

## Archivos de Cardiología de México

Volumen **74**  
Volume

Suplemento **1**  
Supplement




Enero-Marzo **2004**  
January-March

*Artículo:*

### Indicaciones e información de la ecocardiografía tridimensional

Derechos reservados, Copyright © 2004  
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

Otras secciones de  
este sitio:

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

*Others sections in  
this web site:*

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)

## *Indicaciones e información de la ecocardiografía tridimensional*

Francisco Javier Roldán,\* Jesús Vargas Barrón\*

### Resumen

La ecocardiografía tridimensional está ocupando un lugar cada vez más destacado dentro del arsenal diagnóstico cardiovascular. Este estudio proporciona en forma sencilla un nuevo punto de vista, tanto dinámico como funcional, de la anatomía cardíaca y del árbol vascular. En este artículo se describen sus principios, se discuten sus indicaciones y se delimita su lugar dentro de la clínica. También se definen las capacidades del estudio, sus ventajas en relación con otros métodos de imagen, su situación actual y, por supuesto, sus propias limitaciones.

**Palabras clave:** Ecocardiografía. Ecocardiografía tridimensional. Revisión.

**Key words:** Echocardiography. Three-dimensional echocardiography. Review.

### Summary

#### INDICATIONS AND INFORMATION FOR THREE DIMENSIONAL ECHOCARDIOGRAPHY

Three-dimensional echocardiography is becoming an important tool within the diagnostic arsenal in cardiovascular diseases. This study provides, in an easy way, a new dynamic and functional point of view of the anatomy of the heart and of the vascular tree. This review describes its principles, discusses its indications, and its place within clinical evaluations. Its capabilities. Advantages in relation with other imaging methods, its current situation and, of course, its own limitations are also commented.

### Introducción

**A**unque continúa siendo una técnica novedosa y con un bajo grado de utilización en la práctica clínica, la ecocardiografía tridimensional (E3D) ha cumplido ya 20 años de desarrollo. De éstos, los últimos han sido sin duda los más intensos debido a la aparición de dispositivos informáticos más poderosos que hacen posible, incluso, la obtención de imágenes tridimensionales en tiempo real. A pesar de que este estudio, en sus diferentes variantes, ha superado en forma holgada el terreno experimental y que cuenta con unas innegables ventajas teóricas y prácticas, su introducción dentro del arsenal terapéutico cardiovascular está siendo lenta y difícil. En el siguiente texto intentaremos dar una visión global del método, hablar de sus capacidades, de sus limitaciones y de su situación actual.

### Justificación

En términos generales, y más en medicina, todo avance tecnológico suele responder a una necesidad práctica. ¿Cuáles son las ventajas teóricas que ofrece el poder visualizar tridimensionalmente las imágenes planares?

Aunque toda la información morfológica obtenible mediante ultrasonido se encuentra ya en las imágenes bidimensionales, el poder ver las estructuras en forma tridimensional facilita el proceso mental que requiere su comprensión. Esto nos ofrece, sin duda, una mejor y más objetiva visión morfológica de las diferentes regiones cardíacas y nos facilita el proceso de compartir la información.

Una de las limitaciones de la ecocardiografía convencional a la hora de realizar mediciones, tanto anatómicas como volumétricas, es la de tener que asumir la geometría de la cavidad. Con

\* Departamento de Ecocardiografía del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" de México.

Correspondencia: Dr. Francisco Javier Roldán. Dpto. de Ecocardiografía. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" (INCICH, Juan Badiano No. 1 Col. Sección XVI, Tlalpan 14080 México, D.F.). E-mail: roldan@cardiologia.org.mx

los estudios tridimensionales esta limitación desaparece y permite, incluso, calcular masas y volúmenes de cavidades o estructuras con geometría compleja como son la del ventrículo derecho, la de los tumores cardíacos, la de ambas aurículas o la de los aneurismas ventriculares. La capacidad que se ofrece en este método de realizar cortes planares y proyecciones diferentes de las convencionales (ya sea desde una aproximación transtorácica o transesofágica) va a lograr que esta técnica ocupe a corto plazo un lugar relevante en el diagnóstico morfológico no invasivo de las cardiopatías congénitas. El hecho de poder estudiar el corazón desde cualquier ángulo, aunado a la posibilidad de segmentar las imágenes aislando las regiones de mayor interés (*Fig. 1*), puede ser de gran utilidad a la hora de definir, en caso necesario, la estrategia intervencionista o la técnica quirúrgica apropiada.

