
	Degenerativa (calcificación anular)	Degenerativa ( <i>billowing/flail leaflets</i> )	iatrogénica (fármacos/ radiación)	Miocarditis
	Congénita ( <i>cleft leaflet</i> )	Traumática (ruptura cuerda/músculo papilar)	Inflamatoria (lupus/anticardiolipina, enf. eosinofílica endocardial, fibrosis endocardial)	Disfunción del ventrículo izquierdo (cualquier causa)
		Reumática (fiebre reumática aguda)		
<b>Isquémica</b>		Ruptura de músculo papilar		Funcional 2río. a isquemia

\* Tipo I: movimiento valvar normal. \*\* Tipo II: movimiento valvar excesivo. \*\*\* Tipo III: movimiento valvar restrictivo, IIIa en diástole, IIIb en sístole. Adaptado de: Enriquez-Sarano M, Akins CW, Vahanian A. Mitral regurgitation. *Lancet* 2009;373:1382-94.

sidera reversible. Esta limitación se debe a que estos parámetros presentan gran dependencia de las condiciones de carga, significativamente alteradas en esta valvulopatía.<sup>3-6</sup>

En los últimos años, ha surgido el análisis de la deformación miocárdica (*strain* y *strain rate*) como método cuantitativo para estimar con precisión la contractilidad del músculo cardíaco. El *strain* (S) representa el cambio total que sufre el miocardio durante el ciclo cardíaco en relación a su dimensión inicial, mientras que el *strain rate* (SR) representa la velocidad en la que se produce dicho cambio.<sup>7</sup>

Esta modalidad ecocardiográfica cuenta como principal ventaja frente a los métodos ecocardiográficos convencionales, la menor dependencia frente a las condiciones de carga.<sup>8,9</sup> De esta manera la valoración de la contractilidad por medio de S y SR permitiría reconocer disfunción ventricular temprana, determinando así el momento más apropiado para la intervención quirúrgica.<sup>10</sup>

El objetivo de esta monografía es analizar la evidencia científica disponible del método ecocardiográfico S y SR para detectar disfunción ventricular temprana en pacientes portadores de insuficiencia mitral severa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos médicos de internet: Medline a través de Pubmed y LILACS para publicaciones de revistas latinoamericanas. Las palabras clave incluídas en la búsqueda fueron insuficiencia mitral, *strain*, *strain rate*, *speckle tracking*, deformación miocárdica, disfunción ventricular, cirugía de válvula mitral y sus respectivas traducciones al idioma inglés. La búsqueda se completó en base a referencias cruzadas a partir de la bibliografía inicialmente consultada.

Se incluyeron artículos publicados en los últimos seis años con la excepción de trabajos referentes de publicación previa.

Asimismo se utilizaron los recursos bibliográficos de la biblioteca de la Sociedad Argentina de Cardiología.

La confección de la monografía se realizó siguiendo las recomendaciones por los profesionales a cargo de la coordinación del curso UBA SAC año 2013.

## DESARROLLO

### 1. INSUFICIENCIA MITRAL CRÓNICA

#### 1.1. DEFINICIÓN

Se define IM a la incompetencia valvular que se produce como consecuencia de la alteración anatómica y/o funcional del aparato valvular mitral, el cual genera reflujo de sangre desde el ventrículo izquierdo a la aurícula izquierda durante la sístole.<sup>11</sup>

La IM se puede clasificar, según su causa, en isquémica o no; y según su mecanismo, en orgánica (lesión intrínseca del aparato valvular) o funcional (aparato valvular sin lesiones, con coaptación valvar inadecuada secundaria a una alteración de la geometría ventricular). Por otro lado, se puede subclassificar según su movimiento valvar (clasificación de *Carpentier*): tipo I (movimiento valvar normal), tipo II (movimiento valvar excesivo), tipo IIIa (movimiento restrictivo secundario a restricción diastólica), tipo IIIb (movimiento valvar restrictivo secundario a restricción sistólica) (**Tabla 1**).<sup>12</sup> La etiología más frecuente es la orgánica degenerativa (prolapso de válvula mitral o calcificación del anillo mitral) en un 61,2%, seguido por enfermedad reumática (14,2%), disfunción isquémico-necrótica (7,3%), malformación congénita (4,8%), endocarditis (3,5%) e inflamatoria (0,8%).<sup>1</sup>

#### 1.2. BASES FISIOPATOLÓGICAS

A diferencia de la IM aguda, en la que los mecanismos de compensación son insuficientes y cursa con inestabilidad hemodinámica, la IM crónica se caracteriza por presentar cambios de manera lenta, progresiva y con mejor tolerancia. En esta entidad el ventrículo izquierdo expulsa su contenido no sólo hacia el lecho sistémico sino también hacia la aurícula izquierda, la cual presenta baja resistencia; en consecuencia, la poscarga disminuye, aumentando la fracción de eyección y el volumen minuto. De ahí que en la etapa compensada, la particularidad fisiopatológica sea la sobrecarga de volumen del ventrículo izquierdo con hipertrofia excéntrica compensadora. De esta manera, este último aumenta su complacencia, manteniendo los índices de función sistólica dentro de valores normales o incluso aumentados durante períodos prolongados. El tamaño auricular y su complacencia también aumentan en respuesta a la regurgitación de volumen y ello permite mantener la presión auricular dentro de los valores normales. Esta con-

**Tabla 2.** Criterios ecocardiográficos para la definición de la insuficiencia valvular grave.

Insuficiencia mitral		
Criterios cualitativos		
Morfología valvular	Defecto de coaptación grande, <i>flail</i> de valvas, rotura de músculo papilar	
Chorro regurgitante con Doppler color	Chorro central o excéntrico muy grande que se adhiere, se arremolina y alcanza la pared posterior de la aurícula izquierda	
Señal de DC de chorro regurgitante	Densa / triangular	
Otros	Zona de convergencia de flujo de gran tamaño	
Criterios semicuantitativos		
Anchura de la vena contracta (mm)	≥ 7 (> 8 para biplano)	
Flujo venoso reverso	Inversión sistólica en venas pulmonares	
Flujo de entrada	Onda E dominante ≥ 1,5 m/s	
Otros	ITV mitral / ITV aórtica > 1,4	
Criterios cuantitativos		
	<i>Primaria</i>	<i>Secundaria</i>
ORE	≥ 40	≥ 20
Vol R (ml/latido)	≥ 60	≥ 30
+ agrandamiento de cámaras / vasos cardíacos	Ventrículo izquierdo, aurícula izquierda.	

DC: Doppler continuo. ITV: integral tiempo-velocidad. ORE: área del orificio regurgitante efectivo. Vol R: volumen regurgitante. Adaptado de Alfieri O, Andreotti F, Antunes M, Barón-Esquivas G, Baumgartner H, Borger M y cols. Guías de práctica clínica sobre el tratamiento de valvulopatías. Rev Esp Cardiol 2013;66(2):131.e1-e42.

dición sostenida en el tiempo genera cambios en la geometría ventricular, con mayor dilatación, hipertrofia inadecuada e incremento del estrés parietal sistólico que llevan a un deterioro progresivo de la contractilidad miocárdica. Esto conduce a una fase final en la que se agotan los mecanismos compensatorios, aumentando las presiones de llenado y como consecuencia, la aparición de congestión pulmonar dando lugar a la manifestación de los primeros síntomas.<sup>13</sup>

### 1.3. UTILIDAD DIAGNÓSTICA DE LA ECOCARDIOGRAFÍA

Actualmente la ecocardiografía se ha convertido en una herramienta indispensable para visualizar los cambios anatómicos valvulares y valorar la repercusión de las distintas valvulopatías sobre el ventrículo izquierdo. El eco-Doppler cardíaco es una técnica altamente sensible y específica que no sólo permite confirmar el diagnóstico de IM sino que, además, es capaz de determinar la etiología, cuantificar el grado de severidad y permitir el seguimiento del estado de la función ventricular.<sup>13</sup> La severidad de la insuficiencia se puede establecer mediante el análisis cualitativo del *jet* regurgitante, mediante métodos semicuantitativos como la medición del ancho del *jet* (vena contracta) y mediante métodos cuantitativos, siendo el orificio regurgitante efectivo (ORE) y el volumen regurgitante los de mayor valor pronóstico.<sup>14</sup>

Los criterios ecocardiográficos que permiten el diagnóstico de IM severa se describen en la **Tabla 2**.<sup>15</sup>

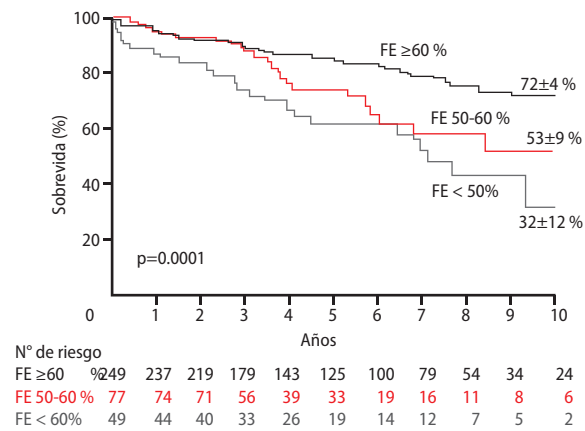
### 1.4. INDICACIONES DE TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

El momento adecuado para indicar la cirugía a pacientes portadores de IM crónica severa continúa siendo objeto de debate. Es conocido el remodelado lento y progresivo que sufre el ventrículo izquierdo y la posterior aparición de disfunción sistólica aun en pacientes asintomáticos.<sup>12</sup> En este sentido, dentro de los

primeros 10 años desde el diagnóstico de IM severa, aproximadamente el 90% de los pacientes morirá o requerirá tratamiento quirúrgico.<sup>2</sup>

Dentro de los principales predictores de mortalidad podemos destacar la edad, los síntomas, la disfunción ventricular, la fibrilación auricular, la hipertensión pulmonar y el ORE (≥40 mm).<sup>2,3,15-19</sup> Al no haber evidencia científica que demuestre un aumento en la sobrevida con tratamiento farmacológico, la intervención quirúrgica se impone como única opción para alcanzar este objetivo.<sup>16</sup> Según las guías actuales, los pacientes que desarrollen síntomas o signos de disfunción ventricular (FE<60% y DTSVI≥40 mm) presentan indicación quirúrgica clara, así como aquellos que desarrollen fibrilación auricular o hipertensión pulmonar sistólica en reposo (≥50 mmHg), aunque con menor grado de recomendación (**Tabla 2**).<sup>15</sup>

La indicación quirúrgica en pacientes asintomáticos y sin signos ecocardiográficos de disfunción ventricular es más controvertida. Con el objetivo de indicar precozmente la cirugía, Falconi et al., en el año 2008, desarrollaron un estudio prospectivo de 375 pacientes con diagnóstico de IM severa de origen orgánico, asintomáticos y con FE preservada (FE≥60%), en el cual demostraron que mediante un sistema de puntuación basado en distintas variables (clínicas, ecocardiográficas y de ejercicio) se podía identificar pacientes de mayor riesgo a largo plazo.<sup>17</sup> Al año siguiente, Kang et al. publicaron un estudio clínico no aleatorizado en el cual se evaluaron 447 pacientes con diagnóstico de IM crónica severa de origen degenerativo, asintomáticos y con función ventricular preservada; a 161 pacientes se le practicó cirugía precoz (mediante reparación valvular) y a 286 se les realizó tratamiento conservador (seguimiento hasta desarrollar criterios quirúrgicos y



**Figura 1.** Sobrevida a largo plazo de pacientes con IM severa que fueron sometidos a cirugía según la FE prequirúrgica. Adaptado de Enriquez-Sarano M, Tajik AJ, Schaff HV, Orszulak TA, Bailey KR, Frye RL. Echocardiographic prediction of survival after surgical correction of organic mitral regurgitation. *Circulation* 1994;90:830-7.

