태아 심장초음파

Fetal Echocardiography

김 윤 하
전남의대 전남대병원 산부인과
광주 동구 학동 8
Yoon Ha Kim, M.D.
Department of Obstetrics and Gynecology
Chonnam National University Medical School & Hospital
E-mail : kimyh@chonnam.ac.kr

Abstract

Congenital heart disease(CHD) is the most common congenital abnormality in human fetus, accounting for more than half of deaths from congenital abnormalities in childhood. Fetal echocardiography has been shown to be able to identify the majority of structural cardiac abnormalities, and it has traditionally been reserved for pregnancies at high risk for CHD. Most neonates with CHD, however, have no identifiable risk factors. When a sonogram is performed during pregnancy for defined clinical reasons, a four-chamber view of the fetal heart is routinely performed. However, a four-chamber view of the fetal heart does not reliably detect the most common CHD such as ventricular septal defect, coarctation of the aorta, transposition of the great arteries, and tetralogy of Fallot. Therefore, the vast majority of cases of CHD are left undetected even in those women who have undergone an obstetric ultrasound. A high level of suspicion of the presence of CHD and attention to anatomic details should be part of every ultrasound examination, especially when involving low-risk pregnancies, and it is currently recommended that only those fetuses with significant risk factors be referred for a targeted sonogram and fetal echocardiogram.

Keywords : **Congenital heart disease; Fetal echocardiography; Four-chamber view**
핵 심 용 어 : 선천성 심장기형; 태아 심장초음파; 사방 단면도

서 론

선천성 심장기형은 아이들의 사망원인으로 50%를 점유할 만큼 치명적이다. 태아 심장의 구조적 기능적 결손은 신경관 결손보다 4배, 심각한 염색체 이상보다 6배 이상 더 발생한다. 태어난 지 1년 내에 많은 빈도를 나타내는 4가지 선천성 심장기형은 심실 중격 결손(ventricular septal defect), 대동맥 축착(coarctation of the aorta), 대혈관 전위(transposition of the great arteries) 및 Fallot 4징(tetralogy of Fallot)이다(1~3).

오늘날 태아심장초음파의 정확성에도 불구하고 임신 2기에 선천성 심장기형을 진단하는 경우는 매우 드물다. 이에 대한 연구에서 1차와 3차 병원의 진단율은 0%(0/17), 18%(4/22)로 보고된 바 있다(4).

임신기간 중에 태아 건강평가를 하기 위해 대부분 산모를 대상으로 초음파를 시행하고 있으며 대부분 사방 단면도(4-chamber view)로 태아심장을 관찰하고 있다. 그러나 사방 단면도로는 상기된 기형을 확실하게 진단할 수는 없다. 그러므로 산부인과에서 한 초음파검사로는 대부분의 심장기형을 찾을 수 없게 된다. 이런 관점에서 앞으로 선천성 심장기형 선별프로그램이 효과적으로 1차 진료자들에게 교육되어야 하며, 유의한 위험요소가 있는 태

표 1. 태아 심장초음파의 적응증

Abnormal appearing heart on general fetal ultrasound examination
Fetal tachycardia, bradycardia, or persistent irregular rhythm on clinical of screening ultrasound examination
Maternal of family risk factors for cardiovascular disease, such as partent, sibling, or first—degress relative with congenital heart disease
Maternal diabetes mellitus (TGA, VSD, CA risk for fetus).
Maternal systemic lupus erythematosus (heart block risk for fetus)
Teratogen exposure during a vulnerable period
Other fetal organ system anomalies (including chromosomal).
Performance of transplacental therapy or presence of a history of significant significant but intermittent arrhythmia. Reevaluation examinations are required in these conditions
Fetal distress or dysfunction of unclear etiology

표 2. 태아 심장초음파의 태아 적응증

Intrauterine growth retardation
Fetal cardiac dysrhythmia
Fetal aneuploidy or other malformation
Polyhydramnios (AFI > 25)
Oligohydramnios (AFI < 5)
Abnormal four—chamber view, cardiac axis, or abnormal screening sonogram
Documented maternal viral or other infection known to affect fetal heart
Twin—twin transfusion or multifetal gestation with discordance of fetal growth
Fetal macrosomia (estimated fetal weight of >4,500g) with evidence of cardiac compromise
Two—vessel umbilical cord
Cardiac teratogen exposure
Before extensive fetal therapy such as fetal blood transfusion, fetal surgery
Marked abnormalities with Doppler interrogation of the fetal circulation
Decreased perfusion of vital organs during power Doppler evaluation or color flow mapping
Nonimmune hydrops fetalis

아에 대하여서는 표적초음파나 태아 심장초음파를 시행하도록 권장하고 있다(5).

여기서는 태아 심장초음파 검사에 대한 기초적인 지식과 적응증, 술기 등에 대하여 알아보고 정상 심장초음파 소견에 대하여 보여주고 설명하고자 하였다.

적 응 증

1997년 American Collage of Cardiology(ACC)와 American Heart Association(AHA)에서 권장한 태아 심장초음파의 대상환자를 정리한 가이드라인은 표 1 3과 같다.

비정배수 염색체 이상 때 선천성 심장기형을 동반하는 비율은 표 4와 같다(6).

태아 심장 순환의 생리

자궁 안에서 태아의 폐는 접혀져 있기 때문에 폐혈관 저항은 매우 높다. 사실, 태아 폐성숙을 위해 혼합심실 박출량(combined ventricular output)의 10%만 순환된다. 나머지 우심실 혈류는 난원공(foramen ovale)이나 동맥관(ductus arteriosus)을 통하여 오른쪽에서 왼쪽으로 단락(shunt)된다. 대부분 하강 대동맥(descending aorta) 혈류는 우심실에서 나와 동맥관을 거쳐서 온 것이며 좌심실에서 나와 대동맥 협부(aortic isthmus)를 통해 하강 대동맥에 온 것은 혼합 심실 박출량의 10% 밖에 안된다. 그러므로 좌심실에서 나온 혈류는 주로 머리와 상지에 공급된다(그림 1).

