

# ¿Dónde está el orificio mitral efectivo? Divergencia entre el volumen del tracto de salida y el tracto de entrada del ventrículo izquierdo por ecocardiografía

*Where is the Effective Mitral Orifice? Echocardiographic Divergence Between Mitral Inflow Volume and Left ventricular Outflow Tract Volume*

MARTÍN LOMBARDERO, GABRIEL PEREA, MATÍAS TINETTI<sup>MTSAC</sup>

Recibido: 12/07/2013

Aceptado: 25/09/2013

**Dirección para separatas:**

Dr. Martín Lombardero  
Departamento de Imagen Cardíaca  
Sanatorio Trinidad de Palermo  
Cerviño 4720  
(C1425AIC) CABA  
e-mail:  
martinlombardero@hotmail.com

## RESUMEN

### Introducción

El cálculo del volumen regurgitante en la insuficiencia mitral por eco transtorácico 2D (ETT2D) es poco confiable y está relacionado con una medición inadecuada del anillo mitral (AM). El eco transesofágico 3D (ETE3D) posee mejores herramientas de medición del AM.

### Objetivos

Comparar el área del AM y la diferencia de volumen del tracto de entrada y del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI y TEVI) por ETT2D y ETE3D en corazones normales. Evaluar en qué nivel del aparato mitral se encuentra el orificio mitral efectivo.

### Material y métodos

Se incluyeron 13 pacientes consecutivos y prospectivos, de 42 (29-47) años, 7 de sexo femenino, con indicación de eco transesofágico (9 por búsqueda de fuente embolígena y 4 por síndrome febril), que tenían un ETT2D normal y se encontraban con ritmo sinusal y normotensos en el momento del estudio. Se les realizó simultáneamente ETT2D y ETE3D. El área del TSVI y del AM se midió por ETT2D y ETE3D. Se estimó por ETE3D el área de la válvula mitral (VM) distal al AM. El volumen de cada tracto se calculó como el producto del área por la integral velocidad-tiempo (VTI) del flujo. Se estableció una hipotética área mitral efectiva (AME) como el cociente entre el volumen del TSVI (ETE3D) y la VTI del TEVI.

### Resultados

Correlación (rs), concordancia e IC 95% entre área del AM por ETT2D vs. ETE3D: 0,506, 1,97 (-0,40 a 4,34), AME vs. ETE3D 0,549, 2,41 (-4,03 a -0,79) y AME vs. VM a 10.5 mm (8-12) del AM: 0,982, 0,079 (-0,26 a 0,42). La diferencia de volumen (ml) entre ambos tractos fue: ETT2D 12,8 (7,5-19), ETE3D 32,8 (25,9-48) y ETE3D (desde VM distal al AM) 1,8 (1,25-3,6).

### Conclusiones

Cuanto mejor medimos el anillo mitral, más lejos estamos del orificio mitral efectivo. El área mitral a 1 cm del punto más alto del anillo mitral es la que más se acerca al orificio mitral efectivo.

REV ARGENT CARDIOL 2014;82:118-125. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v82.i2.2906>

**Palabras clave** > Insuficiencia de válvula mitral - Ecocardiografía tridimensional

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO: Rev Argent Cardiol 2014;82:87-88. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v82.i2.3880>

**Abreviaturas >**

<b>AM</b>	Anillo mitral	<b>Ar TSVI 3D Prom</b>	Promedio de las áreas del tracto de salida del ventrículo izquierdo durante la sístole por eco transesofágico 3D (por planimetría directa)
<b>AME</b>	Teórica e hipotética área mitral efectiva	<b>Ar TSVI TT2D</b>	Área del tracto de salida del ventrículo izquierdo por transtorácico 2D
<b>Ar AM TT ELPI</b>	Área del anillo mitral por transtorácico (como promedio del diámetro del anillo mitral en 2 cámaras apical y el eje largo paraesternal izquierdo)	<b>ETE2D</b>	Eco transesofágico bidimensional
<b>Ar AM TT2D</b>	Área del anillo mitral por transtorácico 2D (promedio de diámetros del anillo mitral en 2 y 3 cámaras, vista apical)	<b>ETE3D</b>	Eco transesofágico tridimensional
<b>Ar ETE2D3D</b>	Área del anillo mitral por eco transesofágico 2D [como promedio del diámetro en 2 cámaras y 3 cámaras (planos perpendiculares), pero desde una adquisición completa del programa 3D]	<b>ETT2D</b>	Eco transtorácico bidimensional
<b>Ar Mu ETE3D</b>	Área del orificio mitral [(cortes distales al anillo mitral) medida por planimetría y con la herramienta multicorte del programa QLAB]	<b>TEVI</b>	Tracto de entrada del ventrículo izquierdo
<b>Ar MVQ</b>	Área del anillo mitral desde el programa Mitral Valve Quantification [(programa QLAB), en plano de proyección]	<b>TSVI</b>	Tracto de salida del ventrículo izquierdo
		<b>Vol</b>	Volumen
		<b>VTI</b>	Integral del flujo (del inglés, <i>velocity time integral</i> )

