

# Utilidad de la aceleración isovolumétrica y los parámetros de ecocardiografía Doppler tisular en la predicción de la recuperación funcional postoperatoria tras cirugía valvular cardíaca

Kursat Tigen<sup>a</sup>, Tansu Karaahmet<sup>a</sup>, Hicaz Zencirkiran<sup>a</sup>, Cihan Cevik<sup>b</sup>, Emre Gurel<sup>a</sup>, Hakan Fotbolcu<sup>a</sup>, Cihan Dundar<sup>a</sup>, Ahmet Sasmazel<sup>c</sup> y Yelda Basaran<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Cardiología. Kartal Kosuyolu Heart Education and Research Hospital. Estambul. Turquía.

<sup>b</sup>Departamento de Medicina Interna. Texas Tech University Health Sciences Center. Lubbock. Texas. Estados Unidos.

<sup>c</sup>Departamento de Cirugía Cardiovascular. Kartal Kosuyolu Heart Education and Research Hospital. Estambul. Turquía.

**Introducción y objetivos.** La disfunción sistólica ventricular derecha (VD) postoperatoria se asocia a la isquemia miocárdica perioperatoria, la parada cardíaca hipotérmica, el *bypass* cardiopulmonar y la lesión pericárdica. La aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica (AIV) y la velocidad miocárdica de contracción isovolumétrica (VIV) se ven menos afectadas por las condiciones de carga; en consecuencia, estos parámetros predicen las funciones miocárdicas mejor que los métodos convencionales. Hemos estudiado la utilidad de estos parámetros para predecir la función sistólica ventricular derecha postoperatoria tras la cirugía valvular cardíaca aislada.

**Métodos.** Un total de 63 pacientes a los que se practicaron intervenciones de cirugía valvular cardíaca aislada fueron evaluados mediante ecocardiografía Doppler tisular antes de la operación, en el periodo postoperatorio inmediato y a los 6 meses de seguimiento postoperatorio.

**Resultados.** En el seguimiento realizado a los 6 meses, se observó una mejoría significativa de la clase funcional de la New York Heart Association de los pacientes ( $p < 0,026$ ). Hubo una recuperación funcional en 38 de los 63 pacientes en ese momento de valoración. El análisis de regresión logística puso de manifiesto que la AIV VD (*odds ratio* [OR] = 3,1; intervalo de confianza [IC] del 95%, 1,01-9,64;  $p = 0,047$ ) y la presión arterial pulmonar sistólica (PAP) (OR = 1,07; IC del 95%, 0,99-1,15;  $p = 0,07$ ) predecían de manera independiente la recuperación funcional a los 6 meses de la operación. Un total de 39 pacientes había recuperado los valores de AIV VD en el seguimiento realizado a los 6 meses. Se observó una correlación positiva entre la recuperación funcional y la recuperación de la AIV (correlación de Spearman,

$r = 0,499$ ;  $p < 0,001$ ). La recuperación de la AIV VD se observó en todos los grupos de pacientes con independencia del tipo de intervención quirúrgica y del ritmo auricular.

**Conclusiones.** Los valores preoperatorios de AIV VD y PAP predicen de manera independiente la recuperación funcional a los 6 meses tras la cirugía valvular cardíaca aislada. La mejora de estos parámetros durante el periodo postoperatorio y su asociación con la recuperación funcional pueden ser útiles para la evaluación clínica de los pacientes tras la cirugía valvular cardíaca.

**Palabras clave:** Cirugía valvular cardíaca. Doppler tisular. Ventrículo derecho.

## Usefulness of Isovolumic Acceleration and Tissue Doppler Echocardiographic Parameters for Predicting Postoperative Functional Recovery After Heart Valve Surgery

**Introduction and objectives.** Postoperative right ventricular (RV) systolic dysfunction is associated with perioperative myocardial ischemia, hypothermic cardiac arrest, cardiopulmonary bypass and pericardial injury. As myocardial acceleration during isovolumic contraction (IVA) and myocardial velocity during isovolumic contraction (IVV) are little affected by loading conditions, they can predict myocardial function better than conventional parameters. We investigated the usefulness of these parameters for predicting postoperative RV systolic function after isolated heart valve surgery.

**Methods.** Overall, 63 patients who underwent isolated heart valve surgery were evaluated by tissue Doppler echocardiography preoperatively, and immediately and 6 months postoperatively.

**Results.** By the 6-month follow-up, patients' New York Heart Association functional class had improved significantly ( $P < 0.026$ ). At that time, functional recovery was observed in 38 of the 63 patients. Logistic regression analysis demonstrated that RV IVA (*odds ratio* [OR]=3.1; 95% confidence interval [CI], 1.01-9.64;  $P=0.047$ ) and

Correspondencia: Dr. C. Cevik.  
Department of Internal Medicine. Texas Tech University Health Sciences Center.  
3601 4th Street. 79430 Lubbock. Texas. Estados Unidos.  
Correo electrónico: cihan.cevik@ttuhsc.edu

Recibido el 21 de abril de 2009.

Aceptado para su publicación el 2 de diciembre de 2009.

pulmonary artery systolic pressure (OR=1.07; 95% CI, 0.99-1.15;  $P=0.07$ ) were independent predictors of functional recovery 6 months postoperatively. The RV IVA value had recovered by the 6-month follow-up in 39 patients. A positive correlation was observed between functional recovery and IVA recovery (Spearman's correlation,  $r=0.499$ ;  $P<.001$ ). The RV IVA was observed to recover in all patient groups regardless of surgical method or atrial rhythm.

**Conclusions.** Preoperative RV IVA and pulmonary artery systolic pressure were independent predictors of functional recovery 6 months after isolated heart valve surgery. Given its association with functional recovery, postoperative improvement in these parameters may be a useful clinical indicator after heart valve surgery.