자궁 내에서는 잘 견딜 수 있었던 병변도 출생 후 동맥관 폐쇄, 난원공 폐쇄 및 산소 공급기관인 태반의 제거로

표 3. 태아 심장초음파의 모체 적응증

Insulin—dependent diabetes mellitus
Collagen vascular disease
Viral, bacterial, parasitic, or other infection known to affect fetal or maternal heart
Rubella (PPAS, PDA, VSD, ASD risk for the fetus)a
Toxoplasmosis
Coxsackie virus
Cytomegalovirus
Mumps virus
Drug or teratogen exposure known to affect fetal heart
Lithium
Amphetamines
Alcohol
Anticonvulsant
Phenytion
Trimethadione
Isoretinoin
Heavy metal toxicity
Maternal congenital or hereditary heart disease
Severe renal dysfunction uncorrected by dialysis or renal transplant
Advaced maternal age refusing chorionic villus sampling, genetic amniocentesis, or triple screening
Phenylketonuria (tetrology of Falloat, ventricular septal defect, atrial septal defect risk for the fetus)

* [a]PPAS, peripheral pulmonary artery stenosis; PDA, patent ductus arteriosis; VSD, ventricular septal defect; ASD, atrial septal defect

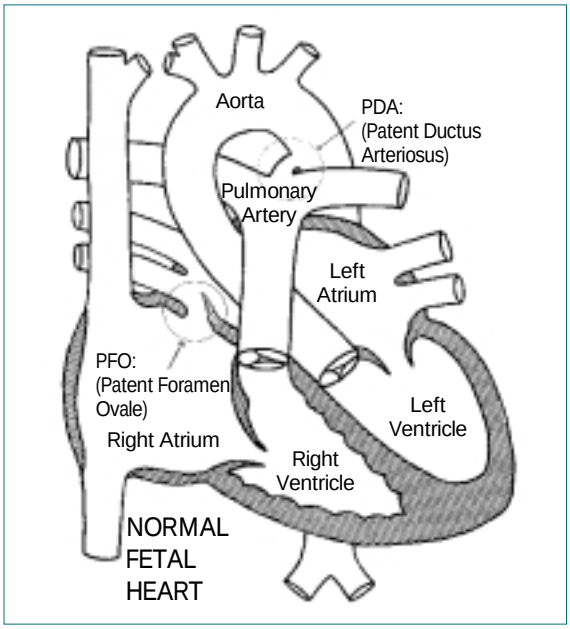


그림 1. 태아의 정상심장구조 도안

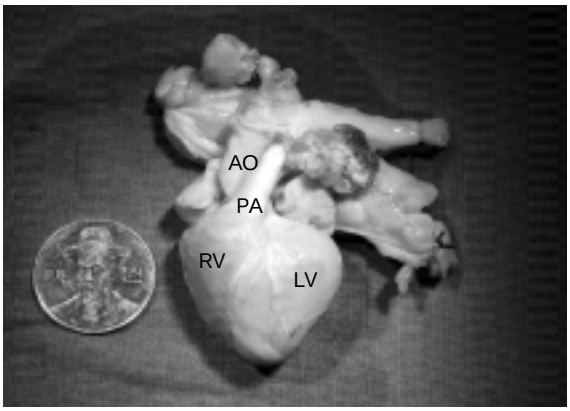


그림 2. 임신 20주 태아의 정상 심장

신생아기에 치명적일 수 있다. 이런 동맥관 의존성(ductal dependence)을 확실하게 예측하게 되면 주산기 관리의 성공률을 최대화 할 수 있다(7).

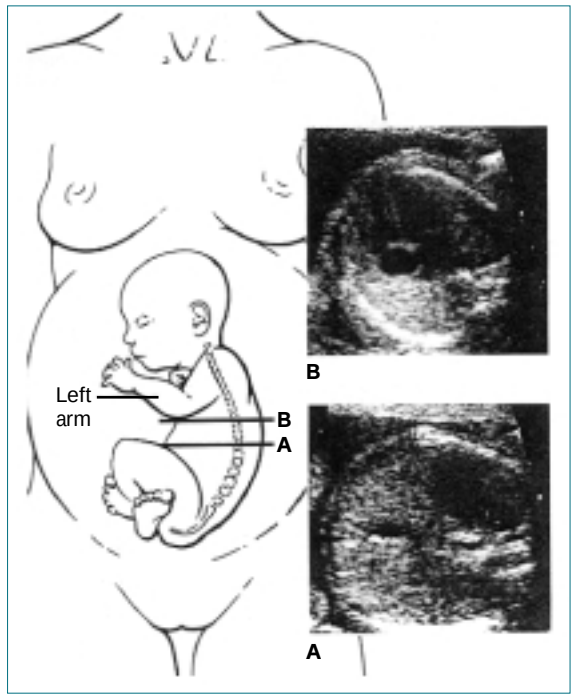
태아 심장초음파 시기

질식 초음파로 임신 10~12주에 태아 심장을 충분히 관찰할 수 있다고 하지만 예민도와 특이도가 가장 좋은 시기는 18~20주이다. 임신 20주 때 태아의 심장 크기는 100원짜리 동전보다 조금 더 크다(그림 2). 임신 24주 후에는 골석회화가 완성되어 초음파영상을 얻기에 적절하지 않다. 또한 치료적 유산이 허용되는 시기 전까지 반복 관찰할 수 있으며 병변이 의심되는 경우에는 임신 28~30주에 반복 측정한다(8).

