Estudio de la deformación miocárdica: predictor de disfunción ventricular a medio plazo tras cirugía en pacientes con insuficiencia mitral crónica

José A. de Agustín[a], Leopoldo Pérez de Isla[a], Iván J. Núñez-Gil[a], David Vivas[a], María del C. Manzano[a], Pedro Marcos-Alberca[a], Covadonga Fernández-Golfín[a], Cecilia Corros[a], Carlos Almería[a], José L. Rodrigo[a], Adalia Aubele[a], Dionisio Herrera[a], Enrique Rodríguez[b], Carlos Macaya[a] y José Zamorano[a]

[a]Servicio de Cardiología. Instituto Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos. Madrid. España.
[b]Servicio de Cirugía Cardiaca. Instituto Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos. Madrid. España.

Introducción y objetivos. El desarrollo de disfunción ventricular izquierda tras la sustitución valvular mitral es un problema frecuente en pacientes con insuficiencia mitral grave crónica. El análisis de la deformación miocárdica permite estimar con precisión la contractilidad miocárdica. Nuestro objetivo fue comparar el valor predictivo de *strain* (S) y *strain rate* (SR) preoperatorios obtenidos por *speckle-tracking* y Doppler tisular (DTI) para predecir la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) a medio plazo tras la cirugía.

Métodos. Treinta y ocho pacientes consecutivos con insuficiencia mitral grave crónica programados para sustitución valvular mitral fueron incluidos prospectivamente. Se analizó el S y el SR longitudinal del septo interventricular en el periodo preoperatorio mediante *speckle-tracking* y DTI. La FEVI preoperatoria y postoperatoria se obtuvo por ecocardiografía tridimensional. Los estudios ecocardiográficos se realizaron dentro de las 48 h previas a la cirugía y 6 meses después de la cirugía.

Resultados. La media de edad de los pacientes era 59,9 ± 11,3 años; 10 pacientes (29,4%) eran varones. Tanto el *speckle-tracking* como el DTI resultaron predictores de disminución de la FEVI > 10% a 6 meses. Sin embargo, el valor predictivo del *speckle-tracking* fue superior al del DTI. El S longitudinal del septo interventricular basal mediante *speckle-tracking* fue el parámetro con mayor poder predictivo, con un área bajo la curva de 0,85 y un punto de corte óptimo de –0,11.

Conclusiones. El *speckle-tracking* permite predecir la disminución de la FEVI a medio plazo tras la sustitución valvular mitral. Además, el *speckle-tracking* es más preciso que el DTI para este fin.

Palabras clave: *Insuficiencia mitral. Speckle-tracking. Disfunción ventricular.*

Assessment of Myocardial Deformation: Predicting Medium-Term Left Ventricular Dysfunction After Surgery in Patients With Chronic Mitral Regurgitation

Introduction and objectives. The development of left ventricular dysfunction after mitral valve replacement is a common problem in patients with chronic severe mitral regurgitation. Assessment of myocardial deformation enables myocardial contractility to be accurately estimated. Our aim was to compare the value of the preoperative strain and strain rate derived by either speckle-tracking echocardiography or tissue Doppler imaging (TDI) for predicting the medium-term decrease in left ventricular ejection fraction (LVEF) following surgery.

Methods. This prospective study involved 38 consecutive patients with chronic severe mitral regurgitation who were scheduled for mitral valve replacement. The longitudinal strain and strain rate in the interventricular septum were measured preoperatively using speckle-tracking echocardiography and TDI. The LVEF was determined preoperatively and postoperatively using 3-dimensional echocardiography. Echocardiographic assessments were performed in the 48 hours prior to surgery and 6 months postoperatively.

Results. The patients' mean age was 59.9±11.3 years and 10 (29.4%) were male. Both speckle-tracking echocardiography and TDI were found to be predictors of a >10% decrease in LVEF at 6 months. However, the predictive value of speckle-tracking echocardiography was greater than that of TDI. The longitudinal strain at baseline in the interventricular septum as measured by speckle-tracking echocardiography was the most powerful predictor; the area under the curve was 0.85 and the optimal cut-off value was –0.11.

Conclusions. Speckle-tracking echocardiography can be used to predict a decrease in LVEF over the medium term after mitral valve replacement. Moreover, the predictive accuracy of speckle-tracking echocardiography was greater than that of TDI.

Key words: *Mitral regurgitation. Speckle-tracking echocardiography. Ventricular dysfunction.*

Full English text available from: www.revespcardiol.org

Correspondencia: Dr. J.A. de Agustín.
Unidad de Imagen Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos.
Prof. Martín Lagos, s/n. 28040 Madrid. España.
Correo electrónico: albertutor@hotmail.com

Recibido el 26 de julio de 2009.
Aceptado para su publicación el 17 de diciembre de 2009.

ABREVIATURAS

DTI: Doppler tisular.
FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de disfunción ventricular izquierda a largo plazo es una preocupación importante para el clínico en el manejo de pacientes con insuficiencia mitral grave crónica[1-4]. En el periodo preoperatorio las alteraciones de la contractilidad miocárdica pueden ser «invisibles» con los métodos tradicionales para evaluar la función sistólica, debido a las condiciones de carga existentes. La regurgitación mitral proporciona una vía alternativa de baja impedancia para la eyección de ventrículo izquierdo y aumenta la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI)[5,6]. Para el clínico, supone un gran desafío la detección temprana del deterioro de la función sistólica en pacientes con insuficiencia mitral crónica para así definir mejor el momento adecuado de la cirugía.

Recientemente ha surgido el análisis de la deformación miocárdica como método cuantitativo para estimar con precisión la contractilidad miocárdica. El *strain* representa el acortamiento porcentual de la fibra miocárdica (fig. 1). El *strain rate* es la derivada respecto al tiempo del *strain* y representa la velocidad de deformación miocárdica. La principal ventaja respecto a los métodos que analizan el desplazamiento miocárdico es que diferencia la contracción activa del movimiento pasivo resultante de la traslación general del corazón o por la tracción de regiones vecinas de miocardio, por lo que es menos dependiente de la carga que los métodos tradicionales para valorar la función ventricular izquierda.