eventual cirugía). La tasa de supervivencia fue mayor en el grupo de cirugía precoz que en el grupo de tratamiento conservador ( $99 \pm 1\%$  vs.  $85 \pm 4\%$ ;  $p=0,007$ ).<sup>18</sup> En un estudio de similares características, Montant et al. evidenciaron mayor supervivencia en pacientes a los que se les practicó cirugía precoz en comparación con la rama de tratamiento conservador.<sup>19</sup> En base a esto existe una tendencia creciente a practicar la cirugía antes del desarrollo de síntomas o del deterioro de la función ventricular, sobre todo en aquellos pacientes en los que sea factible la reparación valvular. Más aún, existe evidencia que demuestra que pacientes con síntomas y/o disfunción sistólica ( $FE < 60\%$  y  $DTSVI \geq 40$  mm) previo a la cirugía evolucionan con mayor mortalidad y desarrollo de insuficiencia cardíaca tras la intervención.<sup>5-7,19,24-26</sup> Pese a que la intervención quirúrgica precoz en pacientes asintomáticos y sin disfunción ventricular se asocia a menor morbilidad, esta presenta dos limitaciones; en primer lugar, no toda IM es pasible de corrección quirúrgica, y en segundo lugar, se debe valorar el riesgo de la intervención, ya que se puede exponer al paciente a un riesgo superior al de la evolución natural de la enfermedad. Es por ello que surge la necesidad de identificar disfunción ventricular en una fase temprana, donde la lesión miocárdica sea reversible luego de la cirugía.<sup>6</sup>

Las opciones quirúrgicas con las que se cuenta son: la reparación valvular, el reemplazo valvular con resección del aparato subvalvular y el reemplazo con preservación del aparato subvalvular.<sup>11</sup> Siempre que sea posible, la reparación valvular es preferible al reemplazo ya que presenta mejor evolución de la función ventricular posquirúrgica, no requiere anticoagulación y presenta mejor pronóstico a largo plazo. El mayor inconveniente es la necesidad de un equipo quirúrgico entrenado en dicho procedimiento.<sup>20,21</sup> Otra opción terapéutica es la intervención percutánea, mediante la colocación de un clip mitral que une la valva posterior con la anterior, aunque su utilidad en la actualidad es escasa ya que requiere se cumplan criterios ecocardiográficos muy precisos para que un paciente sea candidato.<sup>22</sup>

## 1.5. PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS PREDICTORES DE DISFUNCIÓN VENTRICULAR POSQUIRÚRGICA

La valoración de la función sistólica del ventrículo izquierdo en pacientes con IM severa no resulta sencilla, ya que esta proporciona una vía alternativa de baja impedancia que facilita la eyección del ventrículo izquierdo.<sup>11</sup> Esta situación de baja poscarga y elevada precarga puede enmascarar una alteración en la contractilidad del ventrículo izquierdo.<sup>12</sup>

Los parámetros más utilizados como predictores de mal pronóstico luego de la cirugía son la FE y el DTSVI. La principal limitación de ambos es la alta dependencia de las condiciones de carga, lo que reduce su fiabilidad en pacientes con IM severa.<sup>6,12</sup> A pesar de esto, la FE ha demostrado ser el mejor predictor de supervivencia y disfunción ventricular posquirúrgica (**Figura 1**).<sup>4</sup> Luego de la cirugía la FE cae aproximadamente un 10%, ya que la poscarga aumenta. Pacientes con FE prequirúrgica  $< 60\%$  presentan alta incidencia de disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>4,5,23,24</sup> Tanto el DTSVI como el volumen telesistólico del ventrículo izquierdo (VTSVI) también han resultado ser predictores de disfunción ventricular y mortalidad posquirúrgica.<sup>3,25</sup> Es así, como tanto la FE como el DTSVI, son parámetros muy útiles para identificar disfunción ventricular, aunque ya en una etapa descompensada de la IM, cuando la lesión miocárdica se considera irreversible.<sup>11</sup>

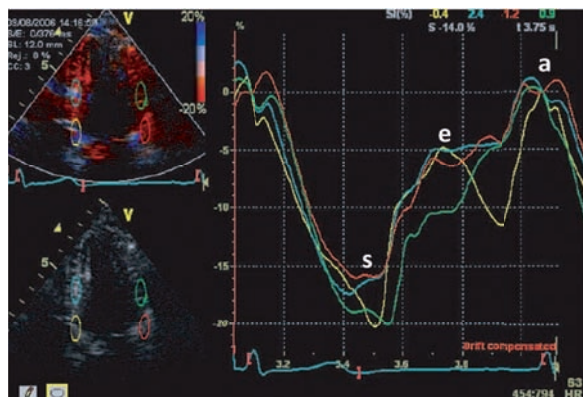
En conclusión, ninguno de estos dos parámetros ha demostrado ser útil a la hora de detectar disfunción ventricular precoz. Probablemente la incapacidad de estos métodos para identificar disfunción ventricular precoz sea consecuencia de la elevada dependencia de la precarga que poseen.<sup>6</sup>

## 1.6. VALORACIÓN PREQUIRÚRGICA MEDIANTE MÉTODOS NO CONVENCIONALES

Con el fin de detectar alteración en la contractilidad del ventrículo izquierdo de manera precoz, se han evaluado otros parámetros. Entre ellos encontramos el estrés telediastólico de la pared ventricular,<sup>26</sup> el pico de elastancia, el análisis de  $DP/Dt$ ,<sup>27</sup> la velocidad sistólica del anillo mitral mediante Doppler tisular (DTI)<sup>28,29</sup> y el ecoestrés (con ejercicio o dobutamina).<sup>35-38</sup> Sin embargo, su determinación presenta diversas limitaciones que reducen su aplicabilidad en la práctica clínica.<sup>6</sup> El estrés telediastólico de la pared y el pico de elastancia son métodos independientes de la carga ventricular, que tradicionalmente se han medido de forma invasiva, lo cual resulta poco atractivo para el seguimiento clínico de estos pacientes.<sup>6,27</sup> El análisis de  $DP/Dt$  es otro parámetro ecocardiográfico de función ventricular que presenta menor dependencia de la carga ventricular, pero tiene como principal desventaja la difícil evaluación en presencia de jets regurgitantes excéntricos, muy frecuentes en pacientes con prolapso de válvula mitral de origen degenerativo.<sup>6,27</sup>

La valoración de la contractilidad en pacientes con IM crónica mediante la medición de la velocidad sistólica del anillo mitral objetiva por DTI ha arrojado resultados alentadores; ha permitido predecir disfunción ventricular posquirúrgica en este grupo de pacientes.<sup>28,29</sup> Esta técnica presenta como desventaja la dependencia del ángulo del haz de ultrasonido y los movimientos de traslación cardíaca.<sup>6</sup>

Los estudios que han evaluado al ecoestrés en pacientes con IM



**Figura 2.** Strain longitudinal regional (%) obtenido por Doppler tisular de una persona sana. **S:** fase sistólica (el pico inferior representa el strain pico sistólico). **e:** llenado rápido. **a:** contracción auricular. Adaptado de: Marwick TH, Cheuk Man Y, Jing Ping S. *Myocardial imaging. Tissue Doppler and speckle tracking* (1ra ed). Massachusetts: Malden Blackwell Futura; 2007.

crónica y asintomáticos, también han presentado resultados promisorios; una reserva contráctil prequirúrgica disminuida (definida como un incremento de FE < 4%) demostró ser un potente predictor de disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>35-38</sup> La principal desventaja de este método es que el análisis de la reserva contráctil se realizó valorando la FE, cuyas limitaciones en la IM ya fueron comentadas; por otra parte, la evaluación en el posejercicio puede ser técnicamente difícil en algunos pacientes, en especial los que presenten pobre ventana acústica.<sup>6</sup>

## 2. ESTUDIO DE DEFORMACIÓN MIOCÁRDICA: STRAIN - STRAIN RATE

### 2.1. FUNDAMENTOS Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A fin de los años noventa se introdujo el análisis de la deformación miocárdica (*strain*) como un método novedoso para evaluar la función ventricular mediante ecocardiografía.<sup>30</sup>

Se entiende por *strain* el índice adimensional del cambio fraccional de la longitud miocárdica a lo largo del ciclo cardíaco. Al ser una medición relativa se expresa como una fracción o cambio porcentual. Se calcula con la siguiente fórmula:  $S = (L - L_0) / L_0$ , donde L es la longitud después de la deformación y  $L_0$  es la longitud original.<sup>31,32</sup>

Un S positivo representa el alargamiento y adelgazamiento de la pared cardíaca, mientras que el acortamiento y engrosamiento transmural se expresa como S negativo. La evaluación de la deformación aporta parámetros de función diastólica y sistólica de los diferentes segmentos miocárdicos en las tres direcciones del espacio, valorando de esta manera las fibras subendocárdicas (dirección predominantemente longitudinal), las fibras mesocárdicas (dirección radial) y las fibras subepicárdicas (dirección circunferencial).<sup>31</sup>

Por otro lado, es importante evaluar la deformación en función del tiempo, de donde surge el *strain rate*. Este representa la velocidad de deformación, es decir la relación del parámetro S en relación con el tiempo; su unidad es 1/s o  $s^{-1}$ . De esta manera,  $SR = S / \Delta t$ , donde  $\Delta t$  es la variación del tiempo.<sup>31,7</sup>

Para obtener los datos de S miocárdico se dispone actualmente de dos metodologías: el Doppler tisular y el ecocardiograma bidimensional (*speckle tracking*).

## 2.2. METODOLOGÍAS DE DEFORMACIÓN MIOCÁRDICA

### 2.2.1. Doppler tisular

A fin de obtener una imagen adecuada para evaluar la deformación se requiere una señal electrocardiográfica que permita un adecuado gatillado sobre el complejo QRS. A su vez es necesario obtener un flujograma aórtico a fin de medir el cierre y la apertura de la válvula aórtica.<sup>31</sup>

El SR analizado por DTI se obtiene mediante el cálculo del gradiente espacial de las velocidades. A través de la integración temporal de la curva de SR se obtiene el S. Los valores de S y SR longitudinales de las paredes del VI y del septo interventricular pueden obtenerse de la proyección apical dos, tres y cuatro cámaras, mientras que los valores radiales pueden medirse desde el eje corto. En el corazón normal, el valor de S y SR radial es aproximadamente el doble del valor longitudinal.<sup>31</sup>

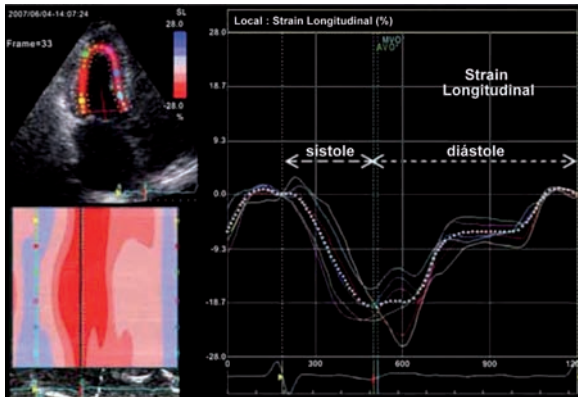
Esta técnica requiere emplear *frame rates* altos al adquirir las imágenes, ya que de esta manera se podrán detectar pequeños cambios en la velocidad miocárdica y en la deformación. El *frame rate* mínimo recomendado es de 70 *frames/s*.<sup>32</sup>

La visualización de la deformación derivada del DTI en un gráfico de curvas permitirá valorar dos patrones: una fase sistólica y una relajación bifásica (**Figura 2**).<sup>33</sup> En la fase sistólica el S es negativo (onda s), presentando un pico antes del cierre de la válvula aórtica y constituye el máximo acortamiento longitudinal del miocardio durante la sístole representando el S pico sistólico. En cambio, la fase de relajación bifásica se constituye por el llenado rápido (onda e), seguido por una meseta que representa al llenado lento y luego la contracción auricular (onda a).<sup>31</sup> En el plano longitudinal, el S derivado del DTI se incrementa desde los segmentos basales hacia los mediales, continuando esta tendencia hasta el ápex. Debido al aumento del ángulo del Doppler, la calidad de la señal se degrada rápidamente, lo que hace difícil analizar la deformación apical.<sup>7</sup> Las principales limitaciones de esta técnica son las siguientes:

- Realiza mediciones en una sola dimensión, mientras que el miocardio se deforma en tres dimensiones.
- Es dependiente del ángulo y del movimiento de traslación cardíaca.
- Requiere mayor disponibilidad de tiempo la adquisición de las imágenes en todos los segmentos miocárdicos analizados.
- Presenta elevada variabilidad inter observador.<sup>31</sup>

### 2.2.2. Speckle tracking

A partir de los distintos niveles de grises dentro de la imagen bidimensional, en el miocardio se pueden observar pequeños gránulos superpuestos generados por la interacción del ultrasonido con la estructura miocárdica. A estos gránulos se les dio el nombre de espículas (*speckles*). Al analizar el movimiento de estos gránulos en relación con la estructura cardíaca, observamos que estos se desplazan (*tracking*). De unir estos dos conceptos es que surge la técnica *speckle tracking*.<sup>34</sup>



**Figura 3.** Strain longitudinal (%) obtenido por speckle tracking en una persona sana. AVO: apertura de la válvula aórtica. MVO: apertura de la válvula mitral. Adaptado de Dandel M, Lehmkuhl H, Knosalla C, Suramelashvili N, Hetzer R. Strain and strain rate imaging by echocardiography – basic concepts and clinical applicability. *Current Cardiology Reviews* 2009; 5: 133-148.