표 4. 비정배수 염색체 이상과 관련된 선천성 심장 질환

Population	Incidence of CHD (%)	Most Common Cardiac Defects[a]
Normal Karyotype	0.8	VSD, PDA, ASD
Trisomy 22	65	ASD, VSD, PDA
Trisomy 21	50	ECD, VSD, ASD, PDA
Trisomy 18	99	VSD, DORV, PS
Trisomy 13	90	VSD, PDA, Dext
Trisomy 8	50	VSD, ASD, PDA
Trisomy 9	50	VSD, CA, DORV
4p−	40	VSD, ASD, PDA
5p−	25	VSD, PDA, ASD
13q−	25	VSD
14q−	50	PDA, ASD, Tet
18q−	50	VSD
45x	35	CA, AS, ASD
XXXXY	14	PDA, ASD, ARC
Triploidy	50	VSD
Cat−eye syndreom	40	TAPVR, VSD, ASD

[a] VSD, ventricular septal defect; PDA, patent ductus arteriosus; ASD, atrial septal defect; TAPVR, total anomalous pulmonary venous return; Dext, dextrocardia; DORV, double−outlet right ventricle; PS, pulmonary valve stenosis; ECD, endocardial cushion defect; CA, coarctation of the aorta; AS, aortic valve stenosis; ARC, anomalous right coronary artery; Tet, tetralogy of Fallot



A) 태아 왼쪽에 정상적으로 위치한 위
B) 심장 첨부가 왼쪽으로 향한 정상 내장기 위치의 태아 심장 사방 단면

그림 3. 자궁 내 태아 위치의 결정

태아 심장 영상

1. 태아심장의 일반적인 해부학적 기준점

1) 태아 내장기 위치

① 자궁 안에 있는 아두 위치와 선진부를 안다(예: 두위, 둔위).

② 태아 척추 시상 장면(sagittal view)을 얻어 태축(fetal lie)을 안다.

③ 상기 step 1과 step 2로 정확한 태아 자세를 파악한 다음 산모 복부에서 태아의 왼쪽이 어디인지를 결정한다.

④ 하부 흉추(lower thoracic spine)의 시상장면에서 90° 돌려 태아복벽의 횡단면을 얻어 위가 태아의 왼쪽에 있는가를 확인한다. 그 후 위쪽으로 transducer를 올려 태아 흉부를 보고 사방 단면도를 얻는다. 위를 확인하고 심첨부가(cardiac apex) 태아 왼쪽을 향하고 있으면 정상 내장기 위치에 있는 것이다(그림 3, 4)(9).

2) 태아 심장 축

사방 단면도 높이는 척추에서 앞쪽 가슴으로 그은 것과 심실중격(interventricular septum) 사이의 각도를 재서 얻는다. 정상인의 경우 45±10.4°이며 심장기형이 있으면 이 각도가 커졌다고(56±13°) 보고되고 있다.

특히 총동맥간증(truncus arteriosus), 엡슈타인 기형

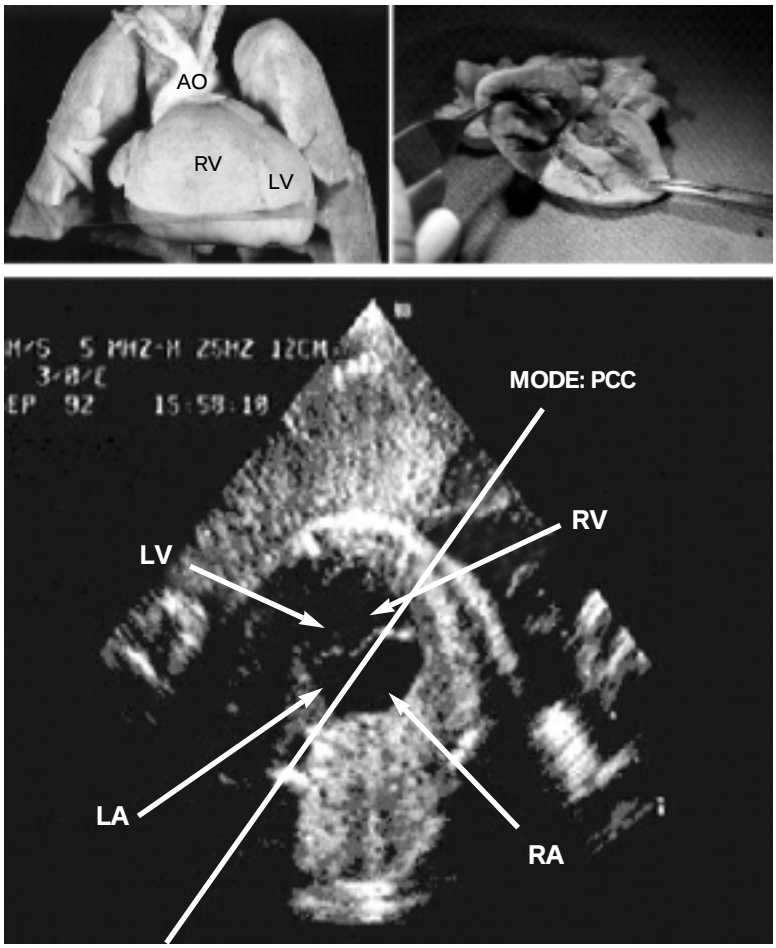


그림 4. 태아 심장 첨부 쪽에서 절개한 해부학적 구조와 태아 심장 사방 단면

(Ebstein's anomaly), 폐동맥 폐쇄(pulmonary stenosis), 대동맥 축착(coarctation of aorta), Fallot 4징(tetralogy of Fallot)시 이 각이 크다고 하였다(그림 5) (10, 11).