**INTRODUCCIÓN**

En pacientes con corazón estructuralmente normal, el volumen del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) debe ser similar al volumen del tracto de entrada del ventrículo izquierdo (TEVI). La diferencia de volumen entre ambos tractos es importante en la cuantificación de la insuficiencia mitral por ecocardiograma transtorácico 2D (ETT2D) y se basa en la medición del área del anillo mitral (AM) y del TSVI. (1) Pero, en la práctica diaria, el resultado de este cálculo es poco confiable. El AM tiene una compleja estructura no planar, definida como una parábola hiperbólica que se asemeja a una silla de montar. (2) Sin embargo, el ETT2D asume al AM (y al TSVI) con una geometría circular. El eco transesofágico 3D (ETE3D) no asume geometrías como el ETT2D y, en rigor, debería medir con mayor exactitud el área del TSVI y del AM y sus volúmenes respectivos. La finalidad de este trabajo consiste averiguar dónde está el origen de la divergencia de volúmenes entre ambos tractos mediante la evaluación de corazones estructuralmente normales en los que la diferencia debe ser cercana a 0 ml. Para ello comparamos la medición del AM por ETT2D *vs.* ETE3D, la diferencia entre el volumen del TSVI y del TEVI por ETT2D y por ETE3D, y evaluamos a través del ETE3D en qué nivel del aparato mitral se encuentra el orificio mitral efectivo.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Se incluyeron 13 pacientes consecutivos y prospectivos, de 42 (29-47) años, 7 de sexo femenino, con indicación de eco transesofágico (9 pacientes por búsqueda de fuente embolígena y 4 por síndrome febril), que tenían un ETT2D normal y se encontraban con ritmo sinusal y normotensos en el momento del estudio. Si presentaban arritmia que pudiera afectar el gatillado de la captura, se excluían.

**Eco transtorácico 2D y eco transesofágico 2D/3D**

Se realizó de manera sucesiva y simultánea un ETT2D, ETE2D y 3D, con ecocardiógrafo Philips IE33 (Philips Ultrasound USA) con plataforma 3D, que adquiere imágenes digitales en 2D, 3D tiempo real (“vivo”) y a través del modo gatillado de “adquisición del volumen completo”. Esta captura “completa” en 3D fue transferida y posteriormente analizada en una estación de trabajo a través del programa QLAB 8.1 (Philips Medical System). En primer término se realizó el ETT2D según protocolo convencional. Inmediatamente después se realizó un ETE con sonda transesofágica multiplanar X7-2t, con sedación (a cargo de médico anestesiista). Se adquirieron volúmenes completos en 0, 45, 90, 120 y 180 grados del ETE2D. La mejor captura (sin artefactos de ensamble) fue elegida para el análisis del aparato mitral y del TSVI. Del programa QLAB del ETE3D utilizamos dos herramientas de medición: MVQ (Mitral Valve Quantification) e Imagen Multiplanar. El MVQ está diseñado para evaluar el aparato mitral y analiza el AM en forma semiautomática en múltiples planos (preestablecidos 9 en nuestro estudio) con identificación manual de 18 puntos de todo su contorno. La Imagen Multiplanar visualiza tres planos del ETE2D en forma

simultánea (longitudinal y transversal, identificados por rojo y verde y un tercer plano azul donde medimos un diámetro o un área de una región de nuestro interés).

### Estimación de áreas del tracto de salida del ventrículo izquierdo y el anillo mitral

#### Ecocardiograma transtorácico 2D

El área del TSVI se estimó según método convencional (diámetro del TSVI transformado en área según fórmula:  $\text{Área} = (d/2)^2 \cdot \pi$ ) y la denominamos Ar TSVI TT2D. (3) En la medición del área del AM (diástole) obtuvimos dos combinaciones: promedio del diámetro 3 cámaras y 2 cámaras apical (anteroposterior e intercomisural) y promedio del diámetro en eje largo paraesternal izquierdo y 2 cámaras apical. Ambos promedios fueron transformados en áreas (según fórmula descripta): Ar AM TT2D y Ar AM TT ELPI, respectivamente.

#### Ecocardiograma transesofágico 2D/3D

El área del TSVI se estimó con Imagen Multiplanar (QLAB) como el promedio por planimetría directa obtenida en cada cuadro (*frame*) de la sístole (Ar TSVI 3D Prom), con un promedio de 8 cuadros sistólicos por paciente, y se predeterminó como área referencia. La medición del AM por ETE3D se realizó de la siguiente manera: 1) a través del MVQ (QLAB) se estimó el promedio del área del AM (en plano de proyección) de cada cuadro diastólico (7 cuadros diastólicos promedio por paciente). Se denominó Ar MVQ y se predeterminó como área referencia (Figura 1), y 2) con Imagen Multiplanar (QLAB) se determinó en forma simultánea el diámetro longitudinal y transversal del AM, en el cuadro de máxima apertura en diástole, y se obtuvo el promedio entre el diámetro intercomisural (2 cámaras) y anteroposterior (3 cámaras) para luego transformarlo en área según fórmula descripta. Se denominó Ar ETE2D3D (Figura 2 A y B).

