



EDITOR INVITADO

## ESTADO ACTUAL EN EL DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DE CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS

### *ACTUAL STATE OF IMAGING DIAGNOSIS IN CONGENITAL CARDIOPATHIES*

*Las enfermedades cardiacas congénitas pueden diagnosticarse a través de diferentes procedimientos, tales como ecocardiografía bidimensional transtorácica y transesofágica, ecocardiograma fetal, cateterismo cardiaco, ecocardiografía tridimensional, tomografía computarizada helicoidal tridimensional o resonancia magnética.*

*Algunas anomalías cardiacas son de tal complejidad que se hace necesaria la utilización de métodos diagnósticos complementarios que den una mayor orientación espacial de las estructuras con carácter tridimensional y su relación con sistemas adyacentes, de modo que la patología se pueda entender e interpretar de manera exacta antes de hacer una corrección quirúrgica. De igual manera, al tratarse de métodos de reciente desarrollo, es importante encontrar un equilibrio entre el desarrollo académico y la disponibilidad de esta tecnología como una alternativa frente a las opciones convencionales en la fase diagnóstica.*

*Las imágenes tridimensionales, junto con la tomografía helicoidal computarizada, prometen generar una revolución en el diagnóstico de las cardiopatías congénitas con el fin de permitir la obtención de información cada vez más confiable y de mejor calidad, de modo que las conductas a seguir sean las más acertadas.*

*Con este acercamiento inicial hacia estos nuevos métodos diagnósticos en cardiopatías congénitas, me propongo evaluar las posibilidades que en este momento se imponen como métodos complementarios a los actuales.*

### **Ecocardiografía tridimensional transtorácica en tiempo real**

*Si se hace un paralelo con la ecografía bidimensional, la cual exige al ecocardiografista la interpretación de las imágenes bidimensionales obtenidas en diferentes planos, actualmente el ecocardiograma tridimensional permite adquirir imágenes en tres dimensiones (3D), para acceder así a una mejor comprensión e interpretación de las condiciones fisiológicas y anatómicas cardiacas, de modo que el margen de error de interpretación inter-observador disminuye de manera notable (1).*

Los primeros equipos con ecocardiografía tridimensional no permitían un estudio en tiempo real; los movimientos respiratorios generaban interferencias, lo cual dificultaba el procedimiento y se requería un posterior reprocesamiento y reconstrucción de las imágenes, de tal modo que estos estudios quedaron restringidos sólo al área investigativa.

Hoy sí existe una nueva ecocardiografía tridimensional en tiempo real, basada en el scanning volumétrico, a diferencia de la reconstrucción de imágenes adquiridas utilizadas por la resonancia magnética y la tomografía computarizada.

En los defectos septales interauriculares, el ecocardiograma tridimensional deja ver esta anomalía tanto desde la aurícula izquierda como de la derecha, y permite una mejor orientación espacial del defecto, así como ver con precisión los bordes y el tamaño del mismo. La medida exacta del defecto es importante para determinar el dispositivo que se usará en el cierre percutáneo. Al evaluar los ecocardiogramas transesofágicos bidimensional y tridimensional, se encontró que el 3DTEE es un mejor método para determinar el diámetro exacto del defecto, particularmente en defectos septales asimétricos. Además, el diámetro obtenido tenía mejor correlación con el determinado de manera invasiva (2).

Con las nuevas técnicas de cierre percutáneo de los defectos septales interventriculares, se convierte en un método útil para obtener información precisa acerca de la medida y localización de los mismos, permitiendo la mejor indicación quirúrgica o intervencionista para cada paciente en particular.

En los pacientes con valvulopatía mitral y tricúspide se obtuvieron mejores resultados en la determinación del área valvular por planimetría, una mejor visualización de la anatomía comisural y subvalvular y por lo tanto, una mejor ayuda al cirujano en la planeación y realización del procedimiento quirúrgico en la ecocardiografía transtorácica tridimensional, frente a la ecocardiografía transtorácica bidimensional (2, 3).

En los pacientes con bioprótesis valvulares, mitral y aórtica fue posible determinar la ubicación, el tamaño y los contornos de la unión paravalvular, su relación con las estructuras adyacentes y los escapes a través de la misma, así como evaluar la posibilidad de emplear un dispositivo para el cierre percutáneo. En los casos de prótesis valvulares mecánicas no es muy útil por la limitación natural del ultrasonido con el metal.