2. 사방 단면도

1) 먼저 태아 위치를 파악한다.

2) 태아 복부의 횡단면을 얻는다. 이 때 갈비뼈가 양쪽에 하나씩만 보이게 잡는다.

3) 태아 복부의 횡단면을 얻은 후 transducer를 transverse plane을 계속하면서 사방 단면도가 나올 때까지 태아 가슴쪽으로 올린다.

4) 사방 단면도의 종류

초음파 비임(beam)과 태아의 자세에 따라서 심첨(apical), 기저부(basal), 장축(long) 사방 단면도를 얻을 수 있다(그림 6~9).

① 심첨 사방 단면도

심방, 심실 및 방실 판막을 관찰한다.

일차 심방과 심실 중격결손을 검사할 때는 ' echo dropout ' 때문에 부적합하다.

② 기저부 단면도

심방, 심방 중격, 및 방실 판막을 관찰한다.

③ 장축 단면도

방실 중격 막양부, 심실과 심방 크기 및 중격 두께를 관찰한다.

5) 사방 단면도를 얻은 후 표 5와 같은 사항을 관찰해야 하며 정상적인 사방 단면도 소견을 보이는 심장기형은 표 6과 같고 이상 소견을 보이는 경우를 정리하면 표 7과 같다(9, 12).

3. 심실 유출로 (Ventricular Outflow Tracts)

1) 장축 단면도 (Long-axis View)

① 사방 단면도 면에서 transducer를 태아얼굴 방향 안쪽으로 돌리면 좌측 심실 유출로(대동맥)를 볼 수 있다. 이 면을 오방 단면도라 하기도 한다(그림 10A, 10B).

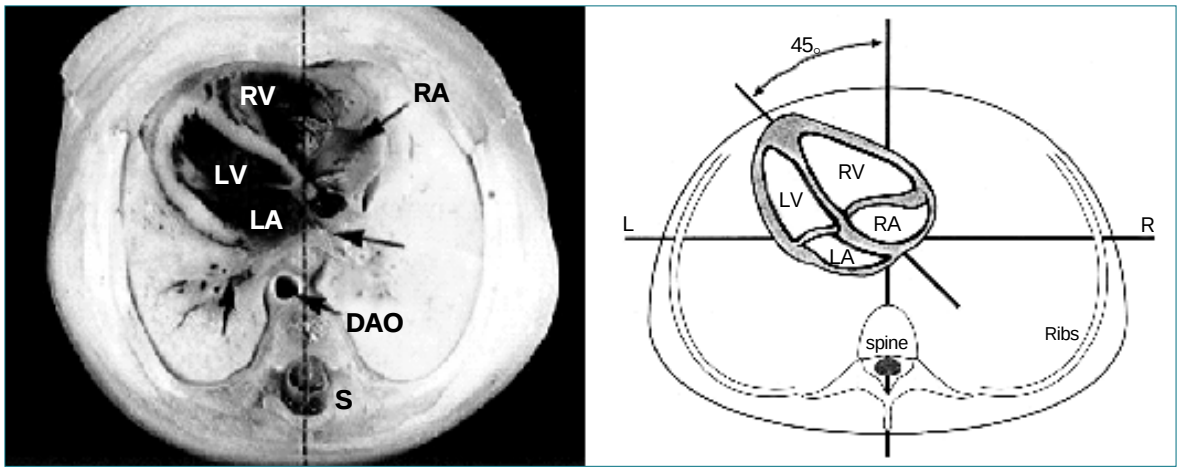


그림 5. 태아 심장의 사방 단면도에서 태아 심장 축의 측정

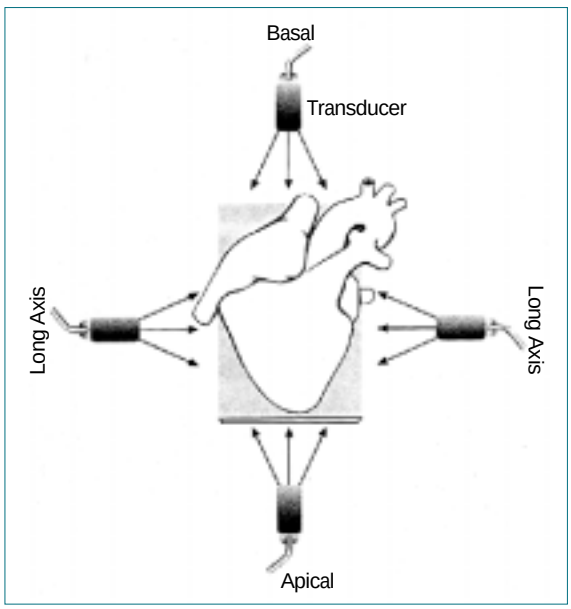


그림 6. 초음파 비임(beam)의 위치에 따른 태아 심장의 사방 단면도의 종류

② 좌측 심실 유출로면에서 transducer를 태아 머리 방향으로 더 올리면 우측 심실 유출로(폐동맥)를 얻을 수 있다(그림 10C).

2) 단축 단면도 (Short−axis View)

① 좌측 심실 유출로를 본 장축 단면도 위치에서 transducer를 90。 돌리면 대동맥의 단축 단면도를 얻을 수 있다(그림 11).

② 우측 심실 유출로를 본 단축 단면도 위치에서 transducer를 90。 돌리면 폐동맥 단축 단면도를 얻을 수 있다(그림 12)(9).

3) 대혈관의 시상 단면(Sagittal Views of the Great vessels, Aorta & Ductal Arches)

① 태아의 위치를 확인한다.