Para obtener una medición del TEVI diferente del AM, evaluamos el área del orificio de la válvula mitral con Imagen Multiplanar Multicorte (9 cortes cada 4 mm símil axial). El primer corte lo ubicamos en el plano más alto del AM (fibrosa mitroaórtica) y el resto de los cortes en dirección ventricular.

Medimos el promedio de las áreas en diástole por planimetría directa en los cortes donde se hacen perfectamente visibles el contorno y la apertura de la válvula y la denominamos Ar Mu ETE3D (Figura 2 C y D).

#### Estimación de la teórica e hipotética área mitral efectiva

El volumen (área  $\cdot$  VTI) de ambos tractos en corazones normales debe ser el mismo. Por consiguiente (y tomando el Vol TSVI 3D Prom como referente y el VTI mitral intra-EET):

$$\frac{\text{Área TSVI 3D} \cdot \text{VTI TSVI intra-EET}}{\text{Área mitral efectiva} \cdot \text{VTI TEVI intra-EET}}$$

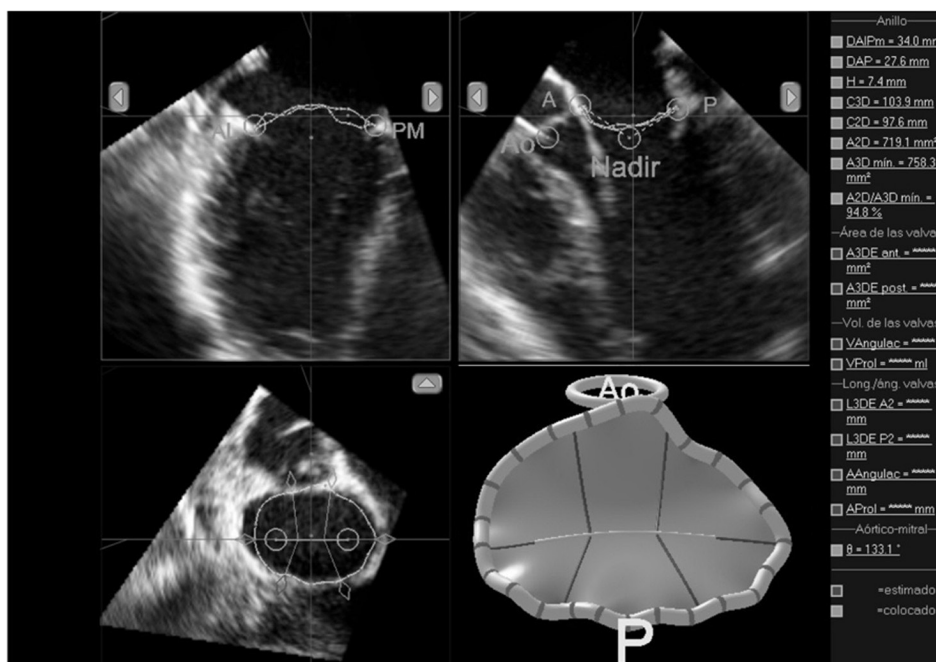
Como Área TSVI 3D  $\cdot$  VTI TSVI intra-EET es volumen, si despejamos área mitral efectiva:

$$\text{ÁREA MITRAL EFECTIVA} = \text{Vol TSVI 3D} / \text{VTI TEVI intra ETE}$$

La hipotética área mitral efectiva (AME) correspondería entonces al área teórica "ideal" que deberían tener los métodos con los que se evaluó el área del TEVI en este estudio para que la diferencia de volumen entre ambos tractos sea cercana a 0 ml.