Actualmente hay dos métodos disponibles para la evaluación de la deformación miocárdica: el Doppler tisular (DTI) y el nuevo método *speckle-tracking* (ST), que no se basa en el Doppler, sino en el seguimiento de puntos brillantes mediante el análisis de la escala de grises (fig. 1). En un estudio previo de nuestro grupo, se demostró el valor del *speckle-tracking* para predecir el deterioro de la FEVI en el postoperatorio inmediato de pacientes intervenidos por insuficiencia mitral grave crónica[7]. Sin embargo, hay diferentes factores que pueden influir en la FEVI en ese periodo, como el estado hemodinámico del paciente, las alteraciones de la carga, la contusión miocárdica tras la intervención, estados sépticos, etc. El objetivo del presente estudio es evaluar el valor predictivo del análisis de la

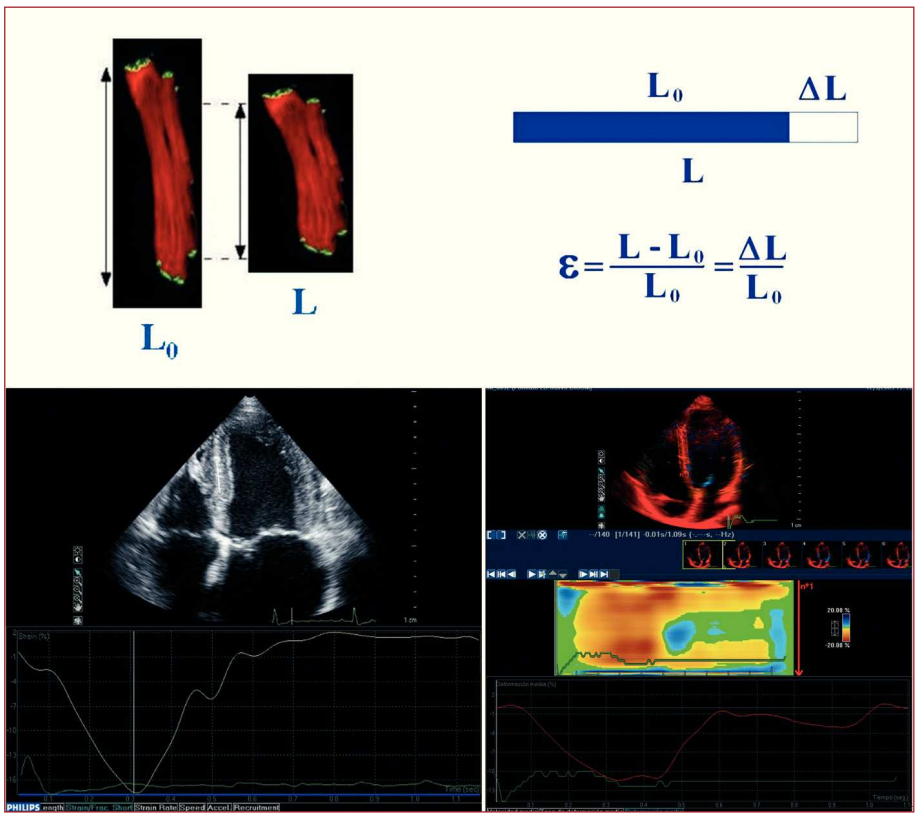

Fig. 1. El *strain* representa el acortamiento porcentual de la fibra miocárdica en sístole. Abajo y a la izquierda: *strain* obtenido por *speckle-tracking*. Abajo y a la derecha: obtenido por DTI. ΔL: cambio de longitud; L: longitud final; Lo: longitud inicial; S: *strain*.

deformación miocárdica longitudinal del ventrículo izquierdo mediante *speckle-tracking* y DTI para predecir la caída de la FEVI a medio plazo en pacientes intervenidos por insuficiencia mitral grave crónica.

MÉTODOS

Se incluyó prospectivamente a 38 pacientes consecutivos, programados para sustitución valvular mitral por insuficiencia mitral grave crónica debida a enfermedad orgánica de la válvula mitral en el Hospital Clínico San Carlos, desde diciembre de 2006 hasta octubre de 2007. Se definieron como criterios de exclusión la presencia de cardiopatía isquémica, miocardiopatías, valvulopatía aórtica significativa, estenosis mitral mayor que leve, cardiopatías congénitas y el rechazo del sujeto. Se excluyó también a 4 pacientes que no se pudo localizar a los 6 meses de la intervención, con lo que finalmente quedaron 34 pacientes. No se excluyó a ningún paciente por mala ventana acústica.

Ecocardiografía

Se obtuvo el *strain* y el *strain rate* longitudinal del septo interventricular basal y medio mediante DTI y *speckle-tracking* desde el plano apical de cuatro cámaras[8,9]. Se alineó lo mejor posible el haz de ultrasonidos con el septo interventricular. Las imágenes para *speckle-tracking* se obtuvieron con una *frame rate* entre 80 y 100 cuadros por segundo (fps), mientras que con el DTI fue > 150 fps en todos los casos. Se utilizó un equipo IE33 con una sonda S5 (Philips, Andoven, Massachusetts). En los pacientes en ritmo sinusal se grabaron dos ciclos y el resultado final fue el promedio de los dos. En pacientes en fibrilación auricular, el promedio se realizó con tres ciclos. La FEVI preoperatoria y postoperatoria se obtuvo por ecocardiografía tridimensional utilizando la técnica de «volumen completo»[10]. La población de estudio se dividió en dos grupos: grupo 1, con disminución de la FEVI ≤ 10% a 6 meses, y grupo 2, con disminución de la FEVI > 10% a 6 meses.

La insuficiencia mitral se cuantificó por la medición del área de isoconvergencia proximal (PISA) y el orificio regurgitante efectivo (ORE). Se obtuvo la derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo (Dp/DT) mediante la señal de Doppler continuo espectral del flujo de regurgitación mitral desde un plano apical de cuatro cámaras. Los estudios ecocardiográficos se realizaron durante las 48 h previas a la cirugía y 6 meses después de ésta. Las imágenes se grabaron en un disco magnetoóptico o en un disco compacto y se transfirieron para hacer el análisis *off-line* usando el *software* Q-lab (Philips, Andoven, Massachusetts).