② 태아 흉추(thoracic spine)의 시상단면을 찾는다.

③ 시상장면을 유지하면서 transducer를 Rt. parasagittal에서 Lt. parasagittal chest로 곧장 지나가면 상하 대정맥, 대동맥궁, 동맥관궁을 차례로 볼 수 있다(그림 13).

④ 자궁 내에서 태아 척추가 앞쪽이나 옆으로 위치해 있으면 영상을 얻기가 힘들다. 그리고 대동맥궁와 동맥관궁 전부를 잘 보려면 transducer를 잘 조작해야 한다.

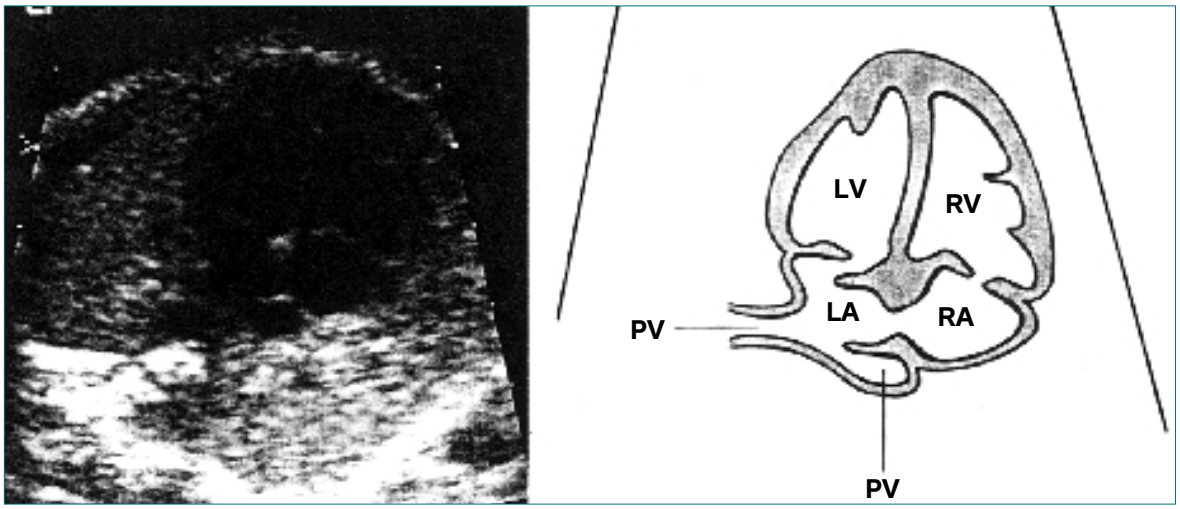


그림 7. 태아 심장의 심첨 사방 단면도

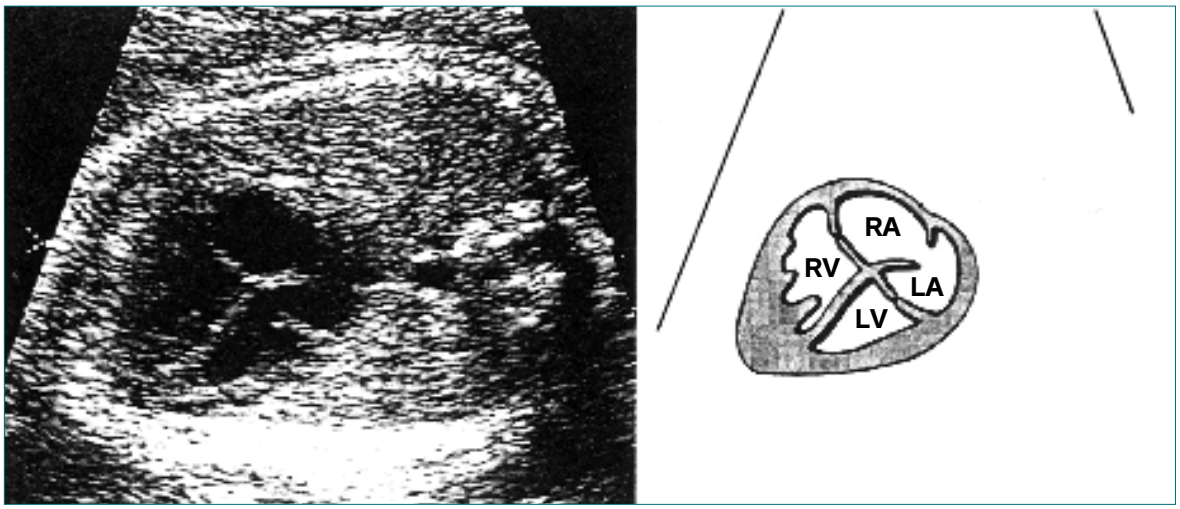


그림 8. 태아 심장의 기저부 사방 단면도

⑤ 대동맥궁은 원형이므로 모양이 " candy cane " 형태이며 동맥관궁은 하강동맥이 거의 직각으로 내려와 " hockey stick " 형태라 칭한다(그림 14~16).

4) 혈관 유출로면에서는 표 8과 같은 사항을 관찰해야 한다(9, 12).

태아 심장 영상시 일반원칙과 주의점(13)

1) 태아심장기형을 진단하는데 전문적 기술을 갖으려면 심장기형 질환을 잘 알아야 한다. 그러나 그러한 전문성이 없어도 심장구조 이상 여부를 구별하는 능력을 갖게 될 수 있다.