En otras cardiopatías complejas tales como defecto septal atrioventricular, hendidura mitral, (Figura 1), straddling de las cuerdas tendinosas, enfermedad de Ebstein, anillo supramitral, aneurismas del seno de Valsalva, doble salida ventricular derecha y corazones univentriculares se obtuvieron datos adicionales que aportaron mejor orientación espacial de las estructuras anatómicas y permitieron optimizar la planeación del procedimiento quirúrgico (2-4).

### **Tomografía computarizada helicoidal tridimensional**

La tomografía computarizada helicoidal tridimensional con angiografía, aporta información clara de la anatomía vascular extracardiaca en pacientes pediátricos con enferme-

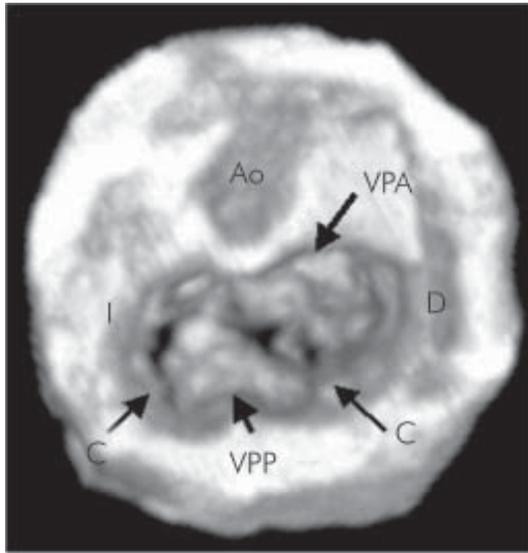


Figura 1a

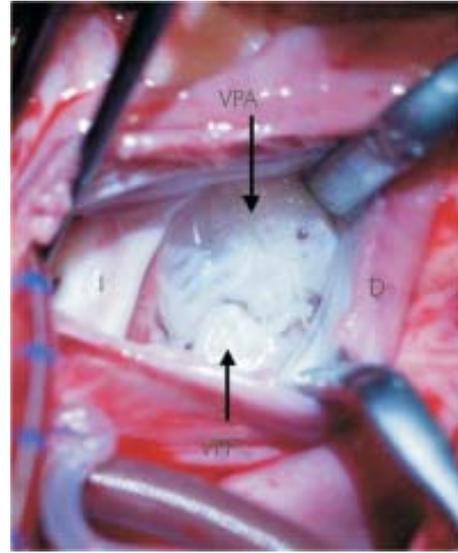


Figura 1b

**Figuras 1 a y b.** a. Imagen de ecocardiograma tridimensional de válvula atrio-ventricular. Ao: aorta, VPA: válvula puente anterior, VPP: válvula puente posterior, I: izquierdo, D: derecho, C: cleft (hendidura). b. Imagen intraoperatoria de válvula atrio-ventricular. VPA: válvula puente anterior, VPP: válvula puente posterior, I: izquierdo, D: derecho.

dades congénitas complejas. Puede estar indicada como un método alternativo al cateterismo cardiaco y la angiografía cuando la ecocardiografía bidimensional no da la suficiente información anatómica.

Las estructuras intracardiacas no se visualizan claramente con este método debido a que los movimientos respiratorios y la rápida frecuencia cardiaca en lactantes y neonatos, impiden ver las paredes ventriculares.

En patologías tales como anomalías del arco aórtico (anillos vasculares, interrupción del arco aórtico), transposición de las grandes arterias, síndrome de corazón izquierdo hipoplásico y truncus arterioso se visualizó claramente la ubicación espacial de las grandes arterias y su relación con las estructuras adyacentes (5, 6).

En coartación de aorta puede aclarar la longitud del segmento hipoplásico; en la interrupción del arco aórtico, la distancia entre la aorta proximal y distal y su relación espacial con las arterias pulmonares; en el neonato con síndrome de corazón izquierdo hipoplásico puede mostrar la relación entre la aorta ascendente hipoplásica, ductus arterioso grande y ramas pulmonares; en el truncus arterioso, el origen de las arterias pulmonares; en la transposición de las grandes arterias, el tamaño y la relación de las mismas (7, 8).