Este es un método diseñado para el análisis del S y el SR miocárdico no basado en el Doppler tisular, sino en el análisis del movimiento de los puntos grises brillantes a lo largo del ciclo cardíaco.<sup>31</sup> Los resultados de este análisis se pueden expresar en distintos gráficos: el modo bidimensional con su escala de colores de deformación, el modo M anatómico a lo largo del miocardio, y las curvas gráficas frente al tiempo (**Figura 3**).<sup>35</sup> Para obtener el S longitudinal se deben adquirir imágenes desde las vistas apicales de 4, 3 y 2 cámaras. Al igual que el S analizado por DTI, se debe adquirir un registro electrocardiográfico y un registro Doppler de apertura y cierre de la válvula aórtica. Posteriormente se obtiene el S longitudinal regional correspondiente a cada uno de los segmentos en formato de “ojo de buey”, y a su vez el S longitudinal pico sistólico global definido como el promedio de los 16 segmentos analizados.<sup>31</sup> En la contracción ventricular, el miocardio se acorta en forma longitudinal y circunferencial (S negativo), y se engrosa en sentido radial y transversal (S positivo).<sup>31,32</sup>

El S global longitudinal en un sujeto normal varía entre  $-16$  y  $-22\%$ , mientras que el circunferencial es ligeramente mayor y varía entre  $-21$  y  $-27\%$ . En cambio, el valor normal del S global radial es significativamente mayor y varía entre  $35\%$  y  $59\%$ .<sup>36</sup>

Este método ha sido validado al correlacionarse con valores de sonomicrometría y con estudio *tagging* por resonancia magnética nuclear presentando una alta correlación.<sup>37,38</sup>

A su vez, es posible valorar la función de “exprimido” del ventrículo izquierdo, mediante el cálculo de la diferencia entre la rotación de la base (en sentido horario) y la rotación del ápex (en sentido antihorario). Esta función se define como torsión (sistólica) y destorsión (diastólica).<sup>31,39</sup>

El análisis de la deformación miocárdica mediante *speckle tracking* se ha utilizado con éxito en la valoración de la función contráctil de otras patologías como la miocardiopatía hipertrófica y la estenosis aórtica, así como en la evaluación de pacientes candidatos a terapia de resincronización miocárdica.<sup>49-52</sup>

Este método permitiría resolver algunas de las limitaciones del S y SR obtenido por DTI. Las principales ventajas frente a este método son:

- Es independiente de la angulación del haz de ultrasonidos, permitiendo de esta manera analizar segmentos que no estén alineados paralelos al haz de ultrasonidos. A su vez permite las mediciones de S y SR radial tanto en el eje corto paraesternal como en el plano apical de 4 cámaras. Por otra parte, es posible valorar el movimiento de torsión y rotación del ventrículo izquierdo, lo que permite un mejor estudio de la contractilidad del VI.
- Permite realizar una medición directa de la deformación miocárdica mientras que el Doppler tisular hace una estimación a través de la integral del gradiente de velocidades en el espacio.
- No se ve afectado por el movimiento de traslación miocárdica.
- Presenta menor variabilidad inter- e intraobservador.<sup>31,34</sup>

El mayor inconveniente de este método es la susceptibilidad a verse afectado por artefactos cuando la imagen no es de suficiente calidad. Esto dificulta el análisis en segmentos pobremente visualizados y en pacientes con mala ventana acústica.<sup>35</sup>

### 2.3. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN AURICULAR

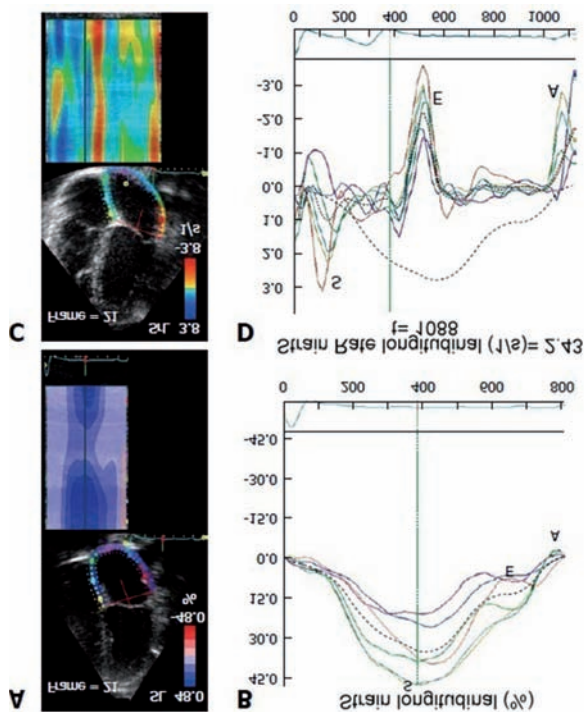
La función auricular contribuye al llenado del ventrículo izquierdo mediante tres componentes: uno de reservorio de la sangre que recibe de las venas pulmonares durante la sístole ventricular; otro de conducción pasiva durante la diástole ventricular (correspondiente a las fases de llenado rápido y diastasis) y un tercer componente de contracción o sístole auricular durante la diástole tardía.<sup>40,41</sup>

El S auricular longitudinal se obtiene de manera similar al ventricular, modificando el área de interés hacia la aurícula izquierda. La principal limitación que presenta la técnica de *speckle tracking* del S auricular es la misma que para la ventricular: el requerimiento de una imagen de excelente calidad (imagen entre  $50$  y  $70$  frames/seg.). Las curvas obtenidas difieren, ya que durante la sístole ventricular la longitud de las fibras ventriculares se acorta y muestra valores negativos, mientras que las fibras auriculares se alargan y en consecuencia el S auricular presenta valores positivos.<sup>40</sup>

Mediante el S y SR auricular es posible analizar las distintas etapas de la función auricular con mayor precisión. Durante la fase de reservorio auricular (contracción isovolumétrica, sístole ventricular y relajación isovolumétrica) el S auricular aumenta, alcanzando su valor máximo antes de la apertura mitral (S de reservorio). En la fase de conducción (llenado rápido ventricular) el valor de S auricular disminuye y presenta una meseta durante el llenado lento ventricular o diastasis. Finalmente, en la fase de contracción auricular se evidencia un pico negativo (S de contracción) (**Figura 4**).<sup>40</sup> Normalmente, los valores de S auricular más altos son los de la pared inferior, mientras que los más bajos son los de la pared posterior.<sup>42</sup>

Una vez obtenidas las curvas del S auricular longitudinal, se deberá analizar el S auricular pico sistólico (correspondiente a la fase de reservorio; momento en el que la válvula aórtica se cierra) y el S auricular de contracción (fase de contracción auricular, justo después de la onda P del ECG).<sup>41</sup>





**Figura 4.** Strain y strain rate auricular longitudinal de paciente sano. **A:** Speckle tracking y modo M anatómico de strain de aurícula izquierda. **B:** Strain auricular obtenido de 6 segmentos distintos en colores diferentes, la línea punteada indica el promedio de éstos. Las curvas positivas implican el strain de reservorio durante la sístole ventricular (S). Las curvas negativas representan al strain de conducción durante la diástole temprana (E) y la contracción auricular (A) ocurre justo después de la onda P del ECG. **C y D:** similar al A y B reflejando al strain rate longitudinal de la aurícula izquierda. Las curvas positivas (S) indican la relajación auricular durante la contracción isovolumétrica, sístole ventricular y relajación isovolumétrica (SR de reservorio). Las curvas negativas indican al strain rate durante la diástole temprana (E) y durante la sístole auricular (A). Adaptado de Cianciulli T, Saccheri M, Lax J, Bermann A, Ferreiro D. Two-dimensional speckle tracking echocardiography for the assessment of atrial function. *World J Cardiol* 2010;2(7):163-170.

En un estudio realizado por Cameli et al., el S auricular pico sistólico demostró ser un método adecuado para estimar una presión de enclavamiento pulmonar  $>18$  mmHg, con un punto de corte de S auricular pico  $\leq 15,1\%$ .<sup>43</sup>

### 3. STRAIN – STRAIN RATE EN INSUFICIENCIA MITRAL

#### 3.1. STRAIN VENTRICULAR

Como se comentó previamente, en pacientes con IM crónica severa, la aparición de síntomas junto al deterioro de la función ventricular suele ocurrir de manera insidiosa; existe evidencia de que la presencia de ambos conlleva un mayor riesgo de deterioro ventricular posquirúrgico de carácter irreversible.<sup>4-6,25,44,45</sup> Como hemos visto, los métodos ecocardiográficos tradicionales pueden no identificar la presencia de disfunción ventricular precoz, probablemente debido a la sobrecarga de volumen y baja poscarga que estos pacientes presentan.<sup>18,19</sup>

Teniendo en cuenta que la deformación miocárdica es un método con menor dependencia de la carga de volumen, diversos autores han evaluado al S como herramienta útil para identificar disfunción ventricular en una fase temprana, considerando que la corrección quirúrgica en esta fase conllevaría una mejor evolución posquirúrgica.