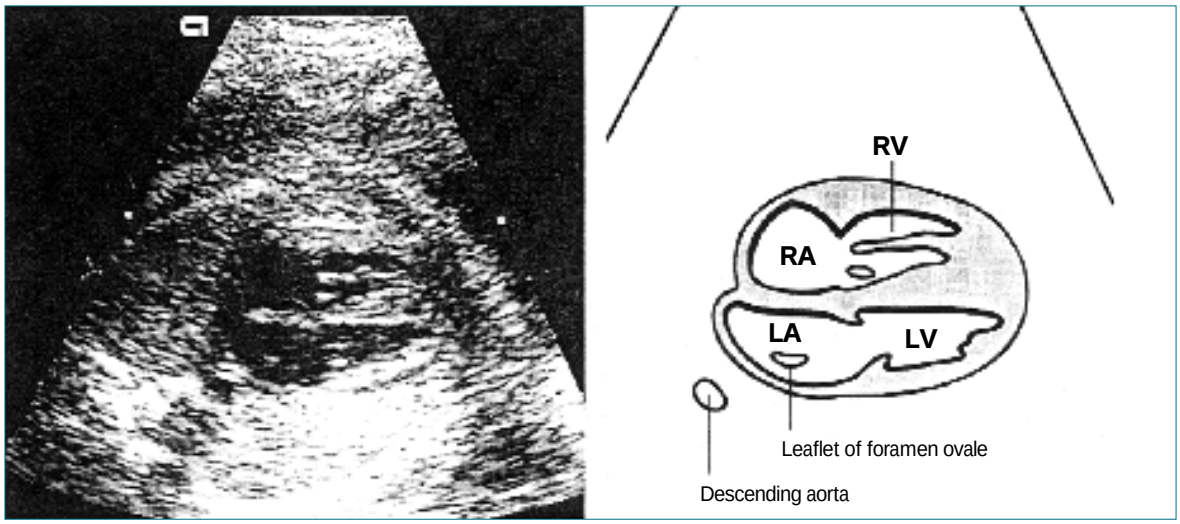
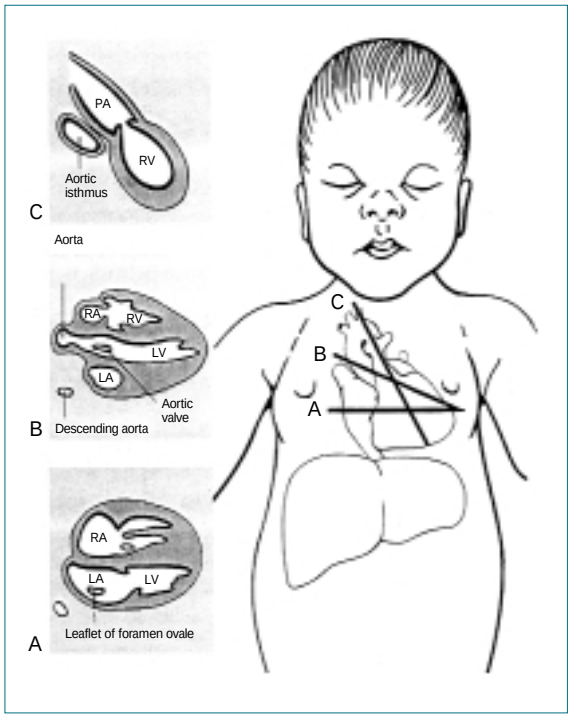


그림 9. 태아 심장의 장축 사방 단면도



A) 장축 사방 단면도
B) 오방 단면도
C) 우심실 혈관 유출로

그림 10. 태아 심장의 심실 유출로 확인법

2) 찾고자 하는 모든 것을 봐야 한다. 사방 단면도만 보는데 국한되면 심방실 중격, 대동맥 및 폐동맥 이상을 진단할 가능성이 없어진다. 사방 단면도를 찾은 후 transducer 축을 그림 17과 같이 서서히 각 단면에 맞게 회전하여 움직이면 오방 단면도, 심실 유출로 등을 얻을 수 있다.

3) 사용할 수 있는 모든 초음파 양식을 동원해야 한다. 즉 Doppler 기능은 진단의 정확성을 높일 수 있다.

4) 기술적 문제를 감소시키고 정상과 비정상 구조를 최대한으로 시술자가 얻을 수 있도록 최소한 2가지 면 이상의 여러 각도에서 영상을 봐야 한다.

① 측정 구조와 초음파 축을 직각으로 하여 "false echo-dropout"을 최소화한다.

② 측정 혈류와 초음파 축을 평행하게 하여 최대점의 혈류 속도를 정확하게 얻는다.

5) 항상 최대 frequency transducer를 이용하여 적절하게 영상을 얻는다. 임신 중반기에는 주파수 7이나 7.5MHz transducer로 제일 좋은 영상을 얻을 수

표 5. 태아 심장의 사방 단면도에서 관찰해야 할 항목

1. Is the cardiac apex to the left?
2. Are the right and left atrial volumens approximately equal?
3. Are the right and left ventricular volumes approximately equal?
4. Do the AV valves open equally widely?
5. Is the tricuspid valve annulus (right AV valve) displaced apically beyond the mitral annulus?
6. Is the moderator band identified in the apex of the rightward ventricle?
7. Is there a break in the ventricular septum or the atrial septum (other than the foramen ovale)?
8. Are the right and left ventricular free walls approximately the same thickness and are they normal for gestational age?
9. Are the mitral and tricuspid inflow velocities laminar by color Doppler and normal in velocity and configuration
10. Is left ventricular contractility normal?