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se expresaron como media ± desviación estándar y las variables cualitativas, como valor absoluto y porcentaje. Se examinó la normalidad de las variables mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre grupos se analizaron con el test de la t de Student para variables cuantitativas y la de la χ^2 para variables cualitativas. Se utilizó el test de la t de Student para muestras apareadas para evaluar el cambio en las variables cuantitativas. Se utilizó la regresión lineal para estudiar la correlación entre variables continuas. Se realizó análisis de regresión logística para analizar los predictores del deterioro de la FEVI > 10% a los 6 meses. Se construyeron curvas ROC con las correspondientes áreas bajo la curva para determinar el punto de corte óptimo para predecir el deterioro de la FEVI. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 15.0

RESULTADOS

La media de edad de los pacientes era 59,9 ± 11,3 años; 10 pacientes (29,4%) eran varones. La etiología de la insuficiencia mitral fue reumática en 19 pacientes (55,9%), degenerativa en 14 (41,2%) y secundaria a la endocarditis curada en 1 (2,9%); 25 pacientes (73,5%) estaban en fibrilación auricular y el resto, en ritmo sinusal. Se utilizó bioprótesis en 2 pacientes (5,9%) y prótesis metálica en 32 (94,1%). El procedimiento quirúrgico incluyó conservación del aparato subvalvular en todos los casos. La FEVI cayó del 62,46% ± 8,4% previo a la cirugía al 56,08% ± 12,9% a los 6 meses de la cirugía ($p < 0,001$). En el grupo 1 la FEVI cayó del 62,6% ± 7,2% previo a la cirugía al 61,7% ± 7% a los 6 meses de la cirugía ($p = 0,38$), mientras que en el grupo 2 la FEVI cayó del 62,2% ± 10,6% previo a la cirugía al 45,7% ± 15% a los 6 meses de la cirugía ($p < 0,001$). Comparando estos resultados con los del estudio en el postoperatorio inmediato[7], recientemente publicado, se produjo una mejoría muy discreta y no significativa de la FEVI. La FEVI pasó del 54,6% ± 13,6% en el postoperatorio inmediato al 56,1% ± 12,9% a los 6 meses ($p = 0,23$).

Las características basales de los dos grupos se recogen en la tabla 1. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los volúmenes ventriculares y en la Dp/Dt. También se encontró una tendencia a una mayor gravedad de la insuficiencia mitral en el grupo 2, que no alcanzó significación estadística. No se obtuvieron diferencias significativas en el resto de las variables. Se pudo obtener en todos los pacientes el *strain* y el *strain rate* longitudinal del septo interventricular basal y medio con

TABLA 1. **Características basales**

	Grupo 1	Grupo 2	p
Pacientes	19 (55,9)	15 (44,1)	
Edad (años)	62,1 ± 11,7	57,1 ± 10,4	0,2
Varones	4 (21,1)	6 (40)	0,27
Diámetro de la aurícula izquierda (cm)	5,26 ± 0,8	5,77 ± 1,84	0,29
SIV (cm)	1,08 ± 0,18	1,08 ± 0,26	0,96
Pared posterior (cm)	0,93 ± 0,14	0,97 ± 0,24	0,61
VTD (3D) (ml)	88,2 ± 42,3	117,5 ± 53,6	0,009
VTS (3D) (ml)	32,6 ± 17,3	46,4 ± 29,2	0,009
FEVI (3D)	62,6 ± 7,2	62,2 ± 10,6	0,9
ORE (cm^2)	0,36 ± 0,12	0,53 ± 0,33	0,055
Etiología			0,17
Degenerativa	6 (31,6)	8 (53,3)	
Reumática	13 (68,4)	6 (40)	
Endocarditis	0	1 (6,7)	
Dp/Dt	1.592 ± 635	1.191 ± 387	0,04
Presión sistólica de la arteria pulmonar (mmHg)	48,3 ± 13,6	46,8 ± 18	0,79
Fibrilación auricular	15 (78,9)	10 (66,7)	0,46
Bioprótesis	2 (10,5)	0	0,49

Dp/dt: derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; Grupo 1: disminución de la FEVI ≤ 10% a 6 meses; Grupo 2: disminución de la FEVI > 10% a 6 meses; ORE: orificio regurgitante efectivo; SIV: septo interventricular; VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.
Los datos expresan n (%) o media ± desviación estándar.

TABLA 2. **Resultados de los diferentes parámetros preoperatorios obtenidos por *speckle-tracking* y Doppler tisular**

	Grupo 1 (n = 19)	Grupo 2 (n= 15)	p
S SIV basal (ST)	–0,17 ± 0,04	–0,13 ± 0,04	0,02
SR SIV basal (ST) (s^{-1})	–1,26 ± 0,34	–0,77 ± 0,31	< 0,001
S SIV medio (ST)	–0,19 ± 0,05	–0,14 ± 0,05	0,012
SR SIV medio (ST) (s^{-1})	–1,14 ± 0,22	–0,81 ± 0,2	< 0,001
S SIV basal (DTI)	–0,11 ± 0,08	–0,08 ± 0,03	0,03
SR SIV basal (DTI) (s^{-1})	–0,88 ± 0,32	–0,61 ± 0,25	0,016
S SIV medio (DTI)	–0,16 ± 0,06	–0,11 ± 0,04	0,024
SR SIV medio (DTI) (s^{-1})	–1,05 ± 0,25	–0,71 ± 0,22	< 0,001

DTI: Doppler tisular; Grupo 1: disminución de la FEVI ≤ 10% a 6 meses; Grupo 2: disminución de la FEVI > 10% a 6 meses; S: *strain* (expresado como fracción); SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking.*

speckle-tracking y con DTI. Los resultados del análisis de deformación miocárdica se muestran en la tabla 2, y los del análisis de regresión logística, en la tabla 3. El pico de *strain* y el *strain-rate* longitudinales del septo interventricular obtenidos por *speckle-tracking* fueron altamente predictores de disminución de la FEVI > 10% a los 6 meses, con un valor predictivo superior a las mismas mediciones obtenidas por Doppler tisular. Las dimensiones preoperatorias del ventrículo izquierdo y la Dp/dt mostraron tendencia a predecir la caída de la FEVI, pero no alcanzaron la significación estadística.