En forma esquemática podremos enumerar las ventajas de la E3D con relación a los estudios bidimensionales convencionales de la siguiente manera:

1. Tiene la capacidad de visualizar las imágenes ecocardiográficas desde un punto de vista más comprensible y anatómico.
2. Permite obtener una base de datos estandarizada y completa del paciente. En los estudios bidimensionales las imágenes son selecciones arbitrarias dependientes de operador. En la base de datos tridimensional cualquier observador independiente puede obtener nuevos planos de corte, lo que hace más objetivo su análisis.
3. Tiene la capacidad de obtener imágenes de patologías complejas en vistas volumétricas y anatómicas, así como imágenes seccionales independientemente de la posición del transductor a la hora de adquirir las imágenes.
4. Comparada con otras técnicas de imagen utilizadas en el diagnóstico cardiovascular y que proporcionan una información de similares características, la E3D tiene la ventaja de poder ser realizada a la cabecera del paciente evitando traslados. Por otro lado el equipo es relativamente más sencillo y económico y la información requerida se obtiene en lapsos más cortos de tiempo.
5. Posibilita el calcular volúmenes y masas sin la necesidad de asumir geometrías, obteniendo una excelente correlación con angiografía y RMN.

## Métodos

Desde un punto de vista técnico, la tridimensionalidad se obtiene mediante la adición y orientación espacial de cortes tomográficos (bidimensionales) obtenidos a través del movimiento controlado de transductores convencionales o, en tiempo real, a través de otros transductores especialmente diseñados. Es una técnica, por tanto, que ofrece nuevos aspectos de interés sin perder ninguna de las ventajas que la ecocardiografía posee con relación a otras técnicas de imagen.

Para la reconstrucción tridimensional de una estructura partiendo de imágenes planares es necesario contar con un programa informático adecuado que controle el movimiento de un transductor (transtorácico o transesofágico) y capture las imágenes bidimensionales en sincronía con el ciclo cardíaco y los movimientos respiratorios. Estas imágenes, una vez distribuidas espacialmente y conjuntadas entre sí mediante programas de cómputo serán las que nos proporcionen una visión en tres dimensiones de la región anatómica seleccionada.

Existen ecocardiógrafos que tienen la capacidad de adquirir de manera independiente una base de datos y almacenarla en un soporte físico. Esta base de datos deberá ser procesada en forma diferida ("off-line") en un sistema informático compatible que transformará los "pixels" rectangulares de las imágenes planares en "voxels" con forma de prisma. El espacio entre las imágenes planares es regulable durante el proceso de adquisición y dependerá de la necesidad de obtener un mayor o menor detalle morfológico. De esta manera, en el estudio de estructuras de pequeño tamaño como la orejuela auricular izquierda se requerirá una separación mínima entre las diferentes imágenes planares lo que, por otro lado, prolongará el tiempo de adquisición.<sup>1</sup>

En la actualidad, gracias a los trabajos de Von Ramm en la Universidad de Duke, existe la capacidad de visualizar imágenes tridimensionales en tiempo real ("on-line") mediante el uso de transductores especiales compuestos por múltiples fases alineadas (*Fig. 1*). También se han desarrollado sistemas que posibilitan la adquisición de imágenes bidimensionales de los flujos Doppler y que permiten la reconstrucción tridimensional de los mismos para el estudio de su morfología, dinámica y volumen.