표 6. 정상적인 사방 단면도 소견을 보이는 태아 심장기형

Tetralogy of Fallot
Transposition of great arteries
Double outlet right ventricle
Small ventricular septal defects
Small atrial septal defects
Mild semilunar valves stenosis (pulmonary, aortic)
Mild coarctation of the aorta

표 7. 비정상적인 사방 단면도 소견을 보이는 태아 심장기형

Hypoplastic left heart syndrome
Hypoplastic right heart syndrome
Atrioventricular canal defect
Single ventricle
Large ventricular septal defect
Large atrial septal defect
Valve atresia/stenosis
Ebstein 's anomaly
Double outlet right ventricle
Moderate/severe coarctation of the aorta
Cardiac tumors (rhabdomyomas)
Cardiac situs abnormalities

표 8. 혈관 유출로 면에서 관찰해야 할 항목

1. Are there two separate great vessels?
2. Does the anterior great vessel arise from the RV and course posteriorly, then bifurcate? Does the posterior great vessel arise from the LV and course superiorly?
3. Do the great vessels 'cross' at the base?
4. Are the great vessels of approximately the same size?
5. Is color Doppler flow in each great vessel laminar an of normal velocity?

있다.

6) 태위 때문에 영상을 얻는 데 지장을 받으면 산모의 자세를 바꾸어 보거나 잠시 걷고 오라고 한다. 그래도 얻을 수 없다면 다른 날짜에 시행하여 잘못 진단하는 것을 막아야 한다.

7) 산모가 너무 뚱뚱하거나 후반기 임신 주수, 다른 이유 등으로 영상을 보기 힘들면 배꼽이나 치골상부에서 영상을 본다. 또는 와위(decubitus position)을 취해서 복부 옆으로 시도해 본다.

결 론

태아 심장 초음파의 목적은 심장과 내장기관의 위치 파악, 심방과 심실의 정확한 확인, 그리고 방실(atrioventricular)과 심실-대혈관(ventriculoartrial) 연결상태가 조직적으로 잘 연결되어 있는가를 " 형태학적 방법(morphologic method) "으로 확인하는 것과 모든 구조부문에서 혈류가 잘 흐르고 있는가 하는 " 기능(function) "을 파악하는 것이다. 태아 심장 초음파를 숙지하기 위해서 우선 심장 태생기적 발생을 이해하고 심장 기형이

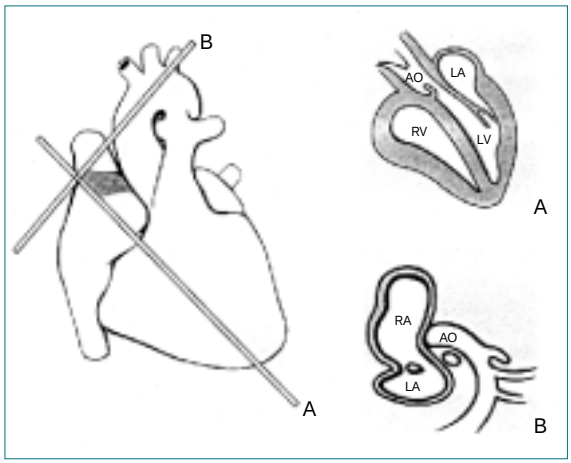


그림 11. 대동맥의 단축 단면도

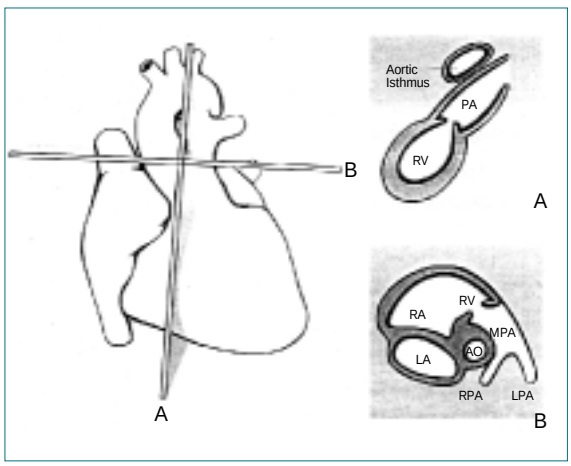


그림 12. 폐동맥의 단축 단면도

잘 올 수 있는 위험 대상군을 알고 있어야 한다.

산모의 형태와 태아의 위치, 임신 주수 및 시술자의 숙련도에 따라 정확한 진단을 내리는 데 많은 차이가 있을 것이다. 그러나 많은 노력을 기울여 숙달한다면 심각한 기형의 조기 발견으로 치료적 유산이 가능할 것이며, 동맥관 의존성 결합(ductal dependent defect)이나 심각한 기형을 구별할 수 있으면 신생아 집중치료

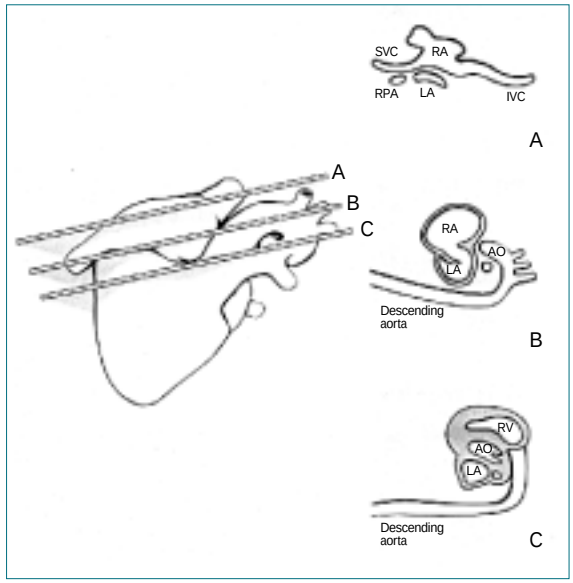


그림 13. 대혈관의 시상 단면 확인법

를 요하는 3차 의료기관으로 분만을 유도하며, 주산기 이환율 및 사망률을 줄이는 데 큰 도움을 줄 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Hofman JI, Christian R. Congenital heart disease in a cohort of 19,502 births with long term follow−up. Am J Cardiol 1978; 42: 641 - 7
2. Lian ZH, Zach MM, Erickson JD. Paternal age and occurrence of birth defects. Am J Hum Genet 1986; 39: 648 - 60
3. Mitchell SC, Korones SB, Berendes HW. Congenital heart disease in 56,109 births. Circulation 1971; 43: 323 - 32
4. Ewigman BG, Crane JP, Frigoletto FD, LeFevre ML, Bain RP, McNellis D. Effect of prenatal ultrasound screening on perinatal outcome. RADIUS Study Group. N Engl J Med 1993; 329: 821 - 7
5. Cullen S, Sharland GK, Allan LD, Sullivan ID. Potential impact of population screening for prenatal diagnosis of congenital