Los resultados de las curvas ROC se muestran en la tabla 4 y la figura 2. El área bajo la curva de las mediciones por *speckle-tracking* fue mayor que la obtenida por DTI. El *strain* longitudinal del septo basal mediante *speckle-tracking* fue el parámetro con mayor poder predictivo general, con un área bajo la curva de 0,85 (0,72-0,94) y un punto de corte óptimo de –0,11 (sensibilidad, 58,3%; especificidad, 95,4%; valor predictivo positivo, 87,5%; valor predictivo negativo, 80,7%).

Los resultados del análisis de regresión lineal para estudiar la correlación de los diferentes parámetros evaluados con el grado de caída de la FEVI a 6 meses se muestran en la tabla 5. Las mediciones del *speckle-tracking* obtuvieron una buena correlación lineal con la caída de la FEVI, mejorando los resultados obtenidos por el DTI y los parámetros tradicionales (tabla 5 y figs. 3 y 4).

TABLA 3. **Predictores de la disminución de la FEVI > 10% a 6 meses. Resultados del análisis mediante regresión logística**

	OR (IC del 95%)	p
VTD (3D)	29,34 (–4,66-63,36)	0,088
VTS (3D)	13,83 (–2,4-30,07)	0,092
FEVI (3D)	–0,38 (–6,66-5,88)	0,9
ORE	0,13 (–0,044-0,32)	0,13
S SIV basal (ST)	0,054 (0,027-0,082)	< 0,001
SR SIV basal (ST)	0,47 (0,21-0,72)	0,001
S SIV medio (ST)	0,058 (0,015-0,1)	0,009
SR SIV medio (ST)	0,32 (0,15-0,49)	< 0,001
Dp/Dt	–367,5 (–769,6-34,65)	0,072
S SIV basal (DTI)	0,027 (0,005-0,05)	0,02
SR SIV basal (DTI)	0,26 (0,04-0,48)	0,022
S SIV medio (DTI)	0,042 (–0,004-0,087)	0,07
SR SIV medio (DTI)	0,25 (0,05-0,45)	0,015

Dp/dt: derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo; DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; ORE: orificio regurgitante efectivo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking;* VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

DISCUSIÓN

En los pacientes con insuficiencia mitral grave crónica, el deterioro de la contractilidad miocárdica puede ser «invisible» con los métodos tradicionales para evaluar la función sistólica, debido a las condiciones de carga existentes. La regurgitación mitral proporciona una vía alternativa de baja impedancia para la eyección de ventrículo izquierdo y aumenta la FEVI. En ocasiones la disfunción contráctil sólo puede ser «desenmascarada» con el cambio en las condiciones de carga después de la corrección quirúrgica, cuando aparecen disfunción ventricular izquierda e insuficiencia cardiaca congestiva postoperatoria. La identificación de la disfunción contráctil en una fase temprana y su corrección quirúrgica podrían evitar el desarrollo de disfunción ventricular izquierda irreversible en el postoperatorio.

A pesar de actuar de acuerdo con las actuales guías de práctica clínica, existe una notable incidencia de disfunción ventricular postoperatoria en estos pacientes, lo que empeora el pronóstico a corto y largo plazo[1-4]. Las guías de actuación clínica recomiendan un seguimiento estrecho de los pacientes hasta que aparezcan los síntomas, dilatación ventricular izquierda, disfunción sistólica, hipertensión pulmonar o fibrilación auricular[11]. Sin embargo, los síntomas pueden quedar enmascarados por su aparición insidiosa y curso lento, y la interpretación de la función sistólica es dificultosa en pacientes con insuficiencia mitral debido a las alteraciones de la carga.

El riesgo de disfunción ventricular postoperatoria está marcadamente aumentado en pacientes con una FEVI preoperatoria reducida o en presencia de síntomas[12]. Esta observación, en combinación con los excelentes resultados de la reparación valvular[13,14], ha llevado a algunos investigadores a abogar por la consideración precoz de la corrección quirúrgica con el fin de preservar la función contráctil y mejorar el pronóstico a largo plazo[15,16]. En un estudio, Enríquez-Sarano et al[15] demostraron que los pacientes con un orificio regurgitante eficaz > 40 mm^2 presentan un mal pronóstico con sólo manejo médico a pesar de la ausencia de síntomas, por lo que se debería considerar cirugía precoz en estos pacientes.

Para el clínico supone un gran desafío la detección temprana del deterioro de la función contráctil en pacientes con insuficiencia mitral grave crónica. Se necesita un método ecocardiográfico preciso y

TABLA 4. **Análisis de curvas ROC que muestra la eficacia diagnóstica de las diferentes variables para predecir la disminución de la FEVI > 10% a 6 meses**

	Área bajo la curva	Punto de corte óptimo	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
VTD (3D) (ml)	0,66 (0,5-0,79)	142,6	41,6%	90,9%	71,4%	70,1%
VTS (3D) (ml)	0,62 (0,46-0,75)	55	41,6%	90,9%	71,4%	70,1%
FEVI (3D)	0,46 (0,31-0,61)	71	25%	95%	75%	70%
ORE (cm^2)	0,61 (0,46-0,75)	0,69	33,3%	95,4%	80%	72,4%
S del SIV basal (ST)	0,85 (0,72-0,94)	–0,11	58,3%	95,4%	87,5%	80,7%
SR del SIV basal (ST)	0,83 (0,69-0,92)	–0,8	75%	95,4%	90%	87,5%
S del SIV medio (ST)	0,82 (0,67-0,91)	–0,15	75%	81,8%	69,2%	85,7%
SR del SIV medio (ST)	0,84 (0,7-0,93)	–0,8	66,7%	90,9%	80%	83,3%
Dp/Dt	0,67 (0,52-0,8)	1.150	58,3%	77,2%	58,3%	77,2%
S del SIV basal (DTI)	0,71 (0,55-0,83)	–0,06	50%	100%	100%	77,7%
SR del SIV basal (DTI)	0,74 (0,59-0,86)	–0,56	50%	90,5%	75%	76%
S del SIV medio (DTI)	0,69 (0,54-0,83)	–0,09	82,2%	38,4%	71%	60,5%
SR del SIV medio (DTI)	0,63 (0,47-0,77)	–0,55	25%	90,5%	60%	67,8%