## Limitaciones

La reconstrucción tridimensional de estructuras cardíacas partiendo de imágenes bidimensiona-

les no es una técnica libre de limitaciones. Su interpretación requiere de tiempo, entrenamiento<sup>2</sup> y conocimiento profundo de la anatomía dinámica cardiovascular.

En los estudios “diferidos”, es decir, en los que se necesitan capturar una base de datos para después procesarlos en una unidad de cómputo independiente, el tiempo de adquisición puede oscilar entre los 2 y los 20 minutos. El tiempo de adquisición dependerá del número de imágenes, de su densidad espacial y de la regularidad de las frecuencias cardíaca y respiratoria del paciente. Los tiempos de adquisición prolongados pueden representar un serio problema durante las adquisiciones transesofágicas. Durante este tiempo cualquier variación en la orientación del transductor se traduce en reconstrucciones de poca calidad y sin utilidad práctica. Para una adecuada adquisición se requiere de una ventana acústica en la que la imagen no se pierda durante el recorrido del transductor. También es importante la cooperación o sedación del paciente, lo que puede resultar especialmente problemático durante los estudios en pacientes pediátricos. Además, y en este mismo tipo de modalidad, aunque la adquisición de las imágenes es un proceso informatizado independiente de operador, el procesamiento de imágenes requiere ajustar en forma manual la interfase entre estructuras sólidas y líquidas. Un ajuste inapropiado puede conducir a la creación de artefactos o a la desaparición en la imagen final de estructuras cardíacas reales.

Con el advenimiento de los equipos tridimensionales en tiempo “real”, la adquisición de las bases de datos completa no lleva más de 4 a 7 latidos consecutivos, desapareciendo de esta manera la limitante del tiempo de obtención de imágenes y disminuyendo enormemente la posibilidad de artefactos de movimiento. Sin embargo, las mediciones fisiológicas que se pueden realizar a través de los estudios de tiempo real son por el momento limitadas.

### Situación actual

Resultado del enorme interés que ha despertado esta nueva técnica, durante los últimos años han aparecido en la literatura internacional numerosas experiencias clínicas relacionadas con la E3D. Debido a su capacidad para definir detalles morfológicos con gran exactitud (en particular las aproximaciones transesofágicas) y al apoyo invaluable que esto puede suponer para el cirujano o el hemodinamista, las principales publicaciones se han dirigido en este sentido. Otro aspecto que

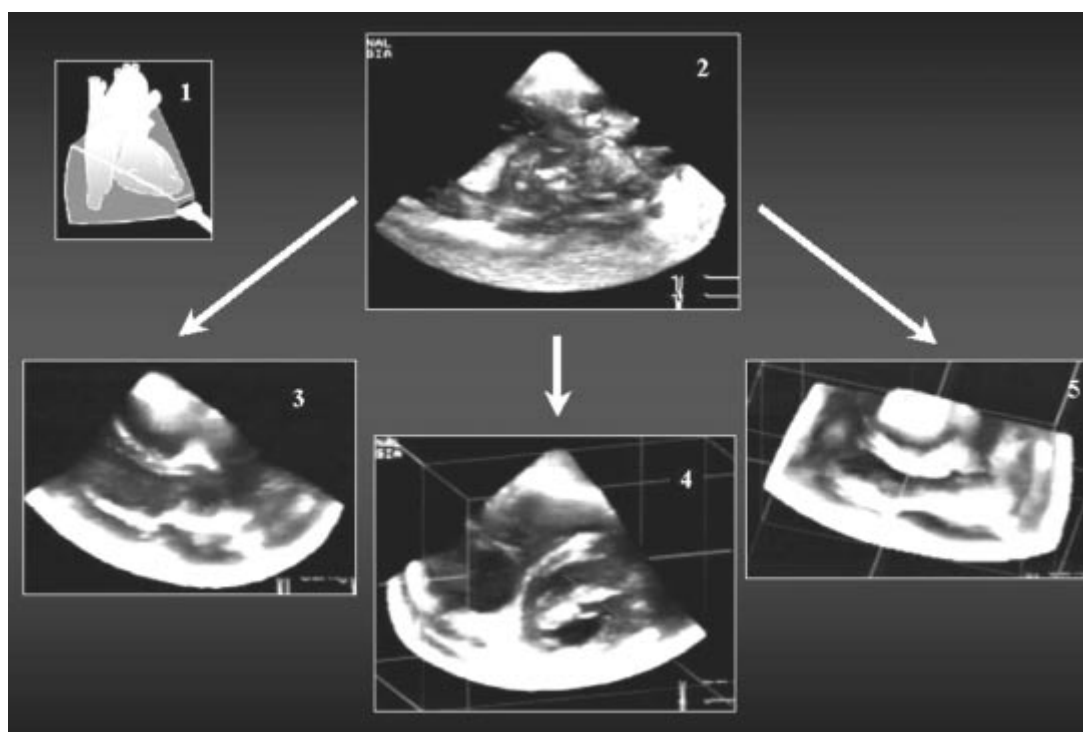
ha interesado a los investigadores es la posibilidad de realizar mediciones de estructuras cardíacas sin la necesidad de asumir su geometría, práctica habitual en la ecocardiografía bidimensional. A este respecto ya ha sido validada su utilidad en las mediciones de áreas, volúmenes, masa miocárdica y función ventricular.<sup>3</sup>