El estudio permite una reconstrucción del árbol tráqueo-bronquial, puede mostrar estenosis bronquial, alteración en la segmentación de los bronquios (Figuras 2 a, b y c), la cual se puede presentar en anillos vasculares más frecuentemente en el sling de la arteria pulmonar (Figuras 3 y 4) y tetralogía de Fallot con agenesia de la válvula pulmonar (6).

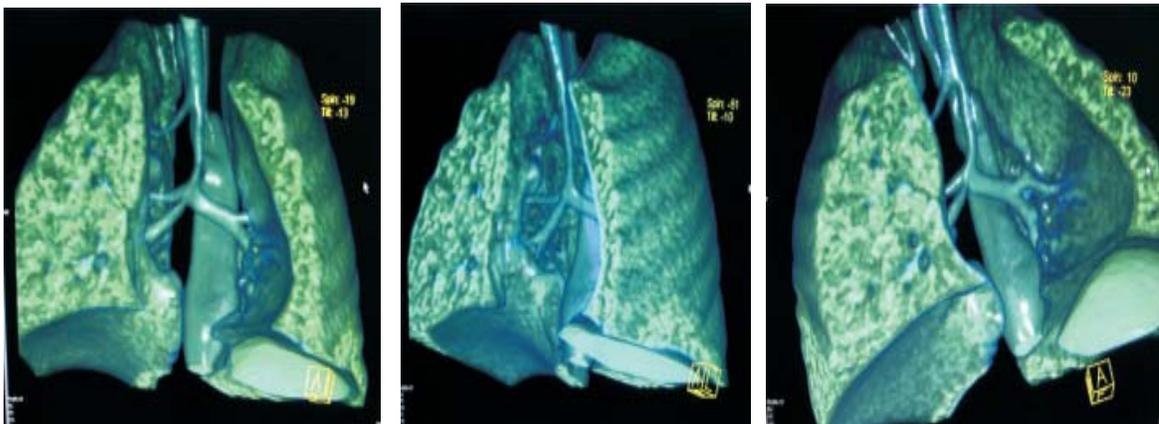


Figura 2a

Figura 2b

Figura 2c

Figuras 2 a, b y c. Tomografía axial computarizada helicoidal de vía aéreas, que muestra alteración en la segmentación del bronquio derecho.

*En el sling de la arteria pulmonar permite identificar la relación de la estructura vascular anómala con la tráquea y el esófago, mostrando la indentación anterior que produce sobre este último (Figura 5).*

*En la atresia pulmonar con comunicación interventricular permite evaluar el tamaño de la arteria pulmonar y sus ramas. De igual forma, las colaterales aorto-pulmonares, el origen y la localización exacta de la fístula de Blalock-Taussig, y su relación con estructuras adyacentes.*

*En las conexiones venosas pulmonares anómalas permite ver con claridad el curso, la longitud y las áreas de estenosis del colector venoso.*

*Puede entonces concluirse que la tomografía axial computarizada con angiografía helicoidal tridimensional, es una herramienta más en el diagnóstico y evaluación de anomalías extracardíacas en pacientes pediátricos con cardiopatías complejas como un método alternativo a la angiografía y otras técnicas no invasivas. El riesgo de exposición a la radiación del examen y la múltiple exposición que puede necesitarse para pacientes con cardiopatías congénitas complejas, hacen necesaria la evaluación previa a la recomendación rutinaria de esta técnica (7-9).*

### **Resonancia magnética**

*La resonancia magnética también permite observar estructuras extracardíacas. Estas imágenes tienen mejor resolución que la tomografía computarizada, no se requiere un contraste intravascular y puede mostrar cortes bidimensionales y algunos planos angulados sin radiación ionizada. Sin embargo, su desventaja es que los neonatos y lactantes siempre requieren anestesia general para llevar a cabo el estudio, a diferencia de la tomografía axial computarizada helicoidal con angiografía, en la cual no siempre es necesaria y puede realizarse más rápidamente o bajo sedación con hidrato de cloral (10).*



Figura 3. Tomografía axial computarizada de tórax que muestra sling de la arteria pulmonar izquierda en un niño de cinco años de edad.