Dp/dt: derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo; DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; ORE: orificio regurgitante efectivo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking;* VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

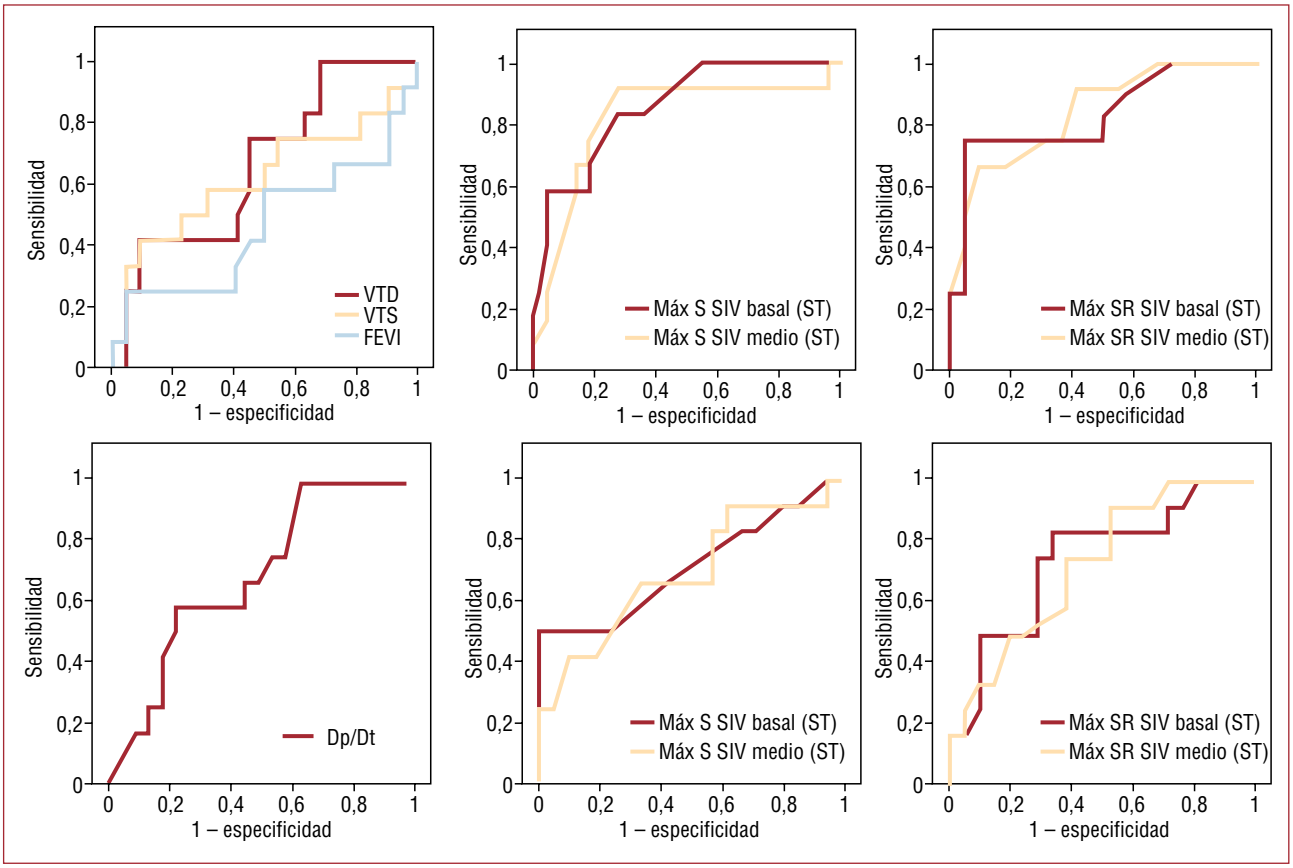

Fig. 2. Curvas ROC correspondientes a los diferentes métodos para la predicción de la caída de la FEVI > 10% a los 6 meses. Dp/dt: derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo; DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking;* VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

reproducible para identificar las anomalías de la contractilidad miocárdica que no se pueden detectar a simple vista, con el fin de optimizar el momento de la cirugía en este tipo de pacientes. Los métodos ecocardiográficos propuestos hasta hoy para detectar disfunción sistólica latente en estos pacientes[17-22] tienen limitaciones que reducen su aplicabilidad en la práctica clínica diaria[5], y no se han consolidado en la práctica clínica actual para dicho fin ni aparecen en las guías de práctica clínica de insuficiencia mitral[11].

TABLA 5. **Análisis de regresión lineal para analizar la correlación entre los diferentes métodos y el grado de caída de la FEVI a 6 meses**

	R	p
VTD (3D) (ml)	0,44	0,008
VTS (3D) (ml)	0,45	0,007
FEVI (3D)	0,069	0,69
ORE (cm^2)	0,38	0,026
S SIV basal (ST)	0,48	0,004
SR SIV basal (ST)	0,53	0,001
S SIV medio (ST)	0,44	0,01
SR SIV medio (ST)	0,45	0,008
Dp/Dt	0,34	0,047
S SIV basal (DTI)	0,4	0,02
SR SIV basal (DTI)	0,25	0,17
S SIV medio (DTI)	0,3	0,093
SR SIV medio (DTI)	0,32	0,066

Dp/dt: derivada de la presión/tiempo en el ventrículo izquierdo; DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; ORE: orificio regurgitante efectivo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking;* VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

El análisis de la deformación miocárdica permite cuantificar con precisión la contractilidad miocárdica. Weidemann et al[23] demostraron que el *strain rate* obtenido por medio de DTI está fuertemente correlacionado con la función contráctil miocárdica. Recientemente Lee et al[8] demostraron que el *strain rate* obtenido por medio de DTI puede detectar disfunción ventricular subclínica en pacientes asintomáticos con insuficiencia mitral grave. La principal limitación de las mediciones por DTI es la dependencia de la angulación del haz de ultrasonidos. Medidas precisas sólo pueden obtenerse cuando el principal vector de movimiento es paralelo al haz ultrasónico. El *speckle-tracking* presenta algunas ventajas con respecto al Doppler tisular[9,24]. En primer lugar, realiza una medición directa de la deformación miocárdica,