**Key words:** Heart valve surgery. Tissue Doppler imaging. Right ventricle.

Full English text available from: [www.revvespcardiol.org](http://www.revvespcardiol.org)

## ABREVIATURAS

AI: aurícula izquierda.  
 AIV: aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica.  
 LVs: velocidad sistólica máxima en la ecografía Doppler tisular del ventrículo izquierdo.  
 PAP: presión arterial pulmonar sistólica.  
 RVs: velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo en la ecografía Doppler tisular.  
 SVA: sustitución de válvula aórtica.  
 SVM: sustitución de válvula mitral.  
 VIV: velocidad miocárdica de contracción isovolumétrica.

## INTRODUCCIÓN

La disfunción sistólica ventricular derecha postoperatoria se asocia a múltiples factores, como la isquemia miocárdica perioperatoria, la parada cardíaca hipotérmica, la lesión pericárdica y las adherencias<sup>1-10</sup>. La disfunción ventricular derecha aparecida tras la cirugía de *bypass* arterial coronario puede persistir hasta 1 año después de la operación<sup>11,12</sup>. Hasta el momento, la disfunción ventricular derecha tras la cirugía valvular aislada no se ha estudiado de manera detallada. La evaluación de los tejidos mediante Doppler pulsado para valorar el movimiento del anillo tricuspídeo es una técnica apropiada y relativamente fiable para valorar la función sistólica del ventrículo derecho<sup>13</sup>. La aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica (AIV) y la velocidad miocárdica de contracción isovolumétrica (VIV) se ven menos afectadas por las condiciones de carga; en conse-

cuencia, estos parámetros predicen las funciones ventriculares izquierda y derecha de una forma relativamente independiente de la carga<sup>14,15</sup>. La determinación de la AIV parece ser una técnica más sensible que la determinación de la velocidad sistólica máxima determinada mediante Doppler tisular para predecir la contractilidad<sup>16,17</sup>. Un reciente estudio ha puesto de manifiesto la fiabilidad de la determinación de la AIV para predecir la disfunción sistólica ventricular derecha en pacientes con estenosis mitral<sup>18</sup>. Hemos estudiado la utilidad de los parámetros preoperatorios convencionales y de ecocardiografía Doppler tisular para predecir la recuperación funcional postoperatoria en pacientes a los que se practican intervenciones de cirugía valvular aislada.

## MÉTODOS

Se incluyó en el estudio a un total de 63 pacientes candidatos a una intervención de cirugía valvular aislada en el Kosuyolu Heart Education and Research Hospital. Se excluyó a los pacientes con antecedentes de enfermedad coronaria significativa (estenosis angiográfica > 50%, antecedentes de síndrome coronario agudo o *bypass* arterial coronario), enfermedad pulmonar obstructiva o restrictiva crónica, apnea obstructiva del sueño, insuficiencia cardíaca congestiva, insuficiencia renal crónica (creatinina sérica > 1,5 mg/dl en los varones y > 1,3 mg/dl en las mujeres) o cáncer. Se excluyó también a los pacientes con una mala calidad de la exploración de imagen ecocardiográfica (8 pacientes). Todos los pacientes dieron su consentimiento informado para participar en el estudio, que fue aprobado por el comité ético del centro.

## Intervenciones de cirugía valvular

Tras la esternotomía media, se abría el pericardio y se canulaban la aorta y las venas cavas superior e inferior. Se inducía parada cardíaca mediante cardioplejia con sangre levemente hipotérmica anterógrada y retrógrada. La cirugía de la válvula mitral se realizó tras una auriculotomía izquierda y exploración valvular mitral. Tras la resección de la válvula nativa, se llevaba a cabo una sustitución por una válvula mitral mecánica, y la válvula artificial se fijaba con sutura de tetrón 2.0. Se utilizó cardioplejia con sangre anterógrada en todos los casos de cirugía de la válvula mitral. En los casos apropiados se realizó una reparación valvular mitral. La cirugía de la válvula aórtica se llevaba a cabo tras la aortotomía y la resección de la válvula nativa. La sustitución por la válvula aórtica mecánica se realizó con cardioplejia con sangre retrógrada continua, tras la cardioplejia con sangre anterógrada. Se utilizó una

cardioleja con sangre anterógrada y retrógrada combinada en los pacientes a los que se practicaron intervenciones por una insuficiencia aórtica o intervenciones mitrales y aórticas combinadas. Todos los pacientes estudiados fueron evaluados mediante ecocardiografía antes de la operación cardíaca y 1 semana después de ésta. Se obtuvieron los datos de tiempo de pinzamiento aórtico, duración de la operación y del bombeo y grado máximo de hipotermia a partir de los registros de cirugía. Las exploraciones ecocardiográficas se repitieron 1 y 6 meses tras la operación en todos los pacientes. La recuperación funcional se definió por la presencia de una mejoría de al menos una clase de la NYHA en la evaluación postoperatoria realizada a los 6 meses.