Las imágenes de resonancia magnética pueden definir claramente las características principales de la aurícula derecha, la aurícula izquierda, los ventrículos y las relaciones aurículo-ventriculares y ventrículo-arteriales. De igual forma, ayuda en la determinación del situs, mediante el análisis de la morfología auricular y el situs pulmonar, de acuerdo con la morfología bronquial; éste se caracteriza por tener el bronquio izquierdo con mayor longitud desde la bifurcación traqueal antes de dividirse. La arteria pulmonar izquierda se ubica sobre el bronquio izquierdo y el bronquio derecho tiene un trayecto más corto, con la arteria pulmonar derecha localizada anterior y ligeramente inferior al bronquio derecho (11).

La resonancia permite evaluar características anatómicas de la válvula aórtica, el tamaño del anillo y la distribución de los senos aórticos de Valsalva.

La coartación de aorta puede visualizarse perfectamente con imágenes de resonancia magnética en la cual se muestran la localización y longitud del segmento coartado así como la presencia de circulación colateral (Figura 6).

También es útil en el seguimiento de pacientes sometidos a dilatación con balón y corrección quirúrgica de la coartación, para evaluar la presencia de estenosis residual o dilataciones aneurismáticas.

La resonancia magnética complementa el examen ecocardiográfico que puede ser limitado para la evaluación de arterias pulmonares en anomalías tales como el sling de la arteria pulmonar, el origen anormal de las ramas pulmonares, el tamaño, la confluencia y las características de las arterias pulmonares periféricas. Pero la presión arterial pulmonar no se obtiene en forma confiable y precisa, como aquella que se logra a través del cateterismo, dato que

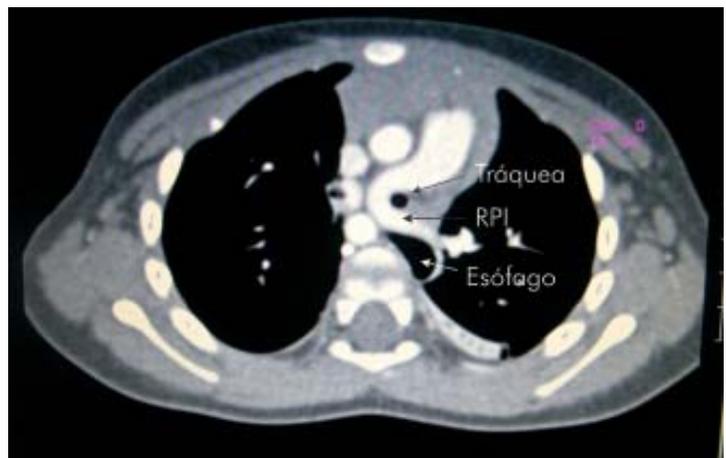


Figura 4. Reconstrucción tridimensional de tomografía axial computarizada helicoidal que muestra sling de la arteria pulmonar izquierda en un niño de cinco años de edad.



Figura 5. Tomografía axial computarizada de tórax que muestra indentación anterior del esófago por arteria pulmonar izquierda aberrante.

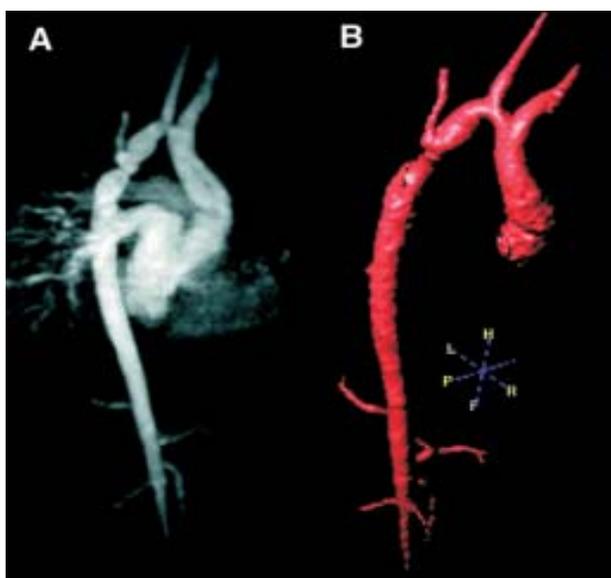


Figura 6. Resonancia magnética de imágenes que muestran coartación de aorta.

visualizarse mejor que las estructuras intracardiacas. Sin embargo, a pesar de generar imágenes de buena calidad, la demora en la adquisición de las imágenes y la distorsión de las imágenes cardiacas en movimiento son sus desventajas.