Los primeros en hacerlo fueron Lee et al., quienes en el 2004 publicaron un estudio de corte transversal en el que evaluaron a 32 pacientes con diagnóstico de IM crónica severa de origen degenerativo, asintomáticos o mínimamente sintomáticos vs. 22 pacientes sanos. Se excluyeron pacientes con diagnóstico de enfermedad coronaria, cirugía cardíaca previa, y valvulopatía aórtica y estenosis mitral asociada. Fueron evaluados mediante ecocardiografía en reposo y posejercicio (ergometría con protocolo de Bruce). Se evidenció que de los 32 pacientes con IM, 22 presentaban reserva contráctil positiva (aumento de FE $>4\%$ ) y 10 reserva contráctil negativa. El VTSVI y tanto el SR como el S global longitudinal (analizado mediante DTI) en reposo resultaron ser predictores independientes de reserva contráctil negativa. Comparando ambos métodos, el SR resultó tener un mayor poder predictivo (área bajo la curva 0,86 vs. 0,75), obteniéndose como punto de corte  $-1,07/s$  (sensibilidad 91% y especificidad 80%).<sup>46</sup>

De manera similar, Kim et al., en el año 2009, evaluaron en un ensayo de corte transversal a 59 pacientes con diagnóstico de IM crónica severa, en todos de origen orgánico, y con FE $>50\%$ . Los criterios de exclusión fueron similares al estudio previo. Se compararon con 34 pacientes sanos (grupo control). Todos ellos fueron estudiados ecocardiográficamente, valorando diámetros del ventrículo izquierdo y SR longitudinal, radial y circunferencial (por speckle tracking) evaluando su correlación con el pico de dP/dt obtenido a través de cateterismo. Una vez adquiridos los valores de cada estudio se dividieron en 3 grupos: grupo 1 (dP/dt $>1,300$  mmHg/s; n=30), grupo 2 (dP/dt $<1,300$  mmHg/s; n=29) y grupo control. Como resultado se observó correlación de los valores obtenidos con SR radial (r=0,713; p $<0,001$ ) y circunferencial (r= -0,625; p $<0,001$ ) con el pico dP/dt en los tres grupos. El VTSVI presentó menor correlación que el SR radial y circunferencial, mientras que el SR longitudinal y la FE no presentaron correlación con los valores de dP/dt, encontrándose disminuido tanto el grupo 1 como en el grupo 2. Esto sugirió que el SR longitudinal se encuentra disminuido de manera temprana secundario al remodelado crónico del ventrículo izquierdo, y que en estos casos el SR radial y circunferencial serían de utilidad como marcadores de disfunción ventricular temprana.<sup>47</sup>

En otro estudio de corte transversal, realizado en el año 2012 por Gunjan M et al., se evaluaron 75 pacientes con IM severa de origen reumático, asintomáticos vs. 25 pacientes sanos. Fueron evaluados ecocardiográficamente y divididos en 4 grupos. Grupo I: 25 pacientes sanos (control); grupo II: 23 pacientes con IM severa con FE $>60\%$  y DTSVI $<40$  mm; grupo III: 27 pacientes con IM severa con FE $>60\%$  y DTSVI entre 41 y 50 mm; y grupo IV: pacientes con IM severa con FE $<60\%$  con cualquier DTSVI. Se evidenció que los pacientes con FE $<60\%$  presentaban deterioro del S-SR radial y longitudinal; a su vez los pacientes con FE $>60\%$  con DTSVI $>40$  mm también mostraban deterioro del S y SR en comparación con el grupo control. Otro punto importante a tener en cuenta es que el grupo II (FE $>60\%$  y DTSVI $<40$  mm) también presentaban valores menores en la deformación miocárdica en comparación con el grupo control. Esto pone de manifiesto que tanto el S como el SR se encuentran disminuidos previo al deterioro de la FE y el DTSVI.<sup>48</sup> Hacia el 2007, en un primer estudio realizado por Marciniak

**Tabla 3.** Indicaciones para la cirugía en la insuficiencia mitral primaria grave.

	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
La reparación valvular mitral es la técnica preferida cuando se espera que sea duradera	I	C
La cirugía está indicada para pacientes sintomáticos con FEVI > 30% y DTSVI < 55 mm	I	B
La cirugía está indicada para pacientes asintomáticos con disfunción del VI (DTSVI ≥ 45 mm y/o FEVI ≤ 60%)	I	C
Se debe considerar la cirugía para pacientes asintomáticos con función del VI conservada y fibrilación auricular de nueva aparición o hipertensión pulmonar (presión pulmonar sistólica en reposo > 50 mmHg)	Ila	C
Se debe considerar la cirugía para pacientes asintomáticos con función del VI conservada, alta probabilidad de reparación duradera, bajo riesgo quirúrgico, rotura de valvas ( <i>flail</i> ) y DTSVI ≥ 40 mm	Ila	C
Se debe considerar la cirugía para pacientes con disfunción del VI grave (FEVI < 30% y/o DTSVI > 55 mm), refractarios a tratamiento farmacológico, con alta probabilidad de reparación duradera y comorbilidad baja	Ila	C
Se puede considerar la cirugía para pacientes con disfunción del VI grave (FEVI < 30% y/o DTSVI > 55 mm), refractarios a tratamiento farmacológico y con probabilidad baja de reparación duradera y comorbilidad baja	Ilb	C
Se puede considerar la cirugía para pacientes asintomáticos con función del VI conservada, alta probabilidad de reparación duradera, riesgo quirúrgico bajo y: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilatación auricular izquierda (índice de volumen ≥ 60 ml/m<sup>2</sup> de SC) y ritmo sinusal, o</li> <li>• Hipertensión pulmonar durante el ejercicio (PPS ≥ 60 mmHg durante el ejercicio)</li> </ul>	Ilb	C

DTSVI: diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo. FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo. PPS: presión pulmonar sistólica. SC: superficie corporal. VI: ventrículo izquierdo. Adaptado de Alferi O, Andreotti F, Antunes M, Barón-Esquivas G, Baumgartner H, Berger M y cols. Guías de práctica clínica sobre el tratamiento de valvulopatías. Rev Esp Cardiol 2013;66(2):131.e1-e42.

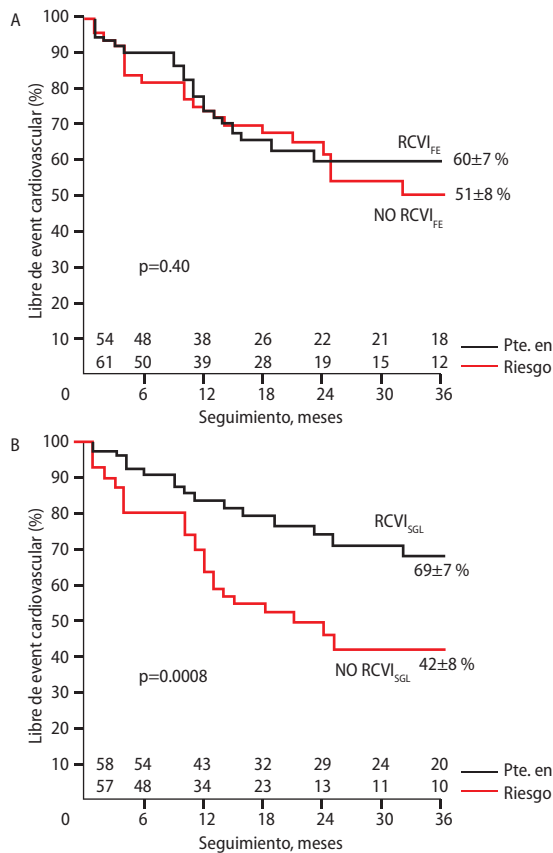
et al., se evaluaron transversalmente 54 pacientes asintomáticos con IM crónica orgánica (leve, moderada y severa) y 22 pacientes sanos mediante DTI y ecocardiografía convencional. Evidenciaron que los valores de S y SR presentan una clara dependencia del diámetro ventricular. Un incremento de este último sin cambios en el volumen del mismo disminuiría la deformación miocárdica. Por otro lado, un incremento en el volumen regurgitante, con aumento en el volumen sistólico y sin cambios en las dimensiones del ventrículo izquierdo generaría un aumento de los valores de S y SR. Este estudio demuestra una clara relación inversa entre SR y S, y el diámetro del ventrículo izquierdo. Es por ello que estos autores proponen una corrección matemática de los valores de S y SR teniendo en cuenta la geometría ventricular (S/DTDVI y SR/DTDVI), dando como resultado un valor que permitiría la detección subclínica de disfunción ventricular.<sup>10</sup> En un nuevo estudio llevado a cabo por el mismo grupo de investigadores en el 2011, se evaluaron prospectivamente 62 pacientes con diagnóstico de IM crónica severa, 49 de ellos con diagnóstico de prolapso de válvula mitral y 13 con IM de origen reumático. Todos ellos presentaban indicación quirúrgica, ya sea por presentar síntomas, FE < 50% o por DTSVI ≥ 40 mm, por lo que fueron intervenidos quirúrgicamente, mediante reparación valvular. Se evaluó a través de ecocardiografía convencional y S-SR (analizado por DTI) previo a la cirugía y a los 12 meses posterior a ella. Se dividió en dos grupos; grupo 1 pacientes con FE > 50% posquirúrgica y grupo 2 con FE < 50%; a su vez, este último se subdividió en grupo 2A: pacientes con FE prequirúrgica > 50% y asintomáticos o mínimamente sintomáticos (NYHA clase funcional I-II) previo a la cirugía, y grupo 2B: pacientes con FE prequirúrgica < 50% y severamente sintomáticos. Al evaluarse retrospectivamente, se observó que el S, el SR y el DTSVI prequirúrgico presentaron correlación con el grupo 2A, no así la FE prequirúrgica. De esta manera, los únicos predictores de disfunción ventricular posquirúrgicos fueron el S-SR (punto de corte: SR de pared anterior < -1.4 /s) y el DTSVI (≥ 40 mm). Por otra parte, al corregir los va-

lores obtenidos de SR por la geometría ventricular se obtuvieron valores predictores de disfunción ventricular posquirúrgica más sensibles (SR/VTSVI < 0,005, sensibilidad 88% y especificidad 94%).<sup>49</sup>

En el estudio realizado por De Agustín et al. en el año 2010 se evaluaron prospectivamente 38 pacientes con diagnóstico de IM severa crónica de origen orgánico, programados para reemplazo valvular mitral. Se analizó el S y SR longitudinal del septo interventricular mediante *speckle-tracking* y DTI, y se evaluó la FE mediante ecocardiografía tridimensional. Los estudios ecocardiográficos se realizaron 48hs antes de la cirugía y 6 meses después del reemplazo valvular. La población de estudio se dividió en dos grupos: Grupo 1, con disminución de la FE < 10% a 6 meses, y grupo 2, con disminución de la FE > 10% a 6 meses. No hubo diferencias significativas en cuanto a la FE basal entre ambos grupos (FE basal: grupo 1 62,6 ± 7,2% y grupo 2 62,2 ± 10,6%; p = 0,9). En cambio, el S y SR longitudinal del septo interventricular obtenidos por *speckle-tracking* sí resultaron ser predictores de disminución de la FE > 10% a los 6 meses con un valor predictivo superior a las mismas mediciones obtenidas por DTI. El S longitudinal del septo basal fue el parámetro con mayor poder predictivo general con un área bajo la curva de 0,85.<sup>50</sup>

En un estudio prospectivo, realizado en el 2011 por Florescú et al., se evaluaron 28 pacientes con IM crónica severa, orgánica, asintomáticos y con función sistólica del ventrículo izquierdo preservada, todos en ritmo sinusal. Se excluyeron pacientes con enfermedad coronaria, con otra valvulopatía asociada, con cardiopatía congénita y con hipertensión pulmonar severa. A todos se les practicó reparación valvular. Se estudió mediante ecocardiografía convencional (diámetros y volúmenes ventriculares, dP/dt, FEVI y diámetro auricular) y mediante S-SR longitudinal y radial (mediante *speckle tracking*), previo a la cirugía y 14 días después. Se dividió en grupo A (deterioro de la FE posquirúrgica > 10%) y grupo B (deterioro menor al 10%). Evaluándolos retrospectivamente, el grupo A presentó valores inferiores de S longitudinal y radial en comparación con el grupo B, mientras que

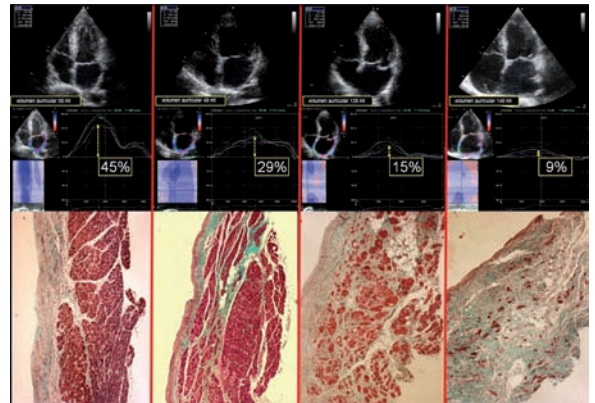




**Figura 5.** Porcentaje de pacientes libres de evento cardiovascular en presencia o ausencia de reserva contráctil evaluada por FE o S global longitudinal. RCVI: Reserva contráctil de ventrículo izquierdo. FE: fracción de eyección. SGL: S global longitudinal. Porcentaje de pacientes libre de evento cardiovascular en presencia o ausencia de reserva contráctil evaluada por FE (A) o por SGL (B). Adaptado de Magne J, Mahjoub H, Dulgheru R, Pibarot P, Pierard L, Lancellotti P. Left ventricular contractile reserve in asymptomatic primary mitral regurgitation. *Eur Heart J* doi:10.1093/eurheartj/ehs345.