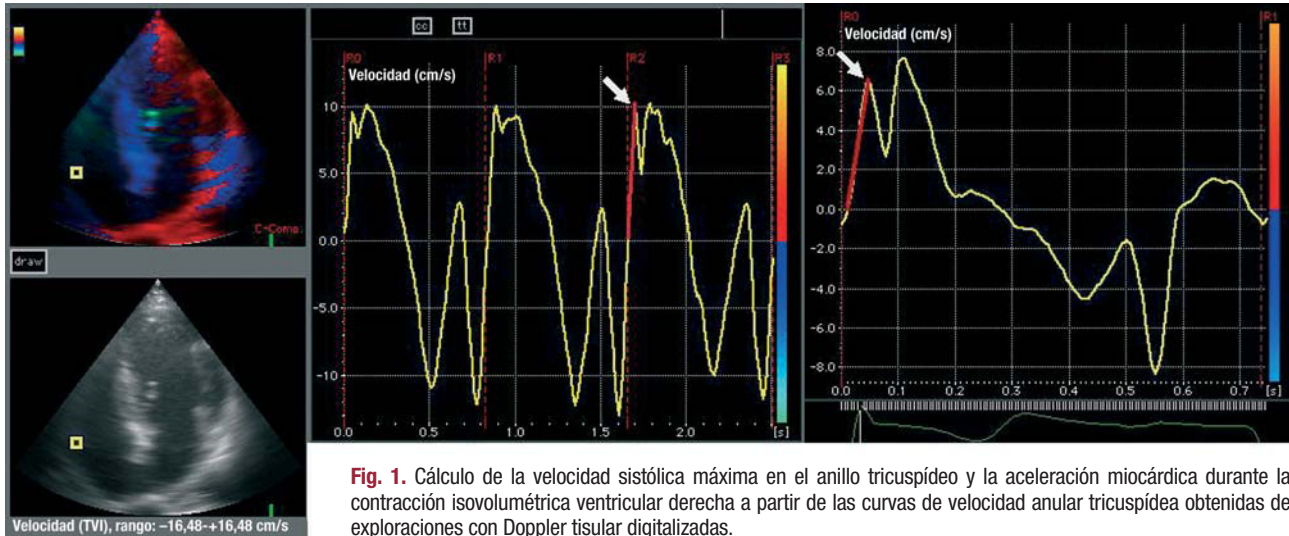
### Exploraciones ecocardiográficas

Las exploraciones ecocardiográficas se realizaron en todos los pacientes en decúbito lateral izquierdo, con las proyecciones estándar y un equipo comercial (Vivid 5, GE Vingmed, Noruega). Se midieron la dimensión sistólica auricular izquierda y las dimensiones internas del ventrículo izquierdo, así como el grosor de la pared, mediante los registros de ecocardiografía en modo M con guía bidimensional obtenidos a nivel de la parte media de las cuerdas tendinosas en la proyección de eje largo paraesternal, según los criterios establecidos por la American Society of Echocardiography<sup>19</sup>. Se calculó el acortamiento fraccional porcentual y la fracción de eyección con la fórmula de Teichholz<sup>20</sup>. La exploración con Doppler color tisular se realizó con la proyección de cuatro cámaras apical, utilizando un transductor de 2,5 MHz. Se realizó un ajuste del calibrado de ganancia, los filtros y la frecuencia de repetición de pulsos para optimizar la saturación del color y se utilizó una frecuencia de rastreo del Doppler color de 100-140 Hz. Las imágenes se obtuvieron tras espiración. Se indicó a los pacientes que aguantaran la respiración tras la espiración con objeto de mejorar la calidad de la imagen, y se digitalizaron todas las imágenes. Se elaboraron curvas de velocidad regional miocárdica a partir de las imágenes digitalizadas<sup>21</sup>. El análisis de los perfiles de velocidad del Doppler tisular se realizó *offline* mediante un programa informático comercial (Echopac, GE-Vingmed). Los perfiles de velocidad miocárdica del tabique basal y del anillo mitral lateral se obtuvieron mediante la colocación de un volumen de muestra de 7 × 7 mm en la zona de unión del anillo mitral con el tabique y la pared miocárdica lateral. Las velocidades miocárdicas en el anillo tricuspídeo lateral se obtuvieron de manera similar, colocando el volumen de muestra en la zona de unión del anillo valvular tricuspídeo y la

pared libre VD (RVs). La medición de las velocidades anular mitral lateral y del tabique máximas, sistólica, protodiastólica y telediastólica, así como de las velocidades anulares tricuspídeas máximas, sistólica, protodiastólica y telediastólica, se realizó en tres ciclos cardíacos consecutivos en los pacientes que estaban en ritmo sinusal y en 10 ciclos cardíacos consecutivos en los pacientes con fibrilación auricular, y se calcularon los promedios. La velocidad sistólica máxima en ecografía Doppler tisular ventricular izquierda general (LVs) se definió como el valor medio de las velocidades sistólicas lateral y del tabique máximas. La onda de contracción isovolumétrica se determina mediante la onda que precede a la onda sistólica que se inicia antes del máximo de la onda R del ECG. La AIV se midió dividiendo la velocidad máxima (VIV) por el lapso transcurrido desde el inicio de la onda (cruce del valor cero) durante la contracción isovolumétrica hasta el momento de velocidad máxima de esta onda, según lo descrito anteriormente (fig. 1)<sup>15</sup>. Las variabilidades entre observadores y del observador en las determinaciones de la AIV fueron del 4,4 y el 3,4% respectivamente. La recuperación ecocardiográfica ventricular derecha (recuperación de RVs, AIV y VIV) a los 6 meses de la operación se definió como la obtención de los parámetros ecocardiográficos existentes antes de la operación o la mejora de las medidas ecocardiográficas respecto a las preoperatorias.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con un programa informático (SPSS for Windows, versión 13.0; SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Los datos se presentan en forma de mediana, con un control respecto a la distribución normal con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se comparan con pruebas no paramétricas (prueba de la U de Mann-Whitney y prueba de Wilcoxon). La correlación de las variables continuas se analizó mediante el análisis de correlación de Pearson y la de las variables discretas, mediante el de Spearman. Las comparaciones de mediciones repetidas se realizaron con la prueba de Friedman con corrección de Bonferroni y las diferencias entre cada dos mediciones se compararon con la prueba de Wilcoxon. La comparación de más de dos grupos se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis con corrección de Bonferroni y las diferencias entre cada dos grupos se compararon con la prueba de la U de Mann-Whitney. Los datos de variables discretas de los dos grupos se compararon con la prueba de la  $\chi^2$  de Pearson. Se realizó un análisis de regresión logística para determinar los factores predictivos de la recuperación funcional. En este modelo se incluyeron



**Fig. 1.** Cálculo de la velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo y la aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica ventricular derecha a partir de las curvas de velocidad anular tricuspídea obtenidas de exploraciones con Doppler tisular digitalizadas.

los parámetros ecocardiográficos preoperatorios y las concentraciones de la fracción aminoterminal del propéptido natriurético cerebral (NT-proBNP) como parámetros independientes. Además, se evaluaron también con otro análisis de regresión logística las diferencias entre los valores preoperatorios y los obtenidos a los 6 meses para la presión arterial pulmonar ( $\Delta$ -PAP), velocidad sistólica máxima en la ecografía Doppler tisular ventricular izquierda ( $\Delta$ -LVs) y los parámetros de recuperación ecocardiográfica ventricular derecha, incluidas las velocidades miocárdicas del anillo tricuspídeo lateral ( $\Delta$ -RVs) y ( $\Delta$ -AIV VD). Se consideró significativo un valor de  $p < 0,05$ .