### Ecocardiografía fetal tridimensional

La ecocardiografía bidimensional y el Doppler han hecho posible el diagnóstico de enfermedades congénitas cardiacas. Hoy, el ecocardiograma fetal es una práctica indicada en

puede ser muy importante y definitivo para tomar una decisión quirúrgica (11-13).

En los defectos septales auriculares y ventriculares, la resonancia magnética puede demostrar la presencia de un defecto septal, su localización y su asociación con otros defectos como anomalías en el retorno venoso pulmonar. Con la técnica de resonancia magnética usando gradiente reverso, se puede evaluar el cortocircuito a través del defecto; la administración de gadolinium intravenoso puede ayudar a detectar cortocircuitos más pequeños. La sensibilidad de la resonancia magnética es del 97% y la especificidad del 90% para estos casos (11, 12).

La utilidad de la resonancia magnética para el diagnóstico de enfermedades cardiacas congénitas, se basa en experiencia clínica adquirida en las dos últimas décadas, pero la disponibilidad oportuna del estudio hace que su realización se considere ante defectos menores.

La resonancia magnética es un examen complementario en el estudio ecocardiográfico para pacientes pediátricos y adultos con cardiopatías congénitas y dado que tiene menor morbilidad, podría en algunos casos reemplazar el cateterismo cardiaco con angiografía.

La resonancia magnética también se ha utilizado en fetos para evaluar estructuras extracardiacas que pueden

fetos con riesgo de enfermedad cardiaca y podría volverse una práctica de rutina en la evaluación prenatal de todos los fetos, debido a la proporción significativa de cardiopatías congénitas en fetos sin factores de riesgo.

Dado que la intervención quirúrgica cardiaca fetal es una posibilidad en el futuro para la corrección de algunas cardiopatías que puedan generar muerte in-útero, este estudio se convierte en una herramienta importante para definir estas conductas (14-17).

Los avances tecnológicos en relación con los equipos y la tecnología utilizada son evidentes. Los transductores actuales producen mejores imágenes y resolución de las mismas. Las imágenes con armónica tisular optimizan la resolución en fetos con pobre calidad de imagen debido a las limitaciones de la ventana acústica por posición fetal, placentaria, oligohidramnios y edad gestacional avanzada entre otras (16).

Los avances del ultrasonido permiten detectar, con estudios transabdominales, cardiopatías congénitas de manera temprana entre las 13 y 15 semanas de gestación, aunque en etapas tempranas la especificidad y sensibilidad suelen ser menores.

La aplicación de nuevas tecnologías en el ecocardiograma fetal tales como las imágenes tridimensionales y las imágenes con Doppler color tisular que permiten visualizar el movimiento cardiaco, prometen un avance importante en la evaluación de cardiopatías congénitas, ya que ofrecen ventajas sobre el ecocardiograma bidimensional convencional, al adquirir datos volumétricos en pocos segundos desde una sola ventana tridimensional, y a su vez facilitar la visualización de imágenes en cuatro cámaras y tractos de salida, con mejor interpretación y comprensión de las imágenes ecocardiográficas fetales.

Las imágenes pueden tomarse de dos formas: primero, por reconstrucción computarizada de una serie de imágenes bidimensionales, por rápido barrido a través del corazón, pero debido a su lenta adquisición de datos y manipulación durante el proceso de reconstrucción el uso clínico ha sido limitado; y segundo, por imágenes tridimensionales en tiempo real que reconstruyen datos a partir de información volumétrica de estas cámaras. El análisis tridimensional de las válvulas cardiacas, los defectos septales atriales así como los ventriculares y la morfología ventricular pueden mejorar la calidad en los diagnósticos y su tratamiento (16-20).

Puede concluirse que en Colombia, actualmente se cuenta con varios métodos diagnósticos complementarios del ecocardiograma bidimensional para el estudio de cardiopatías congénitas, algunos de ellos de difícil acceso y disponibilidad, así como de personal capacitado en la interpretación de dichas imágenes. No obstante, factores junto con el costo, han limitado su uso, pero, indudablemente, dichas imágenes tridimensionales tendrán un efecto revolucionario en este tipo de diagnósticos durante las próximas décadas.