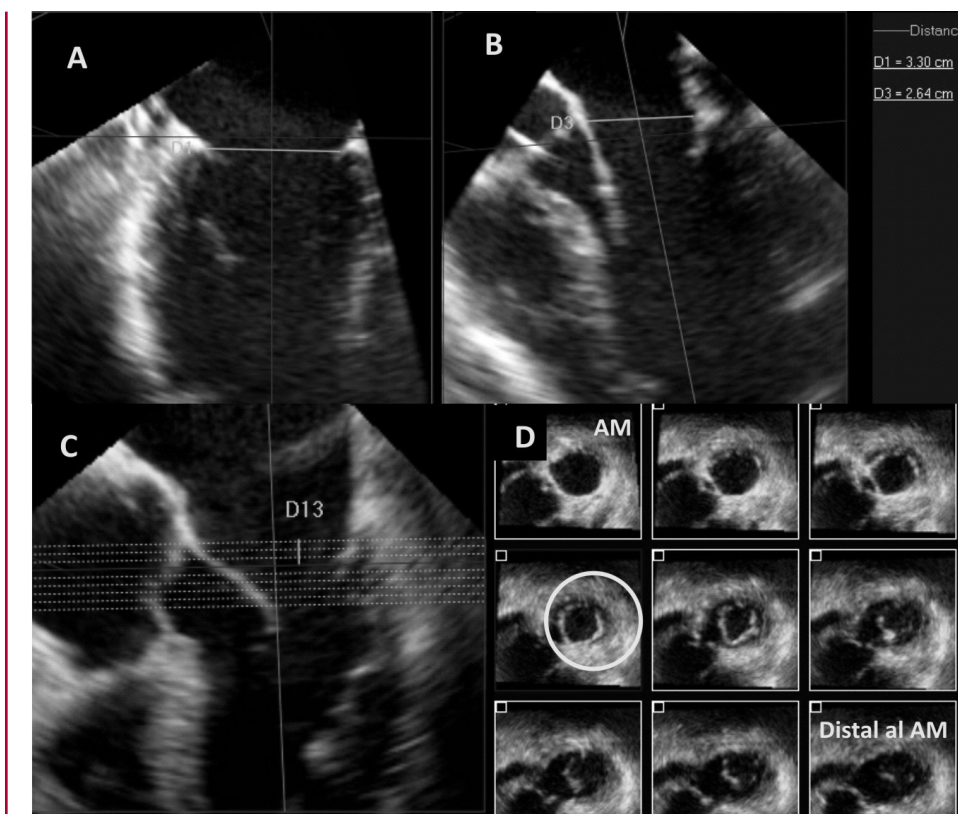
#### Volúmenes del tracto de salida y del tracto de entrada del ventrículo izquierdo

De acuerdo con la fórmula validada de medición del volumen en ambos tractos, se estimó el producto del área ( $\text{cm}^2$ ) por la integral del flujo (VTI, cm), que se obtiene del trazado de la onda espectral en cada tracto con Doppler pulsado. La VTI del TSVI y del TEVI se estimó en el ETT2D pre-EET y en el ETT2D intraprocedimiento del EET (con el paciente sedado), cambiando el transductor ETE por ETT2D. De esta manera se obtuvieron en forma simultánea y con las mismas variables hemodinámicas área y VTI en cada tracto y además en cada método (ETT2D y ETE3D). La VTI de cada tracto se estimó como promedio de tres mediciones. Cada una de las áreas obtenidas del TSVI y del TEVI por ETT2D (Ar TSVI TT2D, Ar AM TT2D y Ar AM TT ELPI) y por ETE3D (Ar TSVI 3D, Ar ETE2D3D, Ar MVQ y Ar Mu ETE3D) se multiplicó por la VTI correspondiente a cada tracto y a cada método (ETT2D



**Fig. 1.** Área del anillo mitral por MVQ (Mitral Valve Quantification) ETE3D (Ar MVQ ETE3D). *Imágenes superiores:* Resultado final de 18 puntos de marcación del anillo mitral en múltiples planos. *Imagen inferior izquierda:* Plano de referencia del anillo mitral en 2D. *Imagen inferior derecha:* Reconstrucción del anillo mitral en 3D. *Margen derecho:* Áreas y diámetros del anillo mitral. A2D corresponde al área del anillo mitral en el plano de proyección tomado en este trabajo.

**Fig. 2.** Áreas obtenidas del tracto de entrada del ventrículo izquierdo en diástole por Imagen Multiplanar del ETE3D. **A y B.** Área del anillo mitral obtenida desde el diámetro en 2 cámaras (**A**) intercomisural y en 3 cámaras (**B**) anteroposterior (Ar ETE2D3D). **C y D.** Área del orificio mitral distal al anillo por multicorte (Ar Mu ETE3D). La línea transversal muestra la altura del corte.



y ETE3D). Desde esta manera se obtuvieron volúmenes del TSVI y del TEVI identificados según la forma de estimación del área, en ETT2D: Vol TSVI TT2D, Vol AM TT2D y Vol AM TT ELPI; y en ETE3D: Vol TSVI 3D, Vol ETE2D3D, Vol MVQ y Vol Mu ETE3D. Se calculó luego la diferencia entre el volumen del TSVI y del TEVI por ETT2D y ETE3D.

#### Análisis estadístico

Los datos se informan como la mediana (rango intercuartil 25-75) de las variables descriptas y el coeficiente de correlación de Spearman (rs) entre variables presentadas por su tipo de distribución. La concordancia entre las variables comparadas se estimó mediante el método de Bland & Altman.

#### RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las medianas de las variables tomadas por ETT2D y ETE3D. En la Tabla 2 puede verse que la correlación entre el área del AM por MVQ QLAB (Ar MVQ) versus las distintas formas de evaluación del TEVI (Ar ETT2D, Ar ETE2D3D y Ar Mu ETE3D) fue muy pobre. Por otra parte, la peor correlación de la teórica e hipotética AME fue con el área del AM por MVQ (rs: 0,549, IC 95% -4,03 a 0,71). Cuando comparamos el AME con el resto de las formas de medición del TEVI (Tabla 3), observamos una correlación adecuada (rs: 0,982, IC 95% -0,26 a 0,42) entre AME y Ar Mu ETE3D (como promedio de diástole) cuando fue estimada a 10,5 mm (8-12 mm) del plano más alto del AM.

En la Tabla 4 puede observarse que la correlación entre el Vol MVQ del TEVI (estimado desde la más sofisticada medición del área del AM) y el resto de las formas de medición del Vol del TEVI (Vol AM TT2D, Vol AM TT ELPI, Vol ETE2D3D y Vol Mu ETE3D) fue

muy pobre, sobre todo con cualquier volumen estimado desde el ETT2D. La mejor correlación se obtuvo con la medición del volumen desde el Ar ETE2D3D (rs: 0,726, IC 95% -12,45 a 38,01).

En la Tabla 1 figuran los volúmenes hallados en cada tracto y según cada método (ETT2D y ETE3D). La diferencia de volumen entre ambos tractos por ETT2D es de 12,8 ml (7,59-19,1) con AM en 3 y 2 cámaras apical y de 15,7 ml (10,9-27,8) tomando el área del AM ELPI. La diferencia de volumen de ambos tractos por ETE3D fue de 21,8 ml (14,5-27,8) desde Vol ETE2D3D, de 1,8 ml (1,25-3,6) desde Vol Mu ETE3D y de 32,8 ml (25,9-48) desde Vol MVQ ETE. La diferencia más cercana a 0 ml, que sería la ideal, se halló entonces entre el Vol TSVI ETE3D y el Vol Mu ETE3D (área del orificio mitral a 10,5 mm distal al anillo). Y la más lejana a 0 ml ocurre cuando el volumen del TEVI se estima en base a la mejor medición del área anillo mitral, el Vol AM MVQ.

#### DISCUSIÓN

Una manera clásica y atractiva de evaluación de la insuficiencia mitral por ETT2D es el cálculo de volumen regurgitante, que cuantifica la insuficiencia durante toda la sístole, y no en un solo cuadro (como los basados en el flujo de convergencia proximal: PISA y vena contracta). Trabajos recientemente publicados demuestran que la insuficiencia holosistólica es “más grave” y tiene peor pronóstico que cuando ocurre en un momento de la sístole. (4) Sin embargo, la cuantifica-

VARIABLES OBTENIDAS (ETT2D Y ETE3D)	Mediana	RIC (25-75)
Diámetro TSVI ETT2D, cm	2,02	1,86-2,05
VTI TSVI ETT2D pre-ETE, cm	20	19,4-21,2
VTI TSVI ETT2D intra-ETE, cm	20,4	18,8-21
Área TSVI ETT2D, cm <sup>2</sup>	3,21	2,71-3,29
Área TSVI 3D promedio, cm <sup>2</sup>	3,29	2,84-3,48
Vol TSVI TT2D, ml	62,4	57,8-65,3
Vol sistólico TSVI ETE3D máximo, ml	72,6	65,7-75,2
Vol sistólico TSVI ETE3D promedio, ml	61,3	56,2-67,8
VTI mitral TT2D, cm	16,1	14,8-17,8
Diámetro AM 2 cámaras apical ETT2D, cm	2,6	2,12-2,74
Diámetro AM 3 cámaras apical ETT2D, cm	2,38	2,07-2,67
Diámetro AM TT2D ELPI, cm	2,7	2,51-2,92
Diámetro AM 2 cámaras ETE2D3D, cm	2,76	2,69-2,93
Diámetro AM 3 cámaras ETE2D3D, cm	2,65	2,48-2,76
Área AM ETT2D, cm <sup>2</sup>	4,82	3,52-5,72
Área AM ETT2D ELPI, cm <sup>2</sup>	5,74	4,48-6,51
ÁREA AM ETE2D3D, cm <sup>2</sup>	5,86	5,38-6,44
Área mitral distal al AM (Ar Mu ETE3D en cm <sup>2</sup> )	4,05	3,61-4,94
Área AM MVQ promedio diástole, cm <sup>2</sup>	6,72	6,44-7,07
Hipotética área mitral efectiva, cm <sup>2</sup>	4,15	3,79-4,91
Vol TEVI ETT2D 3 y 2 cámaras apical, ml	72,7	67,3-80
Vol TEVI ETT2D ELPI, ml	77,7	73-95,6
Vol TEVI ETE2D3D, ml	88,6	74,8-106,4
Vol TEVI Mu ETE3D, ml	59,6	53,1-68,5
Vol TEVI MVQ promedio diástole, ml	99,8	89,2-110,7

RIC: Rango intercuartil. Para el resto de las abreviaturas, véase al inicio el listado.