Se analizó la variabilidad del observador (diferencia media entre dos mediciones independientes) y entre observadores (diferencia media entre dos observadores independientes) en 20 exploraciones elegidas aleatoriamente, y se expresó como error porcentual medio (diferencia dividida por el número de observaciones).

## RESULTADOS

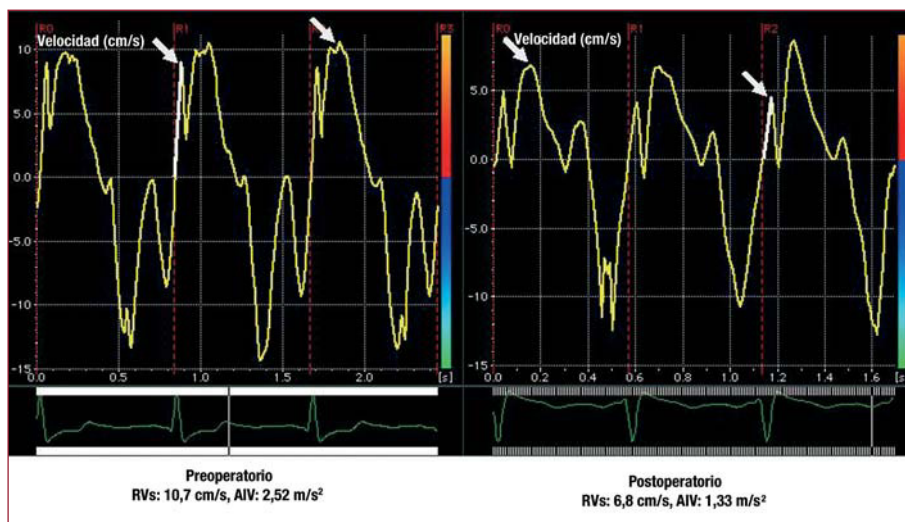
Formaron inicialmente la población de estudio 80 pacientes; 7 fallecieron durante el periodo preoperatorio y se los excluyó del análisis; 10 pacientes no acudieron a la visita de seguimiento al cabo de 1 y/o 6 meses, y también se los excluyó. La media de edad de los 63 pacientes restantes era  $49 \pm 16$  años (34 mujeres y 29 varones). En la tabla 1 se muestran las características clínicas y ecocardiográficas de la población en estudio. Estaban en ritmo sinusal 40 (63,5%) pacientes y 23 (36,5%) estaban en fibrilación auricular en el momento de la intervención. Las intervenciones de cirugía valvular realizadas y la enfermedad subyacente fueron las siguientes: en 16 pacientes (25,5%) con insuficiencia

**TABLA 1. Medianas de valores de los parámetros ecocardiográficos**

Sexo (mujeres/varones)	34 (54)/29 (46)
Edad (años)	51
Ritmo (sinusal/FA)	40 (63,5)/23 (36,5)
AI (cm)	4,1
DTDVI (cm)	5,2
DTSVI (cm)	3,3
FEVI (%)	67
PAP (mmHg)	40
RVs (cm/s)	11,3
AIV VD (m/s <sup>2</sup> )	2,45
VIV VD (cm/s)	8,6
Sep s (cm/s)	4,9
Sep e (cm/s)	4,4
Sep a (cm/s)	5,7
Lat s (cm/s)	5,3
Lat e (cm/s)	5,9
Lat a (cm/s)	4,7
VI s (cm/s)	5,1

AI: diámetro auricular izquierdo; AIV VD: aceleración isovolumétrica ventricular derecha; DTDVI: dimensión telediastólica ventricular izquierda; DTSVI: dimensión telesistólica ventricular izquierda; Lat s: velocidad sistólica máxima en la pared lateral por Doppler tisular; LVs: velocidad sistólica ventricular izquierda general por Doppler tisular; PAP: presión arterial pulmonar sistólica; RVs: velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo por Doppler tisular; Sep s: velocidad sistólica máxima en el tabique basal por Doppler tisular; VIV VD: velocidad isovolumétrica ventricular derecha.

mitral grave, 18 (28,5%) con estenosis mitral grave y 4 (6,5%) con estenosis e insuficiencia mitral combinadas, se practicó una sustitución de la válvula mitral (SVM) o una cirugía de reparación (CR); en 8 (12,5%) pacientes con insuficiencia aórtica grave y 9 (14,5%) con estenosis aórtica grave, se utilizó una sustitución de la válvula aórtica (SVA); en 8 (12,5%) pacientes con valvulopatía aórtica y mitral grave, se aplicó una SVA y SVM. Este grupo de pacientes constituía el 72% del total de operaciones



**Fig. 2.** Valores de velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo (AIV) y aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica del ventrículo derecho preoperatorios y 1 mes después de la operación de un paciente. Determinación de la AIV a partir de dos curvas de velocidad diferentes: se divide la velocidad sistólica máxima (VIV) por el tiempo entre el inicio de la onda (cruce del cero) durante la contracción isovolumétrica y el momento de velocidad máxima de esa onda.

valvulares practicadas en nuestro centro en un periodo de 3 meses.