## Bibliografía

1. Frommelt MA, Frommelt PC. Advances in echocardiographic diagnostic modalities for the pediatrician. *Pediatr Clin North Am* 1999; 46 (2): 427-39.
2. Ravi RK, Nagendra S, Ashish S, Pankaj G, Sharad T, Naresh T. Real-time three-dimensional transthoracic echocardiography. *Indian Heart J* 2005; 57: 128-37.
3. Dala P, Römer U, Kozlik-Feldmann R, Netz H. Real-time three-dimensional ultrasound a valuable new tool in preoperative assessment of complex congenital cardiac disease. *Images Ped Cardiol* 2003; 17: 10-12.
4. Balestrini L, Fleishman C, Lanzón L, Kisslo J, Resai Bengur A, Sanders SP, Li JS. Real-time three-dimensional echocardiography evaluation of congenital heart disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 3: 171-76.
5. Lambert V, Sigal-Cinqualbre A, Belli E, Planche C, Roussin R, Serraf A, et al. Preoperative and postoperative evaluation of airways compression in pediatric patients with 3-dimensional multislice computed tomographic scanning: effect of surgical management. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 129 (5): 111-8.
6. Ishii M, Maeno Y, Sugahara Y, Kato H. Three-dimensional helical computed tomographic angiography in neonates and infants with complex congenital heart disease. *Am Heart J* 2000; 139 (4): 654-660.
7. Shiraishi I, Yamamoto Y, Ozawa S, Kawakita A, Toyama K, Tanaka T, et al. Application of helical computed tomographic angiography with differential color imaging three-dimensional reconstruction in the diagnosis of complicated congenital heart diseases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125 (1): 36-9.
8. Gotway MB. Helical CT evaluation of the thoracic aorta. *Appl Radiol* 2000; 29 (9): 7-28.
9. Samyn MM. A review of the complementary information available with cardiac magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography (CT) during the study of congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2004; 20 (6): 569-78.
10. Macgowan CK, Al-Kwif O, Varodayan F, Yoo SJ, Wright GA, Kellenberg CJ. Optimization of 3D contrast-enhanced pulmonary magnetic resonance angiography in pediatric patients with congenital heart disease. *Magn Reson Med* 2005; 54 (1): 207-12.
11. Bost LM. Magnetic resonance and computed tomographic evaluation of congenital disease. *J Magnetic Resonance Imaging* 2004; 19: 827-47.
12. Chardran A, Fricker FJ, Schowengerdt KO, Cumming WA, Saidi A, Spencer CT, et al. An institutional review of the value of computed tomographic angiography in the diagnosis of congenital cardiac malformations. *Cardiol Young* 2005; 15 (1): 47-51.
13. Vlasangiacomo Buchel ER, Dibernardo S, Bausersfeld U, Berger F. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of the great arteries in patients with congenital heart disease: an accurate tool for planning catheter-guided interventions. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005; 21 (2-1): 283-92.
14. Sklansky M. Advances in fetal cardiac imaging. *Pediatric Cardiol* 2004 May; 25 (3): 307-21.
15. Acar P, Ducal Y, Taktak A, Abadir S. Real-time three dimensional fetal echocardiography using matrix probe. *Pregnant Diagn* 2005; 25 (5): 370-5.
16. Sklansky M, Miller D, Devore G, Kung G, Pretorius D, Wong P, Chang RK. Prenatal screening for congenital heart disease using real-time three-dimensional echocardiography and novel 'sweep volume' acquisition technique. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25 (5): 435-43.
17. Deng J, Rodeck CH. New fetal cardiac techniques. *Prenat Diagn* 2004; 24 (13): 1092-103.
18. Meyer-Wittkopf M, Cooper S, Vaughan J, Sholler G. Three dimensional (3D) echocardiographic analysis of congenital heart disease in the fetus: comparison with cross-sectional (2D) fetal echocardiography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; 17 (6): 485-92.
19. Budorick NE, Millman SL. New modalities for imaging the fetal heart. *Semin Perinatol* 2000; 24 (5): 352-9.
20. Maulik D. Real time three-dimensional fetal echocardiography: is really a paradigm shift? *J Matern Fetal Neonatal Med* 2005; 17 (1): 1-2.