**Tabla 1.** Variables estimadas en 13 pacientes con corazón estructuralmente normal

	Coefficiente de correlación de Pearson (r)	Concordancia Diferencia media (Bland & Altman)	IC 95%
Ar MVQ vs. Ar AM TT2D	0,506	1,973	-0,40 a 4,34
Ar MVQ vs. Ar AM TT ELPI	0,439	1,392	-0,81 a 3,59
Ar MVQ vs. Ar ETE2D3D	0,573	0,847	-0,91 a 2,61
Ar MVQ vs. Ar Mu ETE3D	0,480	2,492	-4,26 a -0,71

IC: Intervalo de confianza. Para el resto de las abreviaturas, véase al inicio el listado.

**Tabla 2.** Correlación del área del anillo mitral por MVQ ETE3D versus el resto de las formas de cuantificación del tracto de entrada del ventrículo izquierdo (ETT2D, ETE3D y del orificio mitral distal al anillo mitral por ETE3D multicorte)

	Coefficiente de correlación de Pearson (r)	Concordancia Diferencia media (Bland & Altman)	IC 95%
Ar AME vs. Ar MVQ	0,549	2,413	-4,03 a -0,79
Ar AME vs. Ar AM TT2D	0,688	0,44	-2,43 a 1,55
Ar AME vs. Ar AM TT ELPI	0,715	1,021	-2,67 a 0,63
AME vs. Ar ETE2D3D	0,692	1,566	-3,10 a -0,028
Ar AME vs. Ar Mu ETE3D	0,982	0,079	-0,26 a 0,42

IC: Intervalo de confianza. Para el resto de las abreviaturas, véase al inicio el listado.

**Tabla 3.** Correlación del área de la hipotética área mitral efectiva versus el resto de las formas de cuantificación del tracto de entrada del ventrículo izquierdo (ETT2D, ETE3D y del orificio mitral distal al anillo mitral por ETE3D multicorte)

**Tabla 4.** Correlación del volumen del tracto de entrada del ventrículo izquierdo basado en el área del anillo mitral por MVQ ETE3D *versus* Vol ETT2D, Vol ETE2D3D (basado en el área estimada como promedio del diámetro anteroposterior e intercomisural) y Vol Mu ETE3D (basado en el área de la válvula mitral distal al anillo mitral)

	Coefficiente de correlación de Pearson (r)	Concordancia Diferencia media (Bland & Altman)	IC 95%
Vol MVQ vs. Vol AM TT2D	0,047	26,47	-19,84 a 72,79
Vol MVQ vs. Vol AM TT ELPI	0,147	16,43	-28,64 a 61,51
Vol MVQ vs. Vol ETE2D3D	0,726	12,78	- 12,45 a 38,01
Vol MVQ vs. Vol Mu ETE3D	0,347	37,80	5,04 a 70,56

IC: Intervalo de confianza. Para el resto de las abreviaturas, véase al inicio el listado.

ción del volumen regurgitante por ETT2D no siempre es confiable. ¿Cuáles son los puntos débiles por ETT2D para que termine siendo poco creíble...?

Además de las clásicas fuentes de error (como el trazado de la onda espectral y el sitio donde colocamos el Doppler pulsado), el tamaño del AM y del TSVI varían durante el ciclo y el ETT2D asume a ambos con geometría circular. (5) Por ETE3D se demostró que el TSVI tiene morfología variable y rara vez es circular. (6, 7)

La estructura y la morfología del AM son complejas y su medición por cualquier técnica ha sido históricamente difícil. Tanto es así que en los últimos tiempos se han desarrollado hipótesis que dudan de la existencia del anillo como tal y lo refieren como una estructura de transición auriculoventricular. (8) Simplificar la geometría del anillo a una forma meramente circular no refleja la realidad. (9) ¿Debemos tomar el área por ETT2D de esta compleja estructura para medir el volumen del TEVI?

Para resolver esto, incluimos individuos con corazón normal cuya diferencia de volumen entre ambos tractos debía ser 0 ml, a los que se les realizó simultáneamente ETT2D y ETE3D. El ETE3D es atractivo porque no asume geometrías, no tiene problemas de ventana acústica, y tiene programas muy sofisticados (MVQ QLAB) para medir el AM que marcan hasta 24 puntos en todo el contorno del anillo. Son múltiples los cálculos que se obtienen con el MVQ en el aparato mitral. En nuestro trabajo tomamos el área en plano de proyección (A2D) como área de referencia del AM. Para ser más exactos, obtuvimos los promedios de áreas del AM en diástole y del TSVI en sístole. De esta manera, y a diferencia del ETT2D, abarcamos todos los cambios del área de cada tracto en cada momento del ciclo. Además, estimamos el área teórica que debería tener el TEVI para que la diferencia entre ambos tractos fuera 0 ml (AME), y la obtuvimos por simple división del volumen del TSVI predeterminado como referente (ETE3D) sobre la VTI mitral intra-ETE.