La E3D cada vez ocupa un lugar más relevante en la valoración de cardiopatías congénitas. Las comunicaciones interatriales (*Fig. 2*), los defectos del drenaje venoso,<sup>4</sup> el estudio de los remanentes embrionarios<sup>5,6</sup> y las comunicaciones interventriculares, pueden ahora ser definidas tanto en su morfología tridimensional como en su dinámica durante el ciclo cardíaco. Esta nueva información puede resultar de gran ayuda a la hora de definir una aproximación terapéutica, quirúrgica o percutánea. Por otro lado, la posibilidad de realizar “cardiotomías electrónicas” puede resultar de gran ayuda en la docencia y aprendizaje de la anatomía cardíaca, ya sea normal o patológica.

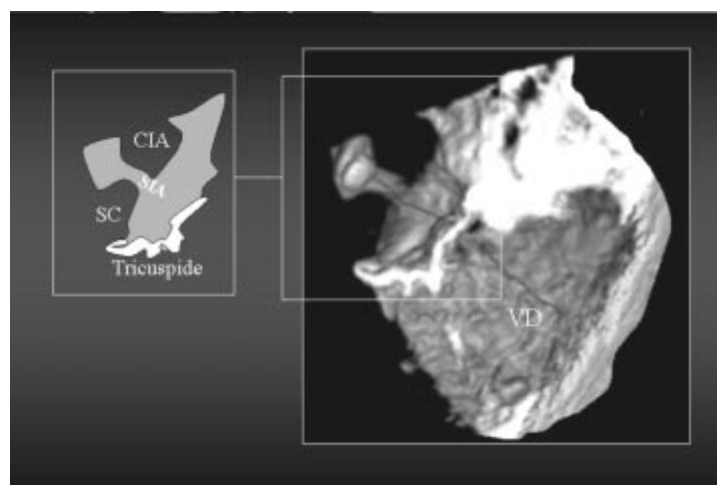
Con respecto al estudio morfológico y funcional de las diferentes estructuras valvulares la E3D está abriendo un interesante campo de investigación. A este respecto ha demostrado ser capaz de definir detalles anatómicos importantes tanto en la patología mitral<sup>7</sup> como en la aórtica. Su uso puede orientar tanto a la posible etiología<sup>8</sup> como al tipo de tratamiento y, si este es el caso, a la técnica quirúrgica específica.