En el seguimiento realizado a los 6 meses, las capacidades funcionales de los pacientes presentaron una mejoría significativa (clase funcional [CF] de la NYHA preoperatorias: CF II, 27 pacientes; CF III, 35 pacientes; CF IV, 1 paciente; a los 6 meses: CF I, 20 pacientes; CF II, 36 pacientes; CF III, 7 pacientes;  $p < 0,026$ ). A los 6 meses, 38 presentaron una recuperación funcional. Sin embargo, 25 pacientes no alcanzaron una recuperación funcional en comparación con el periodo preoperatorio. Los tamaños de la aurícula izquierda (AI), telesistólico ventricular izquierdo y tediastólico ventricular izquierdo (DTDVI) fueron significativamente menores que en el preoperatorio: medianas para la prueba de Wilcoxon, 4,14 frente a 4,22 cm ( $p = 0,034$ ), 3,28 frente a 2,99 cm ( $p = 0,01$ ) y 5,17 frente a 4,88 cm ( $p = 0,008$ ), respectivamente. Hubo un aumento significativo de la LVs (5,09 frente a 7,12 cm/s;  $p < 0,001$ ). Los valores de presión arterial pulmonar sistólica (PAP) mejoraron también significativamente (40 frente a 32 mmHg;  $p < 0,001$ ). No se observó una correlación significativa entre la PAP sistólica y los parámetros ecográficos sistólicos ventriculares derechos (RVs, AIV VD, VIV VD) en las determinaciones preoperatorias ni en las obtenidas a los 6 meses de la operación.

Se realizó un análisis de regresión logística para evaluar los factores que predecían de manera independiente la recuperación funcional. Se incluyeron en el modelo los valores preoperatorios de NT-proBNP, AI, fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), PAP, LVs, RVs, AIV VD y duración de bombeo perioperatorio como parámetros independientes. El análisis indicó que los valores de AIV VD (*odds ratio* [OR] = 3,1; intervalo de con-

fianza [IC] del 95%, 1,01-9,64;  $p = 0,047$ ) y de PAP (OR = 1,07; IC del 95%, 0,99-1,15;  $p = 0,07$ ) predecían de manera independiente la recuperación funcional a los 6 meses de la operación.

Los efectos de  $\Delta$ -PAP,  $\Delta$ -AIV,  $\Delta$ -RVs y  $\Delta$ -LVs en la recuperación funcional se evaluaron también con otro modelo de regresión logística. Se observó que los valores de  $\Delta$ -PAP (OR = 1,09; IC del 95%, 1,02-1,16;  $p = 0,006$ ) y  $\Delta$ -AIV (OR = 3,25; IC del 95%, 1,27-8,33;  $p = 0,014$ ) predecían de manera independiente la recuperación funcional a los 6 meses de la operación.

Los valores de RVs mostraron una reducción significativa en la evaluación postoperatoria temprana realizada al cabo de 1 mes y también a los 6 meses de la operación ( $p < 0,001$  en todos los casos). Los valores de AIV y VIV derivados del anillo tricuspídeo disminuyeron en el periodo postoperatorio inmediato y a 1 mes (postoperatorio inmediato: AIV,  $p < 0,001$ ; VIV,  $p < 0,001$ ; 1 mes después de la operación: AIV,  $p < 0,001$ ; VIV,  $p < 0,001$ ). Sin embargo, esta disminución se recuperó en el seguimiento realizado a los 6 meses, y en ese momento los valores fueron incluso superiores a los basales (AIV, 2,45 frente a 2,62 m/s<sup>2</sup>;  $p = 0,014$ ; VIV, 8,6 frente a 10,5 cm/s;  $p < 0,001$ ) (tabla 2). En el seguimiento realizado a los 6 meses, 11 pacientes presentaron una recuperación de la RVs; 52 pacientes continuaban estando por debajo de los valores iniciales. Sin embargo, 39 pacientes habían presentado una recuperación de los valores de AIV VD y 48 presentaban una recuperación de los valores de VIV VD. Se observó una intensa correlación positiva entre la recuperación funcional y la recuperación de la AIV ( $r = 0,499$ ;  $p < 0,001$ ). No hubo correlación entre la recuperación de la RVs y la VIV VD. De los 38 pacientes que presentaron recuperación funcional, 31 habían alcanzado una recuperación de la

**TABLA 2. Valores de los diferentes parámetros estudiados durante el seguimiento**

	Preoperatorio (n = 63)	Postoperatorio inmediato (n = 63)	Postoperatorio 1 mes (n = 63)	Postoperatorio 6 meses (n = 63)	p*
RVs (cm/s)	11,31	5,98	6,21	10,1	< 0,001
AIV VD (m/s <sup>2</sup> )	2,45	1,1	1,65	2,62	0,014
VIV VD (cm/s)	8,6	4,4	5,8	10,5	< 0,001

AIV VD: aceleración isovolumétrica ventricular derecha; RVs: velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo por Doppler tisular; VIV VD: velocidad isovolumétrica ventricular derecha.

\*Prueba de Wilcoxon en la comparación de los datos preoperatorios con los de 6 meses después de la operación. Los datos expresan medianas.

**TABLA 3. Valores de los diferentes parámetros estudiados durante el seguimiento de acuerdo con el tipo de intervención quirúrgica**

	Preoperatorio	Postoperatorio inmediato	Postoperatorio 1 mes	Postoperatorio 6 meses	p*
<b>Sustitución de válvula aórtica</b>					
Pacientes	18	18	18	18	
RVs (cm/s)	12,1	6,7	7,2	10,5	0,005
AIV VD (m/s <sup>2</sup> )	2,39	1,1	1,52	2,69	0,151
VIV VD (cm/s)	10,65	3,79	5,9	11,4	0,047
<b>Reparación o sustitución de válvula mitral</b>					
Pacientes	37	37	37	37	
RVs (cm/s)	11,3	5,4	5,7	10,1	< 0,001
AIV VD (m/s <sup>2</sup> )	2,45	1,16	1,89	2,58	0,035
VIV VD (cm/s)	8,2	5	5,9	10,1	< 0,001
<b>Sustitución de válvula aórtica y mitral</b>					
Pacientes	8	8	8	8	
RVs (cm/s)	8,9	6,1	6,3	8,4	0,05
AIV VD (m/s <sup>2</sup> )	2,42	1,01	1,41	2,64	0,889
VIV VD (cm/s)	7,95	4,6	5,25	9,25	0,263

AIV VD: aceleración isovolumétrica ventricular derecha; RVs: velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo por Doppler tisular; VIV VD: velocidad isovolumétrica ventricular derecha.