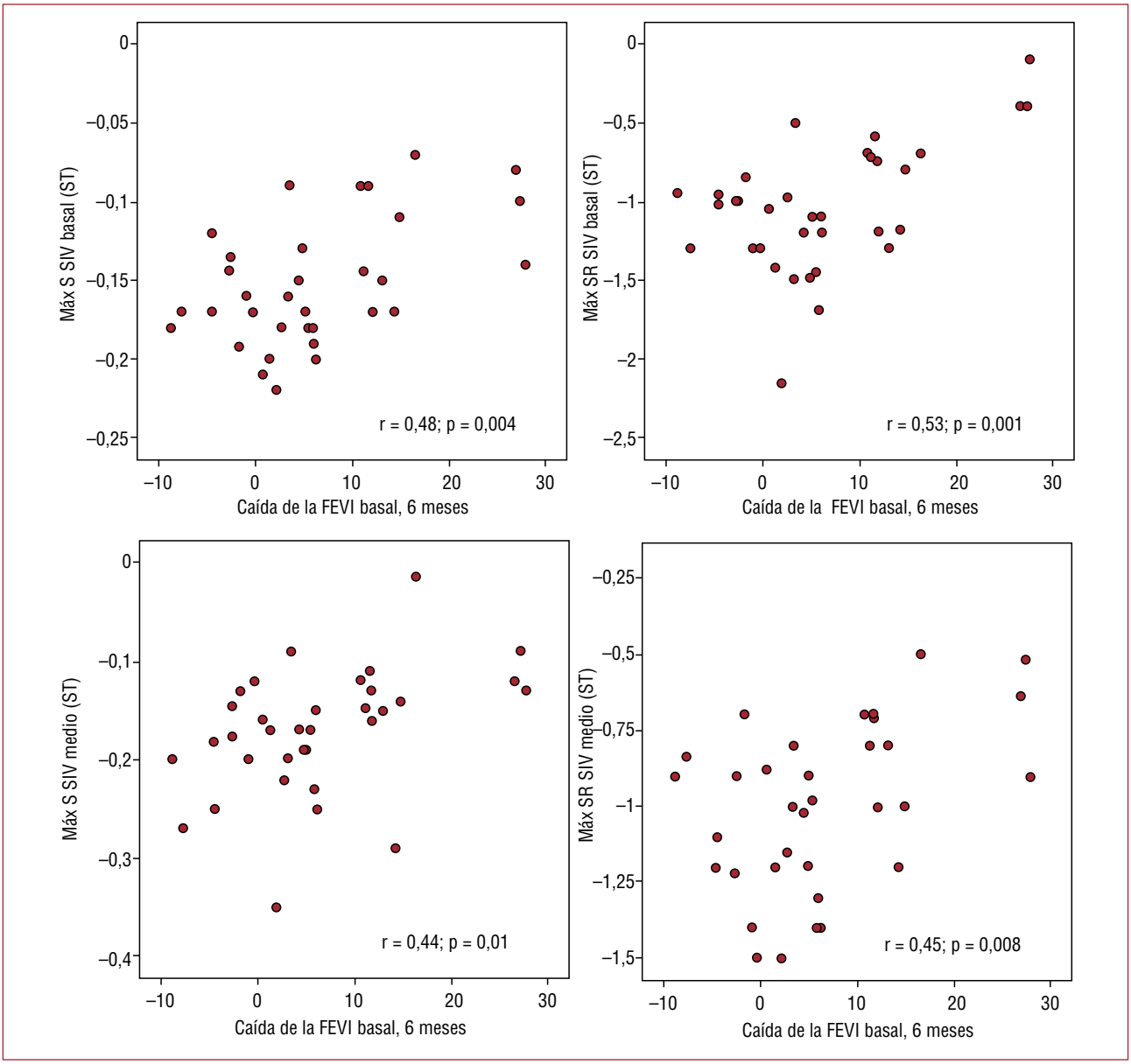

Fig. 3. Correlación de las mediciones de *speckle-tracking* con la caída de la FEVI a 6 meses. DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking.*

mientras que el DTI hace una estimación a través de la integral del gradiente de velocidades en el espacio. El *speckle-tracking* es independiente de la angulación del haz de ultrasonidos, lo que permite analizar segmentos que no estén alineados paralelos al haz de ultrasonidos y el estudio de la deformación radial tanto en el plano apical de cuatro cámaras como en el eje corto paraesternal. Además, permite evaluar el movimiento de rotación y torsión del ventrículo izquierdo, lo que proporciona un mejor estudio de la función sistólica del ventrículo izquierdo. Las mediciones no se ven afectadas por el movimiento de traslación miocárdica y el resultado del análisis con *speckle-tracking* se visualiza en la pantalla, con lo que se tiene control visual de la calidad del «seguimiento de puntos» y se asegura un análisis preciso, mientras que con el DTI el ruido puede alterar las mediciones sin el conocimiento del usuario. El *speckle-tracking* ha sido validado comparándolo con valores de sonomicrometría y con estudio *tagging* por resonancia magnética, y obtuvo alta correlación[25-30]. Este nuevo método se ha utilizado con éxito para detectar disfunción contráctil en otras afecciones como la miocardiopatía hipertrófica[31]. Estudios previos han mostrado una variabilidad en el observador y entre observadores menor con *speckle-tracking* que con DTI[32,33].