La cardiopatía isquémica ocupa un amplio e importante terreno dentro de la cardiología. También aquí la E3D promete ser una herramienta importante a la hora de definir tanto diagnósticos,<sup>9</sup> como a la de establecer el pronóstico. Debido a su capacidad de determinar la masa miocárdica se está investigando su utilidad a la hora de cuantificar la cantidad de tejido afectada en un infarto. En relación con la ecocardiografía de contraste, nos permitirá ver de manera dinámica áreas perfundidas o no, cuantificar su masa con relación a la masa miocárdica total y valorar la relación perfusión-función del tejido. Los estudios de ecocardiografía tridimensional en tiempo real (“on-line”) tendrán especial interés a este respecto.

El conseguir una imagen mental aproximada de la disposición espacial y dinámica del endotelio vascular en presencia de disección aórtica es un reto para el ecocardiografista y el cirujano cuando se basan solamente en las imágenes planares. La tomografía helicoidal nos ayuda a este respecto pero con las limitaciones de tener que tras-



**Fig. 1.** La ecocardiografía tridimensional en tiempo real se basa en la capacidad de un transductor especialmente diseñado (1) en tomar toda una base de datos en forma piramidal (2) en vez de las imágenes planares de los estudios convencionales. Dentro de esta estructura se encuentra toda la información morfológica del corazón y de ella se pueden obtener todos los cortes ecocardiográficos, tanto convencionales como no convencionales (3, 4 y 5), que consideremos necesarios.



**Fig. 2.** Imagen obtenida mediante ecocardiografía tridimensional transesofágica, en forma diferida (“off-line”), en la que se muestra la región derecha del *septum* interauricular (SIA) y de las porciones basales del *septum* interventricular. En el *septum* interauricular se aprecian dos grandes orificios. El primero de ellos corresponde a una comunicación interauricular tipo *ostium secundum* (CIA). El segundo es la desembocadura del seno coronario (SC) patológicamente dilatado por recibir en forma anómala y completa el drenaje de las venas pulmonares.

lador a un enfermo en estado crítico y tenerlo relativamente aislado durante la obtención del estudio. La E3D es capaz de mostrar el endotelio vascular con gran detalle, a la cabecera del enfermo y en un tiempo menor.

**Discusión**

Como se desprende de la extensa literatura publicada en relación con la E3D, se trata de un método que despierta un gran interés y que ha superado ampliamente el terreno experimental. Ha demostrado en poco tiempo que se trata de un complemento diagnóstico de gran valor a pesar de lo cual es evidente su infrautilización en la práctica cardiológica.

Cualquiera de las dos modalidades disponibles en la actualidad para la obtención y procesamiento de las imágenes (los métodos “diferidos” y “en tiempo real”) se encuentran a un grado de desarrollo más que suficiente para ser aplicados. ¿Por qué entonces le está costando tanto trabajo a la E3D encontrar un lugar definido dentro de la es-

trategia diagnóstica cardiovascular? En primer lugar, la capacidad de la ecocardiografía bidimensional es uno de los principales motivos que limitan la expansión de los estudios tridimensionales. Su competencia es tan amplia que resuelve la mayoría de las dudas diagnósticas que se pueden resolver con ultrasonido. A este respecto conviene señalar que al igual que las imágenes bidimensionales no acabaron con los estudios en Modo M, la E3D no sustituye a los estudios 2D, más bien ha venido a complementarlos.

Hasta el momento no existen indicaciones establecidas para el uso de la E3D y ningún comité de expertos se ha reunido para evaluar las capacidades de este estudio diagnóstico y determinar sus indicaciones. En la actualidad su indicación viene determinada por su capacidad diagnóstica, la necesidad clínica, el razonamiento médico y el conocimiento del estudio que tenga el cardiólogo ecocardiografista.

Otra de las causas que convierten a esta técnica en herramienta utilizada casi en exclusividad por los centros que se dedican a la investigación y al desarrollo, es la necesidad de un entrenamiento especial, tanto para la obtención del estudio como para

su correcta interpretación. Aunque para el personal ya entrenado en los estudios convencionales el desarrollar esta nueva destreza no debe ser un proceso excesivamente complicado, el entrenamiento formal en esta disciplina no está regulado.