\*Prueba de Wilcoxon en la comparación de los datos preoperatorios con los de 6 meses después de la operación. Los datos expresan medianas.

AIV; 17 de los 25 pacientes que no presentaron recuperación funcional tampoco alcanzaron una recuperación de la AIV ( $\chi^2 = 15,717$ ;  $p < 0,001$ ). No hubo correlación alguna entre la recuperación funcional y la recuperación de RVs y VIV. En la figura 2 se muestran los valores de RVs y AIV VD antes y 1 mes después de la operación.

Se clasificó a los pacientes en subgrupos según el tipo de operación: SVA (n = 18), SVM o CR (n = 37), SVA+SVM (n = 8), con objeto de evaluar la influencia del tipo de cirugía en los datos ecocardiográficos postoperatorios. Los datos de la ecografía preoperatoria pusieron de manifiesto que los pacientes del grupo de SVM o CR tenían mayor tamaño de AI (4,5 frente a 3,9 cm;  $p = 0,007$ ) y menor tamaño telediastólico ventricular izquierdo (5,1 frente a 5,4 cm;  $p = 0,026$ ) que los del grupo de SVA. El grupo de SVA+SVM presentó valores de RVs inferiores a los de los grupos de SVM o CR antes de la operación (8,9 frente a 11,3 cm/s;  $p = 0,005$ ). El grupo de SVA+SVM tenía mayor tamaño de la AI (4,5 frente a 3,9 cm;  $p = 0,011$ ) y un valor de RVs inferior (8,9 frente a 12,1 cm/s;  $p = 0,003$ ) que el grupo de SVA. Otros parámetros

ecocardiográficos preoperatorios fueron estadísticamente similares en los tres subgrupos.

Se analizaron también los subgrupos de SVA, SVM o CR, y SVA+SVM según los valores de RVs para evaluar las funciones ventriculares derechas. Los valores de RVs se redujeron en el periodo postoperatorio inmediato y esta disminución persistía a los 6 meses de la operación. En cambio, aunque los valores de AIV y de VIV disminuyeron en el periodo postoperatorio inmediato y 1 mes después de la operación, se recuperaron los valores iniciales en el seguimiento realizado a los 6 meses (tabla 3).

Se comparó a los pacientes a los que se había practicado una CR de la válvula mitral (n = 11) con los casos de SVM (n = 26). Los valores de RVs fueron mayores en los pacientes con CR en el postoperatorio inmediato y 1 mes después de la intervención (CR frente a SVM, postoperatorio inmediato, 6,18 frente a 5,03 cm/s;  $p = 0,027$ ; 1 mes después de la operación, 7,14 frente a 5,48 cm/s;  $p = 0,007$ ). En la evaluación realizada a los 6 meses de la operación, esta diferencia había desaparecido (10,5 frente a 9,6 cm/s;  $p = 0,118$ ). Sin embargo, los

**TABLA 4. Proporciones de recuperación funcional y ecocardiográfica con diferentes técnicas de cardioplejia**

	Cardioplejia anterógrada	Cardioplejia retrógrada	Cardioplejia combinada	p
Recuperación funcional S/N	24/13 (65%/35%)	12/6 (67%/33%)	2/6 (25%/75%)	0,09
Recuperación de AIV VD S/N	24/13 (65%/35%)	11/7 (61%/39%)	4/4 (50%/50%)	0,732
Recuperación de VIV VD S/N	31/6 (84%/16%)	12/6 (67%/33%)	5/3 (63%/37%)	0,234
Recuperación de RVs S/N	5/32 (14%/86%)	4/14 (22%/78%)	2/6 (25%/75%)	0,61

AIV VD: aceleración isovolumétrica ventricular derecha; RVs: velocidad sistólica máxima en el anillo tricuspídeo por Doppler tisular; S/N: sí/no; VIV VD: velocidad isovolumétrica ventricular derecha.

valores de AIV fueron similares en el postoperatorio inmediato, al mes y a los 6 meses (1,4 frente a 1,2 m/s<sup>2</sup>; p = 0,337; 2,1 frente a 1,75 m/s<sup>2</sup>; p = 0,201; 2,93 frente a 2,49 m/s<sup>2</sup>; p = 0,056).

Se comparó a los pacientes que estaban en ritmo sinusal el día de la operación con los que estaban en fibrilación auricular (FA). La evaluación ecocardiográfica preoperatoria reveló que los pacientes que estaban en ritmo sinusal tenían menor tamaño de la AI (4 frente a 4,8 cm; p = 0,003) y menor PAP sistólica (36,5 frente a 46 mmHg; p = 0,026) que los pacientes con FA. Sin embargo, los valores de RVs (sinusal frente a FA, 11,5 frente a 11,1 cm/s; p = 0,096) y AIV (2,58 frente a 2,29 V; p = 0,53) eran similares. Durante el seguimiento postoperatorio, los valores de RVs fueron similares (postoperatorio inmediato, 6,4 frente a 5,7 cm/s; p = 0,123; 1 mes después de la operación, 6,7 frente a 5,7 cm/s; p = 0,078; 6 meses después de la operación: 10,2 frente a 9,5 cm/s; p = 0,057). De forma análoga, los valores de AIV fueron similares en los dos grupos (postoperatorio inmediato, 1,08 frente a 1,19 m/s<sup>2</sup>; p = 0,575; 1 mes después de la operación, 1,64 frente a 1,89 m/s<sup>2</sup>; p = 0,372; 6 meses después de la operación, 2,66 frente a 2,69 m/s<sup>2</sup>; p = 0,977). Los valores de RVs en el seguimiento realizado a los 6 meses en ambos grupos fueron más bajos que los valores preoperatorios (sinusal 11,5 frente a 10,2 cm/s; p < 0,001; FA, 11,1 frente a 9,5 cm/s; p < 0,001). Los valores de AIV se recuperaron en el seguimiento realizado a los 6 meses de la operación (sinusal, 2,58 frente a 2,66 m/s<sup>2</sup>; p = 0,273; FA, 2,29 frente a 2,69 m/s<sup>2</sup>; p = 0,002).