Como era de esperar, la correlación de la medición del área del AM entre el sofisticado método de medición MVQ del ETE3D *versus* ETT2D fue muy pobre, y pobre (aunque algo mejor) *versus* ETE2D alineado desde una captura 3D. Ambos cálculos están basados en diámetros, asumen anillos circulares y miden diámetros en diferentes alturas del anillo. Por consiguiente, no reflejan la geometría del AM.

Sin embargo, el análisis de este estudio muestra dos respuestas paradójicas. La primera es que el volumen del TEVI a partir del sofisticado método de medición del área del AM (Vol MVQ) es el que mayor diferencia en ml (y peor resultado) tiene entre ambos tractos. Este hallazgo sugiere que cuanto mejor medimos el anillo mitral, mayor será la diferencia de volumen entre ambos tractos en corazones normales. Corroboramos este hallazgo que el área del AM por MVQ 3D es la que peor correlación tuvo con la ideal e hipotética AME.

El promedio de la medición del área durante la diástole del orificio mitral a 10,5 mm (8-12 mm) del plano más alto del AM tuvo una excelente correlación con la hipotética AME y la diferencia de volumen entre el volumen del TEVI basado en esta área y el TSVI ETE3D fue muy cercana a 0 ml. Estos hallazgos sugieren que el orificio mitral efectivo no está en el AM y que no es el área del AM donde deberíamos basar la medición del volumen del TEVI.

La segunda respuesta paradójica fue que, a pesar de la errónea medición del área del AM por ETT2D comparada con el ETE3D, la diferencia de volumen entre ambos tractos por ETT2D no fue tan mala. Cuanto más precisa es la medición del AM, más nos alejamos del orificio mitral efectivo, y a la inversa, cuanto más inexacta es la medición del AM, más nos acercamos al orificio mitral efectivo. La subestimación del área del AM por ETT2D *versus* el MVQ ETE3D en este estudio fue del 29% y, a su vez, el área por MVQ ETE3D sobrestima el orificio mitral efectivo (AME) en un 34%, error que acerca el ETT2D al orificio mitral efectivo. Es decir, considerar el anillo mitral para el cálculo de volumen del TEVI y además medirlo de manera inexacta es un doble error que se neutraliza parcialmente, y quizás explica su vigencia en la actualidad.

No se han encontrado trabajos de este tipo en la bibliografía con corazones sanos y ETE3D. La medición del AM para el cálculo de flujo del TEVI se ha cuestionado, y recientemente se publicó un promisorio trabajo con ETT3D color que mide el volumen de cada tracto en forma automática y simultánea en un solo latido. (10) Además, algunos autores recomiendan reemplazar el cálculo del AM para el volumen regurgitante por un híbrido ETT2D/3D (Vol efectivo 3D menos Vol TSVI por ETT2D). (11, 12) Esto demuestra que la atrayente cuantificación de la insuficiencia

mitral en todo el ciclo y no en un solo cuadro requiere nuevos desarrollos basados en eco 3D para obtener más exactas y a la vez prácticas mediciones del volumen del TEVI.

### Limitaciones

El presente es un estudio inicial con aplicación de tecnología sofisticada y con un número reducido de pacientes evaluados, que deben tomarse en cuenta al momento de la interpretación de los resultados. La VTI mitral se tomó siempre a nivel del plano del anillo por ETT2D 4 cámaras y podría variar si se toma a 1 cm del punto más alto del AM en sentido distal. Los estudios fueron realizados por un único operador entrenado y experimentado y por lo tanto no podemos sacar conclusiones acerca de variabilidad interobservador.

### CONCLUSIONES

Cuanto mejor es la técnica de medición del AM, más lejos estamos del orificio mitral efectivo. Paradójicamente, la subestimación del tamaño del AM por ETT2D disminuye la diferencia *versus* el AME ideal. A su vez, la medición del AM por ETE3D no debería emplearse en cálculos de flujo en el TEVI por sobrestimación de volumen. Y a pesar del resultado paradójico, tampoco por ETT2D por error del método. El área mitral a 1 cm del punto más alto del AM es la que más se acerca al orificio mitral efectivo. Estos hallazgos pueden explicar las discrepancias y la poca confiabilidad del método volumétrico por ETT2D para medir volumen regurgitante en la insuficiencia mitral. Futuras líneas de investigación podrán determinar si podremos aplicar este concepto en el cálculo del volumen regurgitante de la insuficiencia mitral.

### ABSTRACT

#### Where is the Effective Mitral Orifice? Echocardiographic Divergence Between Mitral Inflow Volume and Left Ventricular Outflow Tract Volume

#### Introduction

Two-dimensional transthoracic echocardiography (2DTTE) is not a reliable method for estimating regurgitant volume in mitral insufficiency due to inadequate measurement of the mitral annulus (MA). Three-dimensional transesophageal echocardiography (3DTEE) offers better tools for measuring the MA.