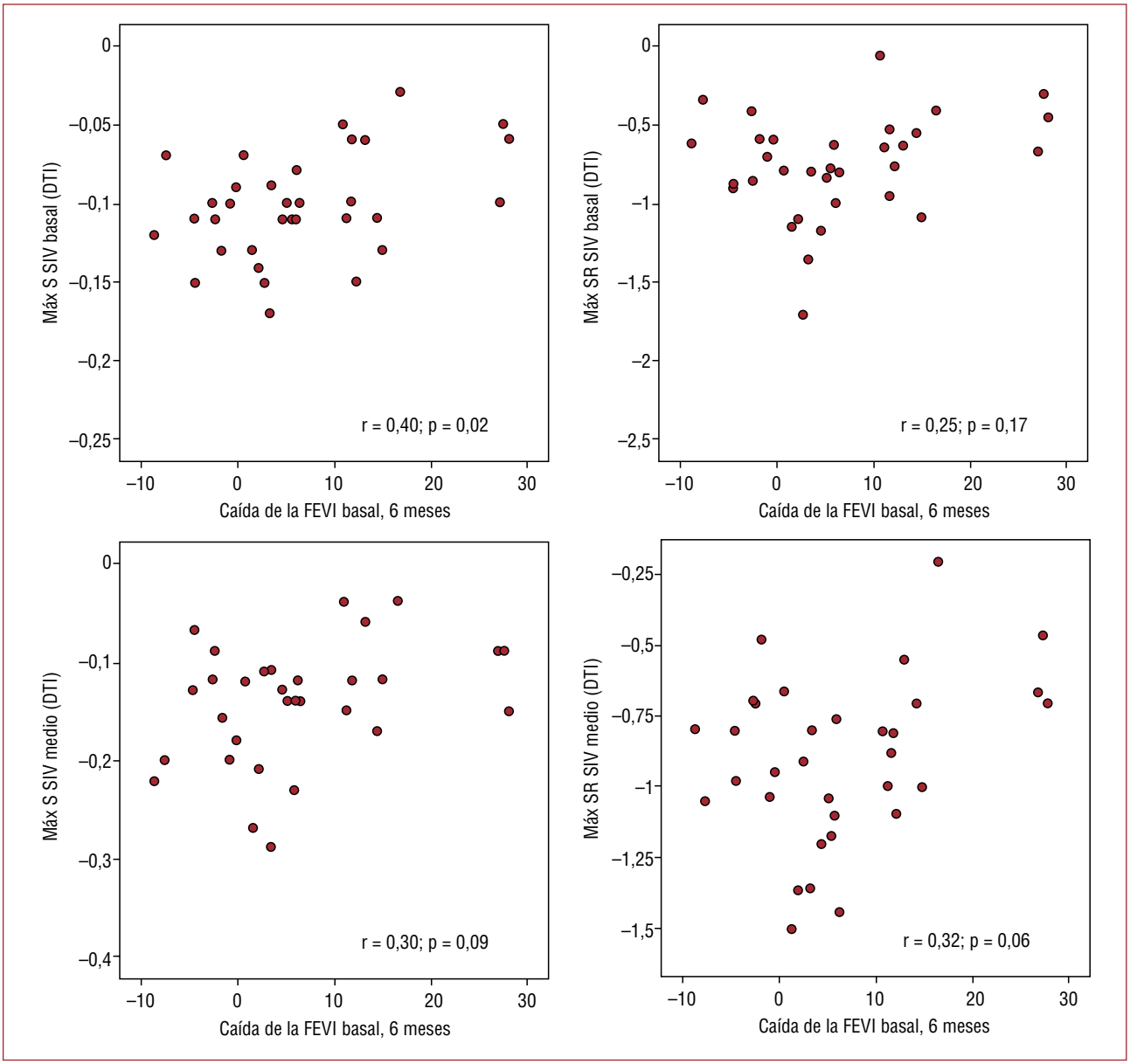

Fig. 4. Correlación de las mediciones del DTI con la caída de la FEVI a 6 meses. DTI: Doppler tisular; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; S: *strain;* SIV: septo interventricular; SR: *strain rate;* ST: *speckle-tracking.*

En este estudio se evaluó la utilidad del análisis de la deformación miocárdica para la evaluación preoperatoria de la función sistólica en pacientes con insuficiencia mitral grave crónica. Los resultados demuestran que el análisis de la deformación longitudinal del ventrículo izquierdo mediante *speckle-tracking* es un poderoso predictor de la disminución de la FEVI a medio plazo tras la cirugía en pacientes sometidos a sustitución valvular mitral por insuficiencia mitral crónica. Además, el estudio demuestra que la precisión diagnóstica de este método es superior a la del DTI y los métodos tradicionales para el análisis de la función sistólica.

La FEVI preoperatoria no resultó predictora de la disminución de la FEVI postoperatoria. La FEVI preoperatoria es un poderoso predictor de disfunción ventricular postoperatoria cuando está disminuida, pero lo contrario no se cumple siempre. Su sensibilidad es baja para la detección precoz de anomalías en la contractilidad cuando la FEVI es normal, y es frecuente la aparición de disfunción ventricular postoperatoria en pacientes con FEVI preoperatoria aparentemente normal. En el presente estudio, la FEVI preoperatoria fue normal en ambos grupos de pacientes (62,6% ± 7,2% y 62,2% ± 10,6% en el grupo 1 y el grupo 2 respectivamente). Sin embargo, el grupo 2, en el que la FEVI

cayó a los 6 meses, presentaba una deformación miocárdica disminuida en el preoperatorio, lo que demuestra que la contractilidad estaba alterada. En este estudio no encontramos una mejoría significativa de la FEVI a los 6 meses con respecto a los datos obtenidos en el postoperatorio inmediato, publicados recientemente[7]. Este hecho respalda la teoría de que la cirugía desenmascara la «verdadera» función sistólica de cada paciente, al eliminar la vía alternativa de baja impedancia para la eyección del ventrículo izquierdo.

En función de los resultados obtenidos, el estudio de la deformación miocárdica podría ser útil para detectar la disfunción ventricular latente en pacientes seguidos por insuficiencia mitral grave crónica. Cuando los parámetros de deformación se empiezan a deteriorar, se debería considerar la cirugía con el fin de prevenir el desarrollo de disfunción sistólica irreversible y disminuir las tasas de disfunción ventricular e insuficiencia cardiaca postoperatorias.