el DTSVI, DTDVI, la FE y el  $dP/dt$  presentaron valores similares. El mejor predictor de disfunción ventricular resultó ser el S y SR global longitudinal, con un punto de corte de  $-18\%$  (sensibilidad  $83\%$  y especificidad  $97\%$ ) y  $-0,9/s$  (sensibilidad  $85\%$  y especificidad  $99\%$ ), respectivamente.<sup>51</sup>

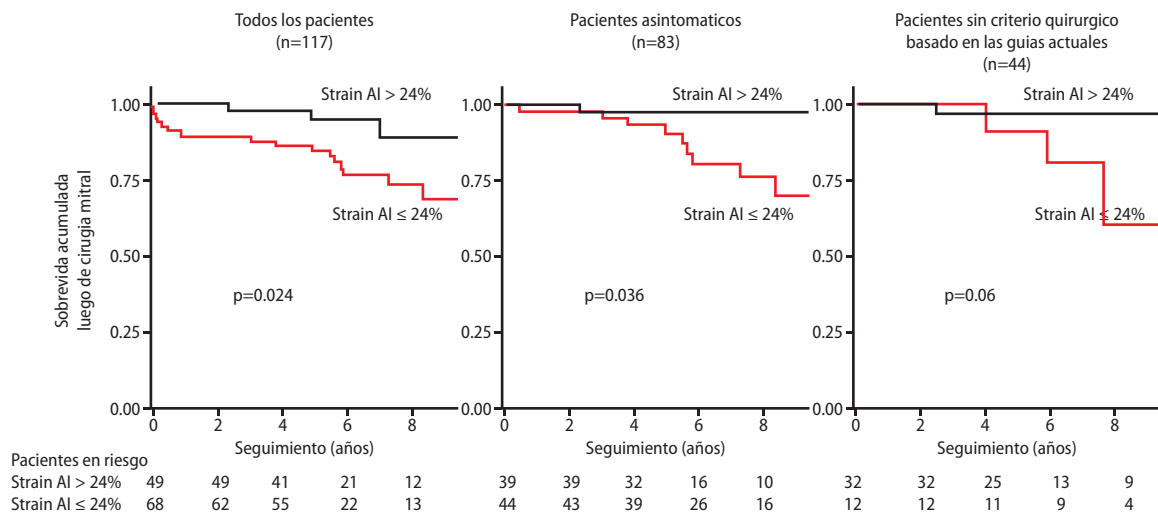
Masclé et al. obtuvieron resultados similares en el estudio de cohorte publicado en el año 2012, en el cual se evaluaron 88 pacientes con diagnóstico de IM crónica severa degenerativa con indicación de tratamiento quirúrgico (según guías actuales), de los cuales a 72 se les realizó reparación valvular y a 16 reemplazo de la válvula. Fueron evaluados ecocardiográficamente previo a la cirugía, al mes y a los 6 meses valorando distintos parámetros, entre ellos el índice del DTSVI, la FE y el S global longitudinal (por *speckle tracking*). Se dividió en grupo A y grupo B, según la FE posquirúrgica ( $FE > 50\%$  y  $FE < 50\%$ , respectivamente). Los parámetros predictores más potentes de disfunción ventricular a 6 meses resultaron ser el S global longitudinal (valor de corte:  $-18\%$ ) y el índice del DTSVI (valor de corte:  $22 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ ) con un área bajo la curva de  $0,76$  y  $0,71$ , respectivamente.<sup>52</sup>



**Figura 6.** Correlación entre el S auricular longitudinal pico global con la fibrosis del miocardio auricular en 4 casos representativos. Adaptado de Cameli M, Lisi M, Righini F, Massoni A, Natali B, Focardi M, et al. Usefulness of atrial deformation analysis to predict left atrial fibrosis and endocardial thickness in patients undergoing mitral valve operations for severe mitral regurgitation secondary to mitral valve prolapse. *Am J Cardiol*. 2013;111:595e601.

En el 2011, Song et al. evaluaron de manera prospectiva a 147 pacientes con IM crónica severa con función sistólica del ventrículo izquierdo preservada ( $FEVI 63 \pm 6\%$  y  $DTSVI 38,8 \pm 6 \text{ mm}$ ), todos en ritmo sinusal, de los cuales 133 presentaban diagnóstico de prolapso de válvula mitral, 11 de origen reumático y 3 de etiología desconocida. Se excluyeron pacientes con IM secundaria a miocardiopatía isquémico-necrótica, IM funcional, y con requerimiento de cirugía de válvula aórtica. A todos ellos se les realizó reparación valvular. Fueron evaluados ecocardiográficamente mediante métodos convencionales y S-SR longitudinal, radial y circunferencial (por *speckle tracking*) previo a la cirugía, a los 7 días y 3 meses después. Se definió como evento clínico primario a la rehospitalización por insuficiencia cardíaca y a la muerte por cualquier causa. A los 7 días del posoperatorio los predictores independientes de disfunción ventricular (definida como  $FE < 35\%$ ) fueron el DTSVI, VTSVI, la FE y el S y SR global longitudinal y radial, aunque estos dos últimos con menor poder predictivo que los métodos convencionales. Luego de 3 meses de la cirugía, los predictores de disfunción ventricular fueron el DTSVI, la FE y S circunferencial, presentando este último un menor valor predictivo. En cuanto al seguimiento clínico, ningún paciente murió y 6 requirieron rehospitalización por insuficiencia cardíaca; en estos casos el DTSVI fue el único predictor independiente.<sup>53</sup>

Por otro lado, en un estudio llevado a cabo en el año 2008 por Lancellotti et al. evaluaron prospectivamente a 71 pacientes con IM crónica severa, asintomáticos con  $FE > 60\%$  y  $DTSVI < 45 \text{ mm}$  vs. 41 pacientes sanos. Se excluyeron pacientes con ventana ecocardiográfica inadecuada, estenosis valvular, arritmias supraventriculares e incapacidad para realizar ejercicio. De los 71 pacientes con IM, a 30 se les realizó tratamiento quirúrgico (a 23 pacientes reparación quirúrgica y a 7 reemplazo valvular con preservación del anillo) y 41 continuaron con tratamiento médico. Todos fueron evaluados ecocardiográficamente en reposo y en ejercicio mediante ecocardiografía convencional y S global longitudinal (mediante *speckle-tracking*); con seguimiento por 21 meses. De los 30 pacientes que fueron intervenidos quirúrgica-



**Figura 7.** Sobrevivida luego de la cirugía de válvula mitral acorde al S de reservorio auricular. Los criterios quirúrgicos incluyeron: síntomas, FE<60%, DTSVI≥40 mm, fibrilación auricular o presión sistólica de la arteria pulmonar ≥50 mmHg. Adaptado de Debonnaire P, Leong D, Witkowski T, Al Amri I, Joyce E, Katsanos S, et al. Left atrial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with severe organic mitral regurgitation: association with guidelines-based surgical indication and postoperative (long-term) survival. *J Am Soc Echocardiogr.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2013.05.19>.

mente, 13 presentaron en su evolución FE<50% y 17 FE>50%. Se los evaluó retrospectivamente y se evidenció que en reposo el S global longitudinal fue mayor en los pacientes con FE posquirúrgica >50% (-19,8% vs. -17,9%), con un punto de corte de -18,1%. En ejercicio, las diferencias fueron aun más pronunciadas (-23,4% vs. -17,1%). La reserva contráctil por S global longitudinal fue de 3,6% en pacientes con FE posquirúrgica >50% y de -0,8% en pacientes con FE<50%, con un punto de corte de 1,9%. Al igual que en los estudios previos el S global longitudinal presentó mayor poder predictivo de disfunción ventricular posquirúrgica que la FE.<sup>54</sup>

En un estudio de similares características publicado en el 2012, Donal et al. evaluaron de manera prospectiva 77 pacientes con IM severa orgánica, asintomáticos y con función sistólica ventricular preservada (FE>60% y DTSVI<45 mm). Los criterios de exclusión fueron similares al estudio previo. A todos ellos se les realizó reparación valvular. Fueron evaluados previo a la cirugía y 6 meses luego, mediante ecocardiografía en reposo y en ejercicio submáximo (100±10 lpm), valorando parámetros convencionales y S global longitudinal mediante *speckle tracking*. Se observó que los valores prequirúrgicos de S global longitudinal en reposo y durante el ejercicio resultaron ser predictores independientes de disfunción ventricular posquirúrgica (FE<50%), obteniendo como punto de corte -18% y -19%, respectivamente. Por otro lado, al corregir el S global longitudinal en el ejercicio por el DTSVI (S/DTSVI) aumentó significativamente su sensibilidad pasando a ser el parámetro con mayor poder predictivo de disfunción ventricular posquirúrgica, obteniendo como punto de corte -5,7%/mm.<sup>55</sup>

De modo similar, Magne et al. publicaron recientemente un estudio donde evaluaron 115 pacientes con IM moderada o severa, orgánica, todos ellos asintomáticos, con función sistólica del ventrículo izquierdo conservada y en ritmo sinusal. Se realizó un seguimiento por 3 años. Se comparó el S global longitudinal (analizado

por *speckle tracking*) con parámetros ecocardiográficos convencionales, tanto en reposo como en ejercicio, valorando la reserva contráctil por FE y por S global longitudinal. Se consideró reserva contráctil positiva un aumento del 2% (por S global longitudinal) y del 4% (por FE). El punto final primario fue muerte cardiovascular, cirugía de válvula mitral (utilizando criterios quirúrgicos de guías actuales) y hospitalización por insuficiencia cardíaca. Como resultado se observó que la reserva contráctil negativa evaluada por S global longitudinal fue predictor de evento clínico a 3 años (69% vs. 42,8%; p<0,001). En contraste, la reserva contráctil valorada por FE no resultó predictor (**Figura 5**). Por otra parte se evaluó el valor del péptido natriurético cerebral (BNP), demostrando clara correlación con los pacientes que presentaron reserva contráctil negativa evaluada por S global longitudinal, no así con la evaluada por FE.<sup>56</sup> En la **Tabla 4** se resumen los trabajos previamente mencionados.

### 3.2. STRAIN AURICULAR

Debido a la estrecha relación entre el grado de IM y su repercusión en la aurícula izquierda, la determinación de la función de esta cámara sería de gran utilidad a la hora de identificar disfunción contráctil ventricular incipiente. De allí el interés de diversos autores en evaluar el método de S como una herramienta eficaz para valorar su comportamiento.