El costo de un estudio 3D no es elevado, y resulta mucho más económico para el tipo de información que proporciona que otros estudios de imagen cardiovascular. Sin embargo, hasta que la población de cardiólogos no aprecie las nuevas cualidades de esta técnica, cualquier costo parecerá excesivo.

### Conclusiones

La E3D ha alcanzado el grado de desarrollo suficiente para ocupar un lugar relevante en la práctica cardiológica actual. Dependiendo de las mejoras adicionales en el "software" para la reconstrucción, el análisis cuantitativo y la adquisición de imágenes, así como de los resultados de los estudios clínicos y los de costo-beneficio, la ecocardiografía dinámica tridimensional puede, en un futuro, constituirse en una aproximación ecocardiográfica rutinaria en el diagnóstico cardiovascular.

### Referencias

1. ROLDÁN FJ, VARGAS-BARRÓN J, LOREDO MENDOZA L, ROMERO-CÁRDENAS A, ESPINOLA-ZAVALA N, BARRAGÁN R, MAGLOIRE P: *Anatomic correlation of left atrial appendage by three-dimensional echocardiography*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 941-944.
2. ESPINOLA-ZAVALA N, ROLDÁN FJ, YÁÑAC-CHÁVEZ P, ROMERO-CÁRDENAS A, VARGAS-BARRÓN J: *Ecocardiografía tridimensional: Técnica, aplicaciones clínicas y perspectivas*. Arch Cardiol Mex 2001; 71(1): 88-95.
3. NOSIR YF, FIORETTI PM, VLETTER WB, BOERSMA E, SALUSTRI A, POSTMA JT, ET AL: *Accurate measurement of left ventricular ejection fraction by three-dimensional echocardiography. A comparison with radionuclide angiography*. Circulation 1996; 94: 460-466.
4. VARGAS-BARRÓN J, ESPINOLA-ZAVALA N, ROMERO-CÁRDENAS A, ROLDÁN FJ, KEIRNS C, HERNÁNDEZ-REYES P, ET AL: *Two- and Three-Dimensional Echocardiographic Unroofed Coronary Sinus*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 742-4.
5. ROLDÁN FJ, VARGAS-BARRÓN J, ESPINOLA-ZAVALA N, ROMERO-CÁRDENAS A, KEIRNS C, VÁZQUEZ-ANTONA C, HERNÁNDEZ JP: *Cor triatriatum dexter: Transesophageal echocardiographic diagnosis and 3-dimensional reconstruction*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 634-6.
6. ROLDÁN FJ, VARGAS-BARRÓN J, ESPINOLA-ZAVALA N, ROMERO-CÁRDENAS A, VÁZQUEZ-ANTONA C, BURGUEÑO GY, ET AL: *Three-dimensional echocardiography of the right atrial embryonic remnants*. Am J Cardiol 2002; 89(1): 99-101.
7. ROLDÁN FJ, VARGAS-BARRÓN J, ROMERO-CÁRDENAS A, KEIRNS C, ESPINOLA-ZAVALA N, VÁZQUEZ-ANTONA C, MARTÍNEZ-RÍOS MA: *Three dimensional reconstruction of heart defects associated with Williams-Beuren syndrome*. Echocardiography, en prensa.
8. ESPINOLA-ZAVALA N, AMIGO MC, VARGAS-BARRÓN J, KEIRNS C, ROMERO-CÁRDENAS A, ROLDÁN J: *Two- and three-dimensional echocardiography in primary antiphospholipid syndrome: misdiagnosis as rheumatic valve disease*. Lupus 2001; 10: 511-513.
9. VARGAS-BARRÓN J, ROLDÁN FJ, ROMERO-CÁRDENAS A, ESPINOLA-ZAVALA N, KEIRNS C, GONZÁLEZ-PACHECO H: *Two- and three dimensional transeophageal echocardiographic diagnosis of intramyocardial dissecting hematoma after myocardial infarction*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14(6): 637-40.