Limitaciones

El análisis de la deformación longitudinal del ventrículo izquierdo se realizó solamente en el septo interventricular. La razón de ello es la alta calidad de las imágenes obtenidas en esta región en el estudio bidimensional. La inclusión de artefactos es mayor y la reproducibilidad de las medidas es menor en otras regiones como la cara lateral del ventrículo izquierdo. Por otro lado, sólo se incluyeron sustituciones valvulares. No se incluyeron reparaciones de la válvula mitral a pesar de que esta técnica quirúrgica se ha demostrado mejor que el reemplazo valvular en la preservación de la función sistólica del ventrículo izquierdo[12,13]. Sin embargo, en todos los pacientes se conservó el aparato subvalvular, lo que proporciona un resultado funcional similar a la reparación de la válvula[34,35]. Tampoco se realizó estudio de la variabilidad entre observadores en las mediciones de la deformación miocárdica.

CONCLUSIONES

El análisis de la deformación miocárdica longitudinal del ventrículo izquierdo mediante *speckle-tracking* es una herramienta útil para predecir la disminución de la FEVI a medio plazo tras la cirugía en pacientes con insuficiencia mitral crónica sometidos a reemplazo valvular. Este método tiene una precisión diagnóstica superior a la del DTI y los métodos tradicionales para evaluar la función sistólica. Este prometedor método podría auxiliar al clínico a la hora de establecer el momento adecuado para la cirugía en estos pacientes. Cuando la deformación miocárdica comienza a reducirse, quizá debería plantearse la cirugía aun cuando no haya síntomas o éstos sean mínimos, para prevenir el desarrollo de disfunción sistólica irreversible a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Starling MR, Kirsh MM, Montgomery DG, Gross MD. Impaired left ventricular contractile function in patients with long-term mitral regurgitation and normal ejection fraction. J Am Coll Cardiol. 1993;22:239-50.
3. Starling MR. Effects of valve surgery on left ventricular contractile function in patients with long-term mitral regurgitation. Circulation. 1995;92:811-8.
4. 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.
5. Raymond Lee, Marwick TH. Assessment of subclinical left ventricular dysfunction in asymptomatic mitral regurgitation. Eur J Echocardiogr. 2007;8:175-84.
6. Enríquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Bailey KR, Tajik AJ, Frye RL. Congestive heart failure after surgical correction of mitral regurgitation. A long-term study. Circulation. 1995;92:2496-503.
7. De Isla LP, De Agustín A, Rodrigo JL, Almería C, del Carmen Manzano M, Rodríguez E, et al. Chronic mitral regurgitation: A pilot study to assess preoperative left ventricular contractile function using speckle-tracking echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2009;22:831-8.
8. 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.
9. Lee R, Hanekom L, Marwick TH, Leano R, Wahi S. Prediction of subclinical left ventricular dysfunction with strain rate imaging in patients with asymptomatic severe mitral regurgitation. Am J Cardiol. 2004;94:1333-7.
10. Jacobs LD, Salgo IS, Goonewardena S, Weinert L, Coon P, Bardo D, et al. Rapid quantification of left ventricular volume from real-time three-dimensional echocardiographic data. Eur Heart J. 2006;27:460-8.
11. Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, Butchart E, Dion R, Filippatos G, et al. Task Force on the Management of Valvular Hearth Disease of the European Society of Cardiology; ESC Committee for Practice Guidelines. Guidelines on the management of valvular heart disease: The Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology. Eur Heart J. 2007;28:230-68.
12. Enríquez-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.
13. Enríquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Tajik AJ, Bailey KR, Frye RL. Valve repair improves the outcome of surgery for mitral regurgitation. A multivariate analysis. Circulation. 1995;91:1022-8.
14. Lee EM, Shapiro LM, Wells FC. Superiority of mitral valve repair in surgery for degenerative mitral regurgitation. Eur Heart J. 1997;18:655-63.

15. Enríquez-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.
16. Ling LH, Enríquez-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.
17. 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.
18. 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.
19. 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. Heart. 2005;91:1383-4.
20. Leung DY, Griffin BP, Stewart WJ, Cosgrove DM 3rd, 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.
21. 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 noninvasively derived left ventricular pressure-volume loops. Am Heart J. 1999;137:427-34.
22. 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.
23. Weidemann F, Jamal F, Sutherland GR, Claus P, Kowalski M, Hatle L, et al. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2002;283:792-9.
24. Edvardsen T, Helle-Valle T, Smiseth OA. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: Speckle-tracking echocardiography. Prog Cardiovasc Dis. 2006;49:207-14.
25. 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.
26. Korinek J, Wang J, Sengupta PP, Miyazaki C, Kjaergaard J, McMahon E, et al. Two-dimensional strain —a Doppler-independent ultrasound method for quantitation of regional deformation: validation in vitro and in vivo. J Am Soc Echocardiogr. 2005;18:1247-53.
27. Korinek J, Kjaergaard J, Sengupta PP, Yoshifuku S, McMahon EM, Cha SS, et al. High spatial resolution speckle tracking improves accuracy of 2-dimensional strain measurements: an update on a new method in functional echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2007;20:165-70.
28. Langeland S, D'Hooge J, Wouters PF, Leather HA, Claus P, Bijnens B, et al. Experimental validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle. Circulation. 2005;112:2157-62.
29. 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.
30. Becker M, Bilke E, Kühl H, Katoh M, Kramann R, Franke A, et al. Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two-dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function. Heart. 2006;92:1102-8.
31. 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.
32. Kjaergaard J, Korinek J, Belohlavek M, Oh JK, Sogaard P, Hassager. Accuracy, reproducibility, and comparability of Doppler tissue imaging by two high-end ultrasound systems. J Am Soc Echocardiogr. 2006;19:322-8.
33. Ingul CB, Torp H, Aase SA, Berg S, Stoylen A, Slordahl SA. Automated analysis of strain rate and strain: feasibility and clinical implications. J Am Soc Echocardiogr. 2005;18:411-8.
34. Okita Y, Miki S, Ueda Y, Tahata T, Sakai T, Matsuyama K. Comparative evaluation of left ventricular performance after mitral valve repair or valve replacement with or without chordal preservation. J Heart Valve Dis. 1993;2:159-66.
35. Westaby S. Preservation of left ventricular function in mitral valve surgery. Heart. 1996;75:326.