#### Objectives

The aim of this study was to compare the MA area and the difference in mitral inflow (MI) volume and left ventricular outflow tract (LVOT) volume determined by 2DTTE and 3DTEE in normal hearts, and to evaluate at what level of the mitral valve apparatus the mitral effective orifice is actually located.

#### Methods

A total of 13 consecutive and prospective patients with indication of transesophageal echocardiography (9 to rule out cardioembolic source and 4 due to febrile syndrome) were included in the study. Their mean age was 42 (29-47) years and 7 were women.

All the patients had normal 2DTTE, were in sinus rhythm and had normal blood pressure at the moment of the study. 2DTTE and 3DTEE were simultaneously performed. LVOT area and MA area were calculated by 2DTTE and 3DTEE. Mitral valve (MV) area distal to the MA was estimated by 3DTEE. Mitral inflow and LVOT volume were calculated as the product between the area and flow velocity time integral (VTI). The effective mitral valve area (EMVA) was hypothetically estimated by dividing the LVOT (3DTEE) volume by MI VTI.

### Results

Correlation (rs), concordance and 95% CI between MA area by 2DTTE vs. 3DTEE: 0.506, 1.97 (-0.40 to 4.34), EMVA vs. 3DTEE: 0.549, 2.41 (-4.03 to -0.79) and EMVA vs. MV at 11 mm (8-12) of the MA: 0.982, 0.079 (-0.26 to 0.42). The difference between MI volume and LVOT volume (ml) was: 2DTTE: 12.8 (7.5-19), 3DTEE: 32.8 (25.9-48) and 3DTEE (from the MV distal to the MA) 1.8 (1.25-3.6).

### Conclusions

The better the technique for measuring the mitral annulus, the farther we are from the mitral effective orifice. The mitral valve area measured at one centimeter of the highest point of the mitral annulus is the best approximation to the effective mitral orifice.

**Key words** > Echocardiography - Mitral Regurgitation - Three-dimensional Echocardiography

### Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Grayburn PA, Weissman NJ, Zamorano JL. Quantitation of mitral regurgitation. *Circulation* 2012;126:2005-17. <http://doi.org/q3v>
2. Grewal J, Suri R, Mankad S, Tanaka A, Mahoney DW, Schaff HV, et al. Mitral annular dynamics in myxomatous valve disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation* 2010;121:1423-31. <http://doi.org/d4p2m6>
3. Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ, Krohn MJ, Mays JM. Quantitative Doppler assessment of valvular regurgitation. *Circulation* 1993;87:841-8. <http://doi.org/q3w>
4. Topilsky Y, Michelena H, Bichara V, Maalouf J, Mahoney DW, Enriquez-Sarano M. Mitral valve prolapse with mid-late systolic mitral regurgitation: pitfalls of evaluation and clinical outcome compared with holosystolic regurgitation. *Circulation* 2012;125:1643-51. <http://doi.org/q3x>
5. Lombardero M, Boissonnet C, Perea G, Tinetti M. Análisis de la dinámica y geometría del anillo mitral por eco transesofágico 3D. *Rev Argent Cardiol* 2013;(Supl 4) Abstract.
6. Falconi M, Funes D, Arias A, Bagnati R, Jaimovich G, Giacomini ML y cols. Dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo durante el ciclo cardíaco evaluada con ecocardiografía tridimensional. *Rev Argent Cardiol* 2012;80:341-6. <http://doi.org/q3z>
7. Lombardero M, Tinetti M, Boissonnet C, Perea G. Análisis de la geometría y dinámica de la unión sino-tubular por eco transesofágico 3D y corazón estructuralmente normal. *Rev Argent Cardiol* 2013;(Supl 4) Abstract.
8. Silbiger JJ. Anatomy, mechanics, and pathophysiology of the mitral annulus. *Am Heart J* 2012;164:163-76. <http://doi.org/q32>
9. Sy Ho. Anatomy of mitral valve. *Heart* 2002;88(Suppl):IV5-10. <http://doi.org/fbm4j8>

10. Thavendiranathan P, Liu S, Datta S, Walls M, Nitinunu A, Van Houten T, et al. Automated quantification of mitral inflow and aortic outflow stroke volumes by three-dimensional real-time volume color-flow Doppler transthoracic echocardiography: comparison with pulsed-wave Doppler and cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:56-65. <http://doi.org/ft655q>
11. Thavendiranathan P, Phelan D, Thomas JD, Flamm SD, Marwick TH. Quantitative assessment of mitral regurgitation: validation of new methods. *J Am Coll Cardiol* 2012;60:1470-83. <http://doi.org/f2fp6t>
12. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:3-46. <http://doi.org/dt5z3f>