En el año 2011, Cameli et al., mediante un estudio de corte transversal, evaluaron 116 pacientes, con diagnóstico de IM crónica orgánica, 36 de ellos de grado leve, 38 moderado y 42 severo, vs. 52 pacientes sanos; todos ellos asintomáticos con FE preservada (FE>60%). Se evaluó la función auricular mediante S de reservorio auricular, S de contracción auricular y el índice de S de contracción auricular (S de reservorio / S de contracción) mediante *speckle tracking*. Como resultado se observó que pacientes con IM leve presentaron un S auricular pico sistólico mayor que el grupo control; diferente fue el caso de los pacientes con IM moderada y severa, en el cual se encontraba disminuido en comparación con el grupo control (leve 46,7%, mo-

**Tabla 4.** Resumen de estudios publicados que evaluaron al S y SR ventricular en pacientes con IM crónica.

Autores (año)	Tipo de estudio. Seguimiento	Nro. de pacientes y patología	Parámetros evaluados	Resultados
Lee et al. (2004)	Corte transversal	32 p. con IM crónica severa degenerativa	Correlación entre RC (ecoestrés) y VTSVI y S-SR longitudinal (por DTI)	SR longitudinal mejor predictor de RC negativa (punto de corte: 1,07/s)
Kim et al. (2009)	Corte transversal	59 p. con IM crónica severa	Correlación entre dP/dt y FE, VTSVI y S-SR longitudinal, radial y circunferencial (por ST)	SR radial y circunferencial presentaron mayor correlación que el VTSVI. La FE y S longitudinal no mostraron correlación
Gunjan et al. (2012)	Corte transversal	75 p. con IM crónica severa reumática vs. 25 pacientes de grupo control	Correlación entre FE y DTSVI, y S-SR longitudinal y radial (por DTI)	S-SR radial y longitudinal presentaron correlación con la FE y DTSVI. Más aún, el S-SR se encontró disminuido inclusive en pacientes con FE>60% y DTSVI<40mm en comparación con el grupo control
Marcianak et al. (2011)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica y a los 12 meses	62 p. con IM severa degenerativa o reumática, con indicación quirúrgica (FE<50% y/o DTSVI ≥40mm). Se les realizó reparación valvular	FE y DTSVI vs. S-SR longitudinal (por DTI)	El S-SR y el DTSVI prequirúrgico demostraron ser los únicos predictores de disfunción ventricular posquirúrgica a 12 meses. El valor de S y de SR corregidos por el VTSVI arrojó valores predictores más sensibles
De Agustín et al. (2010)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica y a los 6 meses	38 p. con IM severa orgánica programados para reemplazo valvular	FE, VTSVI vs. S-SR longitudinal del septo interventricular (por ST y por DTI)	El S-SR y el VTSVI fueron predictores de disfunción ventricular a 6 meses, mientras que la FE no lo fue. El S longitudinal del septo interventricular obtenido por <i>speckle tracking</i> fue el parámetro con mayor poder predictivo
Florescú et al. (2011)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica y a los 14 días	28 p. con IM severa orgánica. Asintomáticos y FE≥60%. Se les realizó reparación valvular	FE, volúmenes y diámetros ventriculares vs. S-SR longitudinal (por ST)	El mejor predictor de disfunción ventricular fue el S con un punto de corte de -18%, y el SR con punto de corte de -0,9/s
Masclé et al. (2011)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica, al mes y a los 6 meses	88 p. con IM severa orgánica con indicación quirúrgica según guías actuales. (72 reparación valvular y 16 reemplazo)	DTSVI, FE vs. S global longitudinal (por ST)	El parámetro predictor más potente de disfunción ventricular al mes y a los 6 meses fue el S global longitudinal con un valor de corte de -18%
Song et al. (2011)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica, a los 3 días, a los 3 meses y seguimiento clínico por 3 años	147 p. con IM severa orgánica con FE≥60% y DTSVI<45 mm. Se les realizó reparación valvular	DTSVI, VTSVI, FE vs. S-SR global longitudinal, radial y circunferencial (por ST)	Predictores de disfunción ventricular. A los 7 días: el DTSVI, la FE y el S-SR global radial y longitudinal. A los 3 meses: el DTSVI, la FE y el S circunferencial. Seguimiento clínico: 6 pacientes requirieron reintervención por insuficiencia cardiaca y ninguno falleció. El único predictor en este caso fue el DTSVI
Lancellotti et al. (2008)	Cohorte. Evaluación prequirúrgica y hasta 21 meses después	71 p. con IM severa, degenerativa, con FE≥60% y DTSVI<45 mm (30 tratamiento quirúrgico y 41 tratamiento médico)	Ecocardiografía convencional vs. S global longitudinal (por ST) en reposo y en ejercicio	En reposo el S global longitudinal fue predictor de disfunción ventricular posquirúrgica (punto de corte: -18,1%). La reserva contráctil por S global longitudinal (punto de corte: 1,9%) también demostró ser predictor de disfunción ventricular, superando a la FE
Donal et al. (2012)	Cohorte. Evaluación antes de la cirugía y a los 6 meses	77 p. con IM severa orgánica, con FE≥60% y DTSVI<45 mm. Se les realizó reparación valvular	Ecocardiografía convencional vs. S global longitudinal (por ST) en reposo y en ejercicio	Los parámetros con mayor poder predictivo de disfunción ventricular postquirúrgica fueron S global longitudinal en reposo y en ejercicio. (Puntos de corte: -18 y -19%, respectivamente)
Magne et al. (2013)	Cohorte. Seguimiento clínico por 3 años	115 p. con IM moderada o severa, orgánica, con FE≥60% y DTSVI <45 mm	Ecocardiografía convencional vs. S global longitudinal (por ST) en reposo y en ejercicio. Punto final 1ro: muerte CV, cirugía de válvula mitral y hospitalización por IC.	La RC negativa, evaluada por S global longitudinal (<2%) resultó predictor de evento clínico a 3 años. La RC valorada por FE no resultó ser predictor.

P: pacientes. RC: reserva contráctil. IM: insuficiencia mitral. VTSVI: volumen telesistólico del ventrículo izquierdo. S: strain. SR: strain rate. DTI: doppler tisular. ST: speckle tracking. FE: fracción de eyección. DTSVI: diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo. Elaboración propia basada en las referencias #57 a #67.

derado 25,7%, severo 13,2%, control 40,5%). Por otra parte, el índice de S de contracción auricular fue mayor en los pacientes con IM leve y moderada, mientras que en pacientes con IM severa fue menor, en comparación con el grupo control. La reducción severa del índice de S de contracción auricular que presentan estos pacientes podría ser atribuible a un daño auricular ya irreversible.<sup>57</sup>

En el corriente año, nuevamente Cameli et al. publicaron un estudio en el que evaluaron a 46 pacientes con IM severa mediante ecocardiografía convencional y S auricular (mediante *speckle*

*tracking*). A todos ellos se les realizó cirugía valvular tomándose una biopsia de la pared auricular en el acto quirúrgico. Mediante un análisis transversal se evidenció clara correlación entre el grado de fibrosis del miocardio auricular y el S auricular longitudinal pico global. Este último demostró ser el parámetro con mayor poder predictivo de fibrosis auricular, superando al área y al índice de volumen auricular (**Figura 6**).<sup>58</sup>

En un estudio prospectivo de reciente publicación, realizado por Debonnaire et al., se evaluaron 121 pacientes con IM seve-

ra orgánica; a 117 se les realizó reparación valvular. De estos, 71 presentaban uno o más criterios quirúrgicos (de acuerdo con las guías actuales), y 46 no presentaban criterios. Previamente fueron evaluados mediante ecocardiografía; no sólo se valoró la función ventricular sino también la función de la aurícula izquierda. Esta última se estimó mediante índices volumétricos (diámetro auricular e índice de volumen auricular) y por medio del análisis de deformación del miocardio auricular (mediante *speckle tracking*). En un primer análisis transversal, se logró establecer al S auricular pico sistólico (S de reservorio auricular), con un punto de corte  $\leq 24\%$ , como el parámetro con mayor correlación para la indicación quirúrgica (propuesto por las guías actuales), con una sensibilidad y una especificidad de 76% y 72%, respectivamente. Luego de un seguimiento medio de 6,4 años, el S auricular pico sistólico (con el mismo punto de corte) demostró ser claro predictor independiente de mortalidad, lo cual se evidenció aun en pacientes sin criterios quirúrgicos (Figura 7).<sup>59</sup>

## DISCUSIÓN

En pacientes con IM crónica severa, el deterioro de la función sistólica del ventrículo izquierdo puede no ser detectado por métodos ecocardiográficos tradicionales que evalúan la contractilidad miocárdica; la principal razón de esta situación es la elevada precarga y la baja poscarga que presentan los pacientes con esta patología. Las guías actuales recomiendan un seguimiento estricto de los pacientes con el fin de identificar precozmente el desarrollo de síntomas, disfunción sistólica y/o dilatación del ventrículo izquierdo, así como la aparición de fibrilación auricular e hipertensión pulmonar.<sup>15</sup> Aun siguiendo estrictamente estas recomendaciones, los pacientes están expuestos a desarrollar disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>18,19</sup> Existe evidencia de que tanto la presencia de síntomas, como una FE  $< 60\%$  y un DTSVI  $\geq 40$  mm son predictores de mayor mortalidad y disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>3,5,6,19,24,25</sup> Es por ello que surge la hipótesis de que la identificación de disfunción contráctil en una fase temprana y su oportuna corrección quirúrgica podría evitar el desarrollo de disfunción ventricular irreversible luego de la cirugía.<sup>6</sup>

En este sentido varios autores han demostrado que la deformación miocárdica en pacientes con IM crónica severa es un método útil capaz de identificar precozmente disfunción sistólica del ventrículo izquierdo. El primero en hacerlo fue Lee et al., demostrando que un SR global longitudinal en reposo menor a  $-1,07/s$  es capaz de predecir mala reserva contráctil, infiriendo de esta manera disfunción ventricular subclínica.<sup>46</sup> Sin embargo, dado el escaso número de pacientes evaluados en este estudio, habría que corroborar si los resultados son reproducibles en ensayos de mayor cuantía.

A diferencia del ensayo previo, Kim et al. evaluaron un mayor número de pacientes y no sólo por SR longitudinal sino también radial y circunferencial, correlacionándolos con los valores pico de la dP/dt obtenido por cateterismo; en contraposición al estudio previo, el SR longitudinal no fue marcador de disfunción ventricular temprana, mientras que el SR radial y el circunferencial sí lo fue-

ron.<sup>47</sup> Es posible que los resultados hallados en ambos estudios no sean concordantes debido a la diferente metodología utilizada para analizar la deformación miocárdica: Kim et al. utilizaron el método de *speckle tracking*, mientras que Lee et al. lo hicieron mediante DTI. Por otra parte, Kim et al. no solo evaluaron una mayor cuantía de pacientes sino que además los resultados de SR fueron correlacionados con el pico de dP/dt, método invasivo con alta sensibilidad para detectar disfunción ventricular.

Por otro lado, Gunjan et al. infirieron disfunción ventricular temprana valorada por S longitudinal y radial al hallar un deterioro de estos parámetros aun en pacientes con FE  $> 60\%$  y DTSVI  $< 40$  mm.<sup>48</sup> Al igual que Lee et al., el análisis de la deformación se llevó a cabo por medio de DTI. Cabe mencionar que la principal limitación de estos 3 estudios es que ninguno realizó un seguimiento longitudinal de los pacientes, por lo que no es posible determinar un pronóstico posquirúrgico a partir de estos parámetros.

Otros ensayos realizaron un seguimiento prospectivo de pacientes, con el fin de adjudicar un valor pronóstico al S y SR. Entre ellos se destaca el de Marcianak et al., que evidenció una relación inversa entre los valores de S y SR y el diámetro ventricular; la corrección de estos valores por la geometría ventricular permitirían detectar de manera subclínica un deterioro en la contractilidad ventricular.<sup>10</sup> Sobre esta base, en el año 2011 el mismo autor, en un estudio prospectivo, pone de manifiesto la capacidad no sólo del método S (analizado a través de DTI) sino también del DTSVI ( $\geq 40$  mm) para predecir disfunción ventricular posquirúrgica en pacientes a los que se les practicó reparación valvular. A su vez, demostró que los valores obtenidos de S y SR al ser corregidos por el volumen ventricular resultaban ser valores predictivos más sensibles.<sup>49</sup> Una limitación de este estudio es la falta de comparación entre estos dos parámetros a fin de determinar cuál de ellos presenta mayor valor predictivo. Otro cuestionamiento es que el grupo de pacientes con función sistólica prequirúrgica preservada presentaban una FE  $\geq 50\%$ , valor considerado inferior al límite de lo normal para pacientes con IM.