La intervención quirúrgica se practicó en 37 pacientes con cardioplejia de sangre anterógrada, en 18 pacientes con cardioplejia retrógrada y en 8 con una combinación de cardioplejia anterógrada y retrógrada. No hubo diferencias significativas de la recuperación funcional y de la AIV a los 6 meses entre los distintos grupos de cardioplejia (tabla 4). Tampoco hubo correlación significativa entre los parámetros ecocardiográficos y el tiempo de pinzamiento aórtico, la duración de la operación o del bombeo o el grado máximo de hipotermia en nuestro estudio.

## DISCUSIÓN

La disfunción ventricular derecha puede producirse durante el postoperatorio y se asocia a un aumento de la mortalidad<sup>22-25</sup>. En los pacientes a los que se ha practicado un *bypass* arterial coronario, puede persistir hasta 1 año<sup>11,12</sup>. Sin embargo, que nosotros sepamos, no se han realizado estudios para investigar la función ventricular derecha en pacientes a los que se practican intervenciones valvulares cardiacas aisladas. Hemos estudiado las funciones ventriculares derechas mediante ecocardiografía Doppler tisular en pacientes a los que se practicaron este tipo de intervenciones. Uno de los resultados importantes de nuestro estudio fue el deterioro de los valores de RVs preoperatorios en el postoperatorio inmediato y la persistencia de este deterioro al cabo de 1 y 6 meses tras la operación. Sin embargo, el nuevo indicador específico de las funciones sistólicas del ventrículo derecho (valores de AIV VD) mostró recuperación a los 6 meses, correlacionada con la recuperación funcional de estos pacientes. Otro resultado importante de nuestro estudio fue la demostración de que los valores preoperatorios de AIV VD y PAP (y la mejora de dichos valores en el postoperatorio) fueron los únicos factores que predecían de manera independiente la recuperación funcional postoperatoria y aportaban más información que otros parámetros ecocardiográficos y bioquímicos.

Hedman et al<sup>11</sup> demostraron la recuperación de la capacidad de ejercicio a los 3 meses de la operación, a pesar de que en su grupo de estudio la disfunción ventricular derecha persistió hasta 1 año. La determinación de la AIV VD parece ser una técnica más sensible que la determinación de la velocidad sistólica máxima obtenida con el Doppler tisular para predecir la contractilidad<sup>16,17</sup>. Sobre la base de estas informaciones, la recuperación significativa de los valores de AIV VD puede ayudar a explicar la mejora de la capacidad de ejercicio observada en estos pacientes. Hemos demostrado que la recuperación de la AIV VD estaba presente en los pacientes con recuperación funcional. Esta observación indica que las determinaciones consecutivas de la AIV VD

pueden predecir las funciones ventriculares derechas a los 6 meses de la operación en los pacientes a los que se practica una intervención de cirugía valvular cardíaca aislada. El deterioro perioperatorio de la función ventricular derecha puede retrasar o reducir la recuperación funcional tras la cirugía valvular satisfactoria. La determinación de la AIV VD en estos pacientes puede ser útil para la evaluación clínica. Se ha descrito una disfunción ventricular derecha en casi todos los pacientes a los que se practica un *bypass* arterial coronario, con independencia del tiempo de *bypass* cardiopulmonar, el tiempo de pinzamiento aórtico o la técnica de cardioplejia utilizada<sup>1-4,22,23</sup>. Además, no parece que la cirugía cardíaca sin bombeo proteja el ventrículo derecho en mayor medida que la cirugía de *bypass* arterial coronario con bombeo<sup>26</sup>. La disfunción ventricular derecha parece relacionada con la cirugía cardíaca en sí, puesto que no se observó correlación alguna entre el tiempo de pinzamiento aórtico, el tiempo de bombeo, el grado de hipotermia máxima y el tipo de protección cardiopléjica utilizada en nuestros pacientes, que no presentaban enfermedad coronaria. Además, la tasa de disfunción ventricular derecha fue similar en los subgrupos de SVM, SVA y SVM+SVA. Esta observación respalda la hipótesis de que la disfunción ventricular derecha se produce de manera independiente también de la enfermedad valvular subyacente. Sin embargo, la recuperación de los valores de AIV VD 6 meses después de la cirugía valvular puede ayudar a explicar la mejoría funcional significativa durante el postoperatorio. Aunque hubo una disminución persistente de los valores de RVs, los valores de AIV VD se recuperaron en la ecografía obtenida a los 6 meses de la operación y mostraron correlación con la recuperación funcional. La determinación de la AIV VD puede ser útil y fiable en el seguimiento postoperatorio de la función ventricular derecha de los pacientes, con independencia del ritmo auricular.

### Limitaciones del estudio

El uso de cualquier parámetro concreto y específico para el estudio de la función sistólica ventricular derecha tras la cirugía tiene la limitación de la falta de un marcador de referencia que permita hacer comparaciones apropiadas. Además, las determinaciones de la velocidad miocárdica con métodos de Doppler tisular que utilizan una codificación con colores reflejan las contracciones activas y también los movimientos pasivos del miocardio. En consecuencia, un nuevo análisis de nuestra hipótesis con métodos más específicos, como la *strain* y la tasa de *strain* del miocardio, podrían ser más fiables que los parámetros de Doppler tisular convencio-

nales. Por último, será útil disponer de estudios con un mayor número de pacientes y nuevas modalidades de exploración ecocardiográfica para determinar la asociación de la recuperación funcional con la función sistólica ventricular derecha.

### CONCLUSIONES

Nuestro estudio ha revelado que los valores preoperatorios de la AIV VD obtenida mediante Doppler tisular y la PAP sistólica predicen de manera independiente la recuperación funcional 6 meses tras la cirugía valvular cardíaca aislada. Además, la mejora de estos parámetros durante el postoperatorio y su relación con la recuperación funcional pueden ser útiles para la evaluación clínica de los pacientes tras la cirugía valvular cardíaca.

### AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias a Ferit Un (Statistics and Reporting Manager, Plato Statistics Medical Research, Estambul, Turquía) por su gran esfuerzo en el análisis estadístico de nuestra base de datos. También queremos agradecer al Dr. Kenneth Nugent (Texas Tech University Health Sciences Center, Lubbock, Texas) su ayuda para la redacción en inglés durante la preparación de este manuscrito.

### BIBLIOGRAFÍA

- Allen BS, Winkelmann JW, Hanafy H, Hartz RS, Bolling KS, Ham J, et al. Retrograde cardioplegia does not adequately perfuse the right ventricle. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109:1116-24.
- Brookes CI, White PA, Bishop AJ, Oldershaw PJ, Redington AN, Moat NE. Validation of a new intraoperative technique to evaluate load-independent indices of right ventricular performance in patients undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:468-76.
- Christakis GT, Fremez SE, Weisel RD, Ivanov J, Madonik MM, Seawright SJ, et al. Right ventricular dysfunction following cold potassium cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1985;90:243-50.
- Kavkoranta PK, Lepojärvi MV, Kiviluoma KT, Ylitalo KV, Peuhkurinen KJ. Myocardial protection during antegrade versus retrograde cardioplegia. *Ann Thorac Surg.* 1998;66:697-8.
- Feneley M, Kearney L, Farnsworth A, Shanahan M, Chang V. Mechanisms of the development and resolution of paradoxical interventricular septal motion after uncomplicated cardiac surgery. *Am Heart J.* 1987;114:106-14.
- Lindström L, Wigström L, Dahlin LG, Arén C, Wranne B. Lack of effect of synthetic pericardial substitute on right ventricular function after coronary artery bypass surgery. *Scand Cardiovasc J.* 2000;34:331-8.
- Davila-Roman VG, Waggoner AD, Hopkins WE, Barzilai B. Right ventricular dysfunction in low output syndrome after cardiac operations: assessment by transesophageal echocardiography. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:1081-6.
- Reichert CL, Visser CA, Van den Brink RB, Koolen JJ, Van Wezel HB, Moulijn AC, et al. Prognostic value of biventricular



- function in hypotensive patients after cardiac surgery as assessed by transesophageal echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1992;6:429-32.
9. Ascione R, Caputo M, Angelini GD. Off-pump coronary artery bypass grafting: not a flash in the pan. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:306-13.
  10. Rose EA. Off-pump coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med.* 2003;348:379-80.
  11. Hedman A, Alam M, Zuber E, Nordlander R, Abdel Samad B. Decreased right ventricular function after coronary artery bypass grafting and its relation to exercise capacity: a tricuspid annular motion-based study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004;17:126-31.
  12. Alam M, Hedman A, Nordlander R, Samad B. Right ventricular function before and after an uncomplicated coronary artery bypass graft as assessed by pulsed wave Doppler tissue imaging of the tricuspid annulus. *Am Heart J.* 2003;146:520-6.
  13. Meluzín J, Spinarová L, Bakala J, Toman J, Krejčí J, Hude P, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion. A new, rapid and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. *Eur Heart J.* 2001;22:340-8.
  14. Vogel M, Cheung M, Li J, Kristiansen S, Schmidt M, White P, et al. Noninvasive assessment of left ventricular force-frequency relationships using tissue Doppler-derived isovolumic acceleration validation in an animal model. *Circulation.* 2003;107:1647-52.
  15. Vogel M, Schmidt M, Kristiansen S, Cheung M, White P, Sorensen K, et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel noninvasive index of right ventricular contractility comparison with ventricular pressure-volume relations in an animal model. *Circulation.* 2002;105:1693-9.
  16. Pauliks LB, Chan K, Chang D, Kirby S, Logan L, DeGroff C, et al. Regional myocardial velocities and isovolumic contraction acceleration before and after device closure of atrial septal defects: A color tissue Doppler study. *Am Heart J.* 2005;150:294-301.
  17. Turhan S, Tulunay C, Cin M, Gursoy A, Kilickap M, Dincer I, et al. Effects of thyroxine therapy on right ventricular systolic and diastolic function in patients with subclinical hypothyroidism: a study by pulsed wave tissue Doppler imaging. *J Clin Endocrinol Metab.* 2006;91:3490-3.
  18. Tayyareci Y, Nisanci Y, Umman B, Oncul A, Selen Y, Altun I, et al. Early detection of right ventricular systolic dysfunction by using myocardial acceleration during isovolumic contraction in patients with mitral stenosis. *Eur J Echocardiogr.* 2008;9:516-21.
  19. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al; and the American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. Recommendations for quantitation of left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1989;2:358-67.
  20. Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol.* 1976;37:7-11.
  21. Gorcsan J, Strum DP, Mandarino WA, Gulati VK, Pinsky MR. Quantitative assessment of alterations in regional left ventricular contractility with color-coded tissue Doppler echocardiography. Comparison with sonomicrometry and pressure-volume relations. *Circulation.* 1997;95:2423-33.
  22. Wranne B, Pinto FJ, Hammarström E, St Goar FG, Puryear J, Popp RL. Abnormal right heart filling after cardiac surgery: time course and mechanisms. *Br Heart J.* 1991;66:435-42.
  23. Mishra M, Swaminathan M, Malhotra R, Mishra A, Trehan N. Evaluation of right ventricular function during CABG: transesophageal echocardiographic assessment of hepatic venous flow versus conventional right ventricular performance indices. *Echocardiogr.* 1998;15:51-8.
  24. Haji S, Movahed A. Right ventricular infarction: diagnosis and treatment. *Clin Cardiol.* 2000;23:473-82.
  25. Brookes C, Ravn H, White P, Moeldrup U, Oldershaw P, Redington A. Acute right ventricular dilatation in response to ischemia significantly impairs left ventricular systolic performance. *Circulation.* 1999;100:761-7.
  26. Michaux I, Filipovic M, Skarvan K, Schneiter S, Schumann R, Zerkowski HR. Effects of on-pump versus off-pump coronary artery bypass graft surgery on right ventricular function. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:1281-8.