Llamarivamente, en contraste con los ensayos previamente mencionados, el estudio realizado por Song et al. muestra que parámetros de remodelado ventricular, como el DTSVI y el VTSVI, fueron superiores al S y SR analizado por *speckle tracking* para predecir disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>53</sup> Cabe mencionar que, a diferencia de todos los estudios mencionados, este tomó como parámetro de disfunción ventricular posquirúrgica un valor de FE menor a 35%, razón por la cual estos resultados no son comparables con los del resto de los estudios. Resulta útil destacar que si bien llevó a cabo un seguimiento clínico luego de la cirugía, el número de eventos producidos fue muy bajo y es importante señalar que no se produjo ningún óbito.

En contraposición al estudio realizado por Song et al., los grupos de Mascle y de Florescu publicaron dos ensayos en los que se demostró que el S global longitudinal (obtenido por *speckle tracking*), con un valor de corte de  $-18\%$ , es un factor predictor de disfunción ventricular posquirúrgica más potente que el DTSVI.<sup>51,52</sup> Si bien Florescu et al. evaluaron tan sólo 28 pacientes por un período muy corto, su estudio es de gran valor ya que incluyó tan sólo pa-

cientes con FE>60% y DTSVI<45%. Al igual que el ensayo de Song et al., el valor de S global longitudinal no fue corregido por el diámetro ventricular, por lo cual la sensibilidad podría haber resultado aún mayor.

En cuanto a la evidencia que compara ambos métodos de deformación miocárdica (DTI vs. *speckle tracking*), el estudio publicado por De Agustín et al. demostró no sólo que los valores obtenidos de S por ambos métodos son predictores de disfunción ventricular posquirúrgica, sino que el obtenido mediante *speckle tracking* presenta mayor poder predictivo que el obtenido por DTI.<sup>50</sup> El principal cuestionamiento hacia este ensayo es que el análisis de la deformación miocárdica fue llevado a cabo únicamente en el septo interventricular, por presentar este segmento mayor resolución ecocardiográfica según refiere el autor; por ello, si se lo compara con estudios como los de Song y de Masclé en los cuales el S fue analizado de manera global, se encontraría en una clara desventaja.

Por otro lado, el análisis del S y SR durante el ejercicio resultó un complemento muy útil para identificar disfunción ventricular precoz en pacientes con IM crónica. Es así como el grupo de Magne y Lancellotti evidenciaron que mediante la evaluación de la reserva contráctil por S global longitudinal es posible predecir disfunción ventricular posquirúrgica en pacientes asintomáticos y con FE preservada, con puntos de corte de 2% y 1,9%, respectivamente.<sup>54,56</sup> Además, Magne et al. fueron el primer grupo en demostrar capacidad para predecir eventos clínicos a 3 años; más aún, se evidenció correlación de los valores de S con los de BNP, lo cual incrementa su valor pronóstico. De manera similar a Marcianak, Donal et al. demostraron que si el valor de S global longitudinal en ejercicio es corregido por el diámetro ventricular, este es capaz de predecir con mayor sensibilidad y especificidad disfunción ventricular posquirúrgica.<sup>55</sup> Los resultados de estos estudios son muy valiosos ya que al complementar el análisis de S con el ejercicio permite predecir con mayor precisión disfunción ventricular posquirúrgica e incluso predecir eventos clínicos a largo plazo.

Si bien la valoración de la función auricular en la IM mediante el S y SR auricular ha sido evaluada en un menor número de estudios, la evidencia proporcionada por el ensayo publicado por Debonnaire et al. es muy concluyente ya que, al igual que el estudio de Magne et al., evalúa de manera prospectiva la capacidad de predecir eventos clínicos en una muestra mayor de pacientes por periodos muy prolongados. De esta manera, el autor demostró que el S auricular pico sistólico (S de reserva auricular), con un punto de corte  $\leq 24\%$ , no sólo tiene buena correlación con las indicaciones quirúrgicas de las guías actuales, sino que también predice mayor mortalidad a 6 años de seguimiento.<sup>59</sup>

Más allá que el ensayo de Cameli et al. evaluó una menor cantidad de pacientes mediante un estudio de corte transversal, este aporta valiosa información de la función auricular, ya que demuestra que pacientes con IM severa presentan un S auricular pico global extremadamente bajo en comparación con la IM de grado moderado. Por otra parte, el estudio publicado este año por el mismo autor demostró la capacidad del S auricular pico sistólico para predecir presencia de fibrosis del miocardio auricular.<sup>68,69</sup>

Finalmente, es importante señalar que los estudios previamente comentados excluyeron en su mayoría a pacientes con IM funcional, asociada a lesiones coronarias y a otras valvulopatías; es por ello que los resultados obtenidos son válidos únicamente para pacientes con IM severa de origen orgánico y sin isquemia.

## CONCLUSIÓN

La IM crónica es una enfermedad progresiva y de lenta evolución, por lo cual es difícil decidir el momento óptimo para indicar la cirugía. Una intervención quirúrgica demasiado precoz podría exponer al paciente a un riesgo quirúrgico superior al de la evolución natural de la enfermedad. Es por ello que resulta fundamental identificar la disfunción ventricular en una fase temprana, donde la lesión miocárdica sea reversible y la incidencia de disfunción ventricular posquirúrgica sea menor. Por tratarse de una patología que se caracteriza por sobrecarga de volumen y baja poscarga, identificar una fase precoz de disfunción ventricular por métodos ecocardiográficos tradicionales como la FE y el análisis de diámetro ventricular se torna dificultoso.

La valoración de la función sistólica mediante el análisis de la deformación miocárdica (*strain* y *strain rate*) proporciona una valoración con menor grado de dependencia de la carga en comparación con los métodos tradicionales. De esta manera, se convierte en un método más preciso y de mayor utilidad para detectar disfunción ventricular en pacientes con IM crónica.

En base a la evidencia disponible, la evaluación de la función sistólica ventricular por medio del S y SR permite la identificación de disfunción ventricular precoz, logrando de esta manera predecir la caída de la función sistólica luego de la cirugía con un valor de corte de  $-18\%$ . Más aún, el complemento de este método con la evaluación de la reserva contráctil por ecoestrés resulta de gran valor. Un incremento de S menor al 2% permite predecir eventos clínicos posquirúrgicos en pacientes con IM severa asintomáticos y con FE>60%. Los hallazgos previamente comentados se encuentran potenciados al corregir los valores obtenidos por la geometría ventricular, aumentando su sensibilidad para detectar disfunción ventricular precoz.

En cuanto a la comparación de ambos métodos de análisis de deformación miocárdica, el *speckle tracking* ha demostrado ser un método más preciso que el obtenido por DTI.

La evaluación de la función auricular por medio del S y SR mediante *speckle tracking*, también ha demostrado ser una herramienta útil en la evaluación prequirúrgica de los pacientes con IM crónica. Un valor de S auricular pico sistólico inferior a 24% se asocia con mayor incidencia de disfunción ventricular luego de la cirugía y además predice disminución en la sobrevida de estos pacientes. Resultaría de gran valor diseñar un estudio con mayor número de pacientes que evalúe de manera conjunta al S auricular con el ventricular.

Finalmente, considerando la información analizada, la deformación miocárdica se muestra superior a los métodos propuestos por las guías actuales para identificar disfunción ventricular precoz en pacientes con IM crónica severa de origen



orgánica. Es por ello que permitiría decidir el momento óptimo para la intervención quirúrgica, evitando no sólo un mal pronóstico a largo plazo sino también un riesgo quirúrgico innecesario en pacientes sin disfunción ventricular.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lung B, Baron G, Tornos P, Golhke-Barwolf C, Butchart E, Vahanian A, et al. Valvular heart disease in the community: An European experience. *Curr Probl Cardiol.* 2007;32:609-661.
2. Ling LH, Enriquez-Sarano M, Seward JB, Tajik AJ, Schaff HV, Bai-ley KR, et al. Clinical outcome of mitral regurgitation due to flail leaflet. *N Engl J Med.* 1996;335:1417-23.
3. Tribouilloy C, Grigioni F, Avierinos JF, Barbieri A, Rusinaru D, Szymanski C, et al. Survival implication of left ventricular end-systolic diameter in mitral regurgitation due to flail leaflets: a long-term follow-up multicenter study. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1961-8.
4. Alfieri O, Andreotti F, Antunes M, Barón-Esquivas G, Baumgartner H, Borger M, et al. Guías de práctica clínica sobre el tratamiento de valvulopatías. *Rev Esp Cardiol.* 2013;66(2):131.e1-e42.
5. Enríquez-Sarano M, Tajik AJ, Schaff HV, Orszulak TA, McGoon MD, Bailey KR, et al. Echocardiographic prediction of left ventricular function after correction of mitral regurgitation: results and clinical implications. *J Am Coll Cardiol.* 1994;24:1536-43.
6. Enriquez-Sarano M, Tajik AJ, Schaff HV, Orszulak TA, Bailey KR, Frye RL. Echocardiographic prediction of survival after surgical correction of organic mitral regurgitation. *Circulation.* 1994;90:830-7.
7. Lee R, Marwick TH. Assessment of subclinical left ventricular dysfunction in asymptomatic mitral regurgitation. *Eur J Echocardiogr.* 2007;8:175-84.
8. 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.
9. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, et al. Two dimensional strain - a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004;17:1021-9.
10. Abali G, Tokgözoğlu L, Özcebe OI, Aytémir K, Nazlı N. Which Doppler parameters are load independent? A study in normal volunteers after blood donation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18:1260-5.
11. Marciniak A, Claus P, Sutherland GR, Marciniak M, Karu T, Baltabaeva A, et al. Changes in systolic left ventricular function in isolated mitral regurgitation. Strain rate imaging study. *Eur Heart J.* 2007;28:2627-36.
12. Bonow R, Otto C. *Valvular Heart Disease: A Companion of Braunwald's Heart Disease.* 3ra ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2009.
13. Enriquez-Sarano M, Akins CW, Vahanian A. Mitral regurgitation. *Lancet.* 2009;373:1382-94.
14. Bonow R, Mann D, Zipes D, Libby P. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine.* 9a. ed. Barcelona: Saunders Elsevier, 2013.
15. Enriquez-Sarano M, Avierinos JF, Messika-Zeitoun D, Detaint D, Capps M, Nkomo V, et al. Quantitative determinants of the outcome of asymptomatic mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2005; 352; 875-83.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. V. Roel y a la Dra. M. Del Campo por su asesoramiento y supervisión constante. A mi mujer Daniela por su incondicional apoyo.

16. Grigioni F, Avierinos JF, Ling LH, Scott CG, Bailey KR, Tajik AJ, et al. Atrial fibrillation complicating the course of degenerative mitral regurgitation. Determinants and long-term outcome. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 40:84-92.
17. Ling LH, Enriquez-Sarano M, Seward JB, Orszulak TA, Schaff HV, Bailey KR, et al. Early surgery in patients with mitral regurgitation due to flail leaflets: a long-term outcome study. *Circulation.* 1997;96:1819-25.
18. Avierinos JF, Gersh BJ, Melton LJ, Bailey KR, Shub C, Nishimura RA, et al. Natural history of asymptomatic mitral valve prolapse in the community. *Circulation.* 2002;106:1355-61.
19. Pizarro R, Oberti P, Falconi M, Trevisan M, Domenech A, Krauss J. Predictibilidad de los resultados posquirúrgicos en la insuficiencia mitral severa orgánica: evaluación de los índices de tamaño y función ventricular izquierda y lesión valvular. *Rev Argent Cardiol.* 2003;71:409-15.
20. Grigioni F, Tribouilloy C, Avierinos J, Barbieri A, Ferlito M, Trojette F, et al. Outcomes in Mitral Regurgitation Due to Flail Leaflets A Multicenter European Study. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008;1:133-41.
21. Falconi M, Oberti P, Arias A, Achilli F, Tewel F, Funes D. Estratificación de riesgo en la insuficiencia mitral severa asintomática: ¿cómo se podría identificar a los pacientes con evolución adversa? *Rev Argent Cardiol.* 2008;76:286-291.
22. Kang DH, Kim JH, Rim JH, Kim MJ, Yun SC, Song JM, et al. Comparison of early surgery versus conventional treatment in asymptomatic severe mitral regurgitation. *Circulation.* 2009;119:797-804.
23. Montant P, Chenot F, Robert A, Vancraeynest D, Pasquet A, Gerber B, et al. Long-term survival in asymptomatic patients with severe degenerative mitral regurgitation: a propensity score-based comparison between an early surgical strategy and a conservative treatment approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138(6):1339-48.
24. Sarano ME, Tajik AJ, Schaff HV, Orszulak TA, Frye RL. Should mitral regurgitation surgery be performed in minimally symptomatic patients? Analysis of the impact of the class III-IV symptoms on postoperative outcome. *J Am Coll Cardiol.* 1996;27:73.
25. Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Bailey KR, Tajik AJ, et al. Impact of preoperative symptoms on survival after surgical correction of degenerative mitral regurgitation: rationale for optimizing surgical indications. *Circulation.* 1999;99:400-5.
26. Matsumura T, Ohtaki E, Tanaka K, Misu K, Tobaru T, Asano R, et al. Echocardiographic prediction of left ventricular dysfunction after mitral valve repair for mitral regurgitation as an indicator to decide the optimal timing of repair. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42:458-63.
27. Shuhaiber J, Anderson RJ. Meta-analysis of clinical outcomes following surgical mitral valve repair or replacement. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007;31:67-75.
28. Vengen A, Abdelnoor M, Westheim A, Smith G, Fjeld N. Outcome of mitral valve plasty or replacement: atrial fibrillation an effect modifier. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2013;8:142.

29. Feldman T, Foster E, Glower DD, Kar S, Rinaldi MJ, Fail PS, et al, 2011, EVEREST II Investigators. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2011;364:1395–406.
30. Enriquez-Sarano M, Orszulak TA, Schaff HV, Abel MD, Tajik A, Frye RL, et al. Mitral regurgitation: a new clinical perspective. *Mayo Clin Proc.* 1997;72:1034-1043.
31. Zile MR, Gaasch WH, Carroll JD, Levine HJ. Chronic mitral regurgitation: predictive value of pre-operative echocardiographic indexes of left ventricular function and wall stress. *J Am Coll Cardiol.* 1984;3:235–42.
32. Pai RG, Bansal RC, Shah PM. Doppler-derived rate of left ventricular pressure rise: its correlation with postoperative left ventricular function in mitral regurgitation. *Circulation.* 1990;82:514-20.
33. Haluska B, Short L, Marwick TH. Relationship of ventricular longitudinal function to contractile reserve in patients with mitral regurgitation. *Am Heart J.* 2003;146:183-8.
34. Agricola E, Galderisi M, Oppizzi M, Schinkel AF, Maisano F, De Bonis M, et al. Pulsed tissue Doppler imaging detects early myocardial dysfunction in asymptomatic patients with severe mitral. *Heart.* 2004;90:406-10.
35. Lee R, Haluska B, Leung DY, Case C, Mundy J, Marwick TH. Functional and prognostic implications of left ventricular contractile reserve in patients with asymptomatic severe mitral regurgitation et al. *Heart.* 2005;91:1383-4.
36. Leung DY, Griffin BP, Stewart WJ, Cosgrove DM, Thomas JD, Marwick TH. Left ventricular function after valve repair for chronic mitral regurgitation: predictive value of preoperative evaluation of contractile reserve by exercise echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 1996; 28:1198-205
37. Leung DY, Armstrong G, Griffin BP, Thomas JD, Marwick TH. Latent left ventricular dysfunction in patients with mitral regurgitation: feasibility of measuring diminished contractile reserve from a simplified model of non-invasively derived left ventricular pressure-volume loops. *Am Heart J.* 1999;137:427-34
38. Agricola E, Bombardini T, Oppizzi M, Margonato A, Pisani M, Melisurgo G, et al. Usefulness of latent left ventricular dysfunction assessed by bowditch treppe to predict stress-induced pulmonary hypertension in minimally symptomatic severe mitral regurgitation secondary to mitral valve prolapse. *Am J Cardiol.* 2005;95:414-7.
39. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, Skjerve T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:1013e9.
40. Cianciulli T, Prezioso H, Lax J. *Nuevas técnicas en ecocardiografía. 1ra ed. Buenos Aires: Journal, 2012.*
41. Cabrera B. *Ecocardiografía. 1ra ed. Madrid: Editorial médica Panamericana, 2011.*
42. Marwick TH, Cheuk Man Y, Jing Ping S. *Myocardial imaging. Tissue Doppler and speckle tracking. 1ra ed. Massachusetts: Malden Blackwell Futura, 2007.*
43. Perk G, Tunick PA, Kronzon I. Non-doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography- From technical considerations to clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20:234-43.
44. Dandel M, Lehmkühl H, Knosalla C, Suramclashvili N, Hetzer R. Strain and Strain Rate Imaging by Echocardiography – Basic Concepts and Clinical Applicability. *Current Cardiology Reviews,* 2009;5:133-148.
45. Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popović ZB, Marwick TH. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26(2):185-91.
46. 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.
47. Brown J, Jenkins C, Marwick T. Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: A comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *Am Heart J.* 2009;157:102.e1-102.e5.
48. Notomi Y, Lysyansky P, Setser R, Shiotat, MD, Popovic Z, Maureen G, et al. Measurement of Ventricular Torsion by Two-Dimensional Ultrasound Speckle Tracking Imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:2034–41.
49. Serri K, Reant P, Lafitte M, Berhouet M, Le Bouffos V, Roudaut R, et al. Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain: application in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:1175-81.
50. Delgado V, Tops L, Bommel R, Van Der Kley F, Marsan N, Klautz R, et al. Strain analysis in patients with severe aortic stenosis and preserved left ventricular ejection fraction undergoing surgical valve replacement. *Eur Heart J.* 2009; 30: 3037–47.
51. Kempny A, Diller G, Kaleschke G, Orwat S, Funke A, Radke R, et al. Longitudinal left ventricular 2D strain is superior to ejection fraction in predicting myocardial recovery and symptomatic improvement after aortic valve implantation. *Int J Cardiol.* 2013;167(5):2239-43.
52. Delgado V, Ypenburg C, Van Bommel R, Tops L, Mollema S, Marsan N, et al. Assessment of Left Ventricular Dyssynchrony by Speckle Tracking Strain Imaging Comparison Between Longitudinal, Circumferential, and Radial Strain in Cardiac Resynchronization Therap. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51:1944-52.
53. Cianciulli T, Saccheri M, Lax J, Bermann A, Ferreiro D. Two-dimensional speckle tracking echocardiography for the assessment of atrial function. *World J Cardiol.* 2010;2(7):163-170.
54. Saraiva R, Demirkol S, Buakhamsri A, Greenberg N, Popović Z, Thomas J, et al. Left Atrial Strain Measured by Two-Dimensional Speckle Tracking Represents a New Tool to Evaluate Left Atrial Function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:172-80.
55. Vianna-Pinton R, Moreno C, Baxter C, Lee K, Tsang T, Appleton C. Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography of the Left Atrium: Feasibility and Regional Contraction and Relaxation Differences in Normal Subjects. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22.(3):299-305.
56. Cameli M, Lisi M, Mondillo S, Padeletti M, Ballo P, Tsioulpas C, et al. Left atrial longitudinal strain by speckle tracking echocardiography correlates well with left ventricular filling pressures in patients with heart failure. *Cardiovascular Ultrasound.* 2010, 8:14.
57. Lee R, Hanekom L, Marwick T, Rodol Leano R, Sudhir Wahi S. Prediction of Subclinical Left Ventricular Dysfunction With Strain Rate Imaging in Patients With Asymptomatic Severe Mitral Regurgitation. *Am J Cardiol.* 2004;94:1333–1337.
58. Kim MS, Kim YJ, Kim HK, Han JY, Chun HG, Kim HC, et al. Evaluation of left ventricular short and long-axis function in severe mitral regurgitation using 2-dimensional strain echocardiography. *Am Heart J.* 2009;157:345-51.
59. Gunjan M, Kurien S, Tyagi S. Early prediction of left ventricular systolic dysfunction in patients of asymptomatic chronic severe rheumatic mitral regurgitation using tissue Doppler and strain rate imaging. *Indian Heart J.* 2012;6403:245–248.

60. Marciniak A, Sutherland GR, Marciniak M, Kourliouros A, Bijmens B, Jahangiri M. Prediction of postoperative left ventricular systolic function in patients with chronic mitral regurgitation undergoing valve surgery - the role of deformation imaging. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40:1131-7.
61. De Agustín J, Pérez de Isla L, Núñez-Gil I, Vivas D, Manzano M, Alberca P, et al. Estudio de la deformación miocárdica: predictor de disfunción ventricular a medio plazo tras cirugía en pacientes con insuficiencia mitral crónica. *Rev Esp Cardiol.* 2010;63(5):544-53.
62. Florescu M, Benea D, Rimbas R, Cerin G, Diena M, Lanzillo G, et al. Myocardial Systolic Velocities and Deformation Assessed by Speckle Tracking for Early Detection of Left Ventricular Dysfunction in Asymptomatic Patients with Severe Primary Mitral Regurgitation. *Echocardiography* 2012;29:326-333.
63. Mascle S, Schnell F, Thebault C, Corbineau H, Laurent M, Hamonic S, et al. Predictive Value of Global Longitudinal Strain in a Surgical Population of Organic Mitral Regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:766-72.
64. Song JM, Kang S, Lee EJ, Shin MJ, Lee J, Chung C, et al. Echocardiographic Predictors of Left Ventricular Function and Clinical Outcomes After Successful Mitral Valve Repair: Conventional Two-Dimensional Versus Speckle-Tracking Parameters. *Ann Thorac Surg.* 2011;91:1816-23.
65. Lancellotti P, Cosyns B, Zacharakis D, Attina E, Van Camp G, Gach O, et al. Importance of Left Ventricular Longitudinal Function and Functional Reserve in Patients With Degenerative Mitral Regurgitation: Assessment by Two-Dimensional Speckle Tracking. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1331-1336.
66. Donal E, Mascle S, Brunet A, Thebault C, Corbineau H, Laurent M, et al. Prediction of left ventricular ejection fraction 6 months after surgical correction of organic mitral regurgitation: the value of exercise echocardiography and deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13:922-930.
67. Magne J, Mahjoub H, Dulgheru R, Pibarot P, Pierard L, Lancellotti P. Left ventricular contractile reserve in asymptomatic primary mitral regurgitation. *Eur Heart J.* doi:10.1093/eurheartj/ehs345
68. Cameli M, Lisi M, Giacomini E, Caputo M, Navarri R, Malandrino A, et al. Chronic Mitral Regurgitation: Left Atrial Deformation Analysis by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. *Echocardiography.* 2011;28:327-334.
69. Cameli M, Lisi M, Righini F, Massoni A, Natali B, Focardi M, et al. Usefulness of Atrial Deformation Analysis to Predict Left Atrial Fibrosis and Endocardial Thickness in Patients Undergoing Mitral Valve Operations for Severe Mitral Regurgitation Secondary to Mitral Valve Prolapse. *Am J Cardiol.* 2013;111:595e601.
70. Debonnaire P, Leong D, Witkowski T, Al Amri I, Joyce E, Katsanos S, et al. Left Atrial Function by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Patients with Severe Organic Mitral Regurgitation: Association with Guidelines-Based Surgical Indication and Postoperative (Long-Term) Survival. *J Am Soc Echocardiogr.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2013.05.19>.