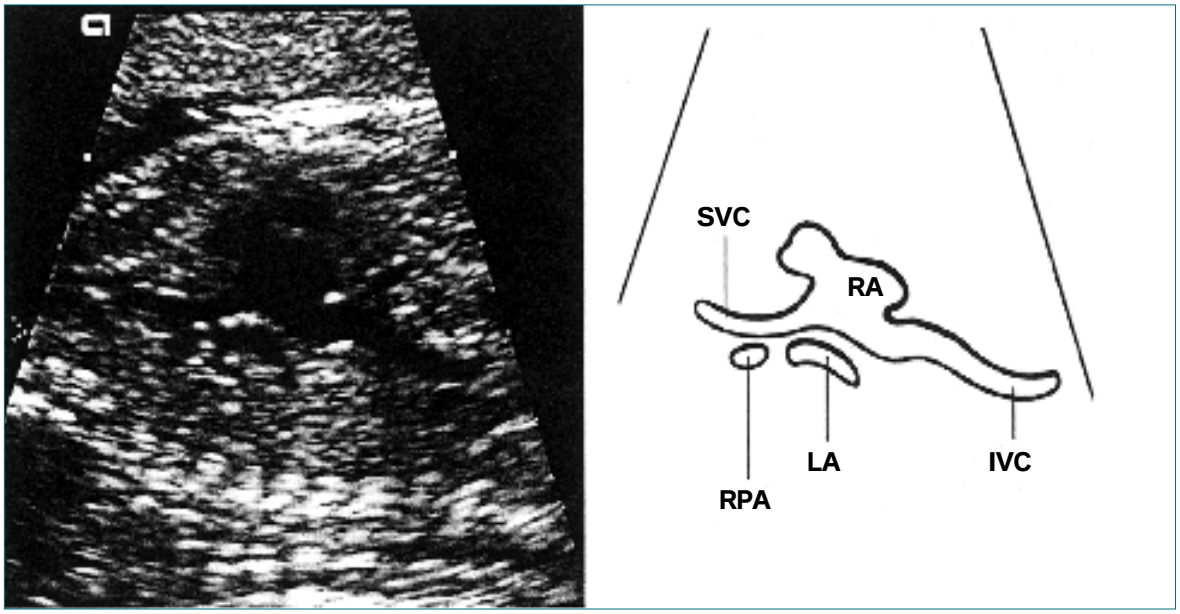


그림 14. 상하 대정맥의 시상 단면

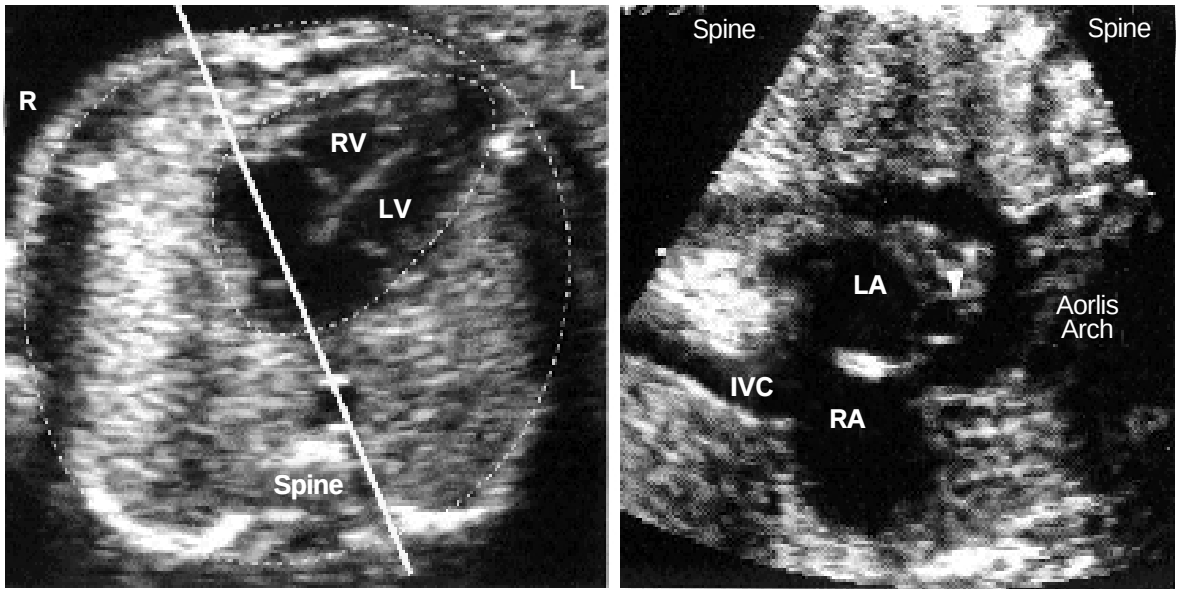


그림 15. 대동맥의 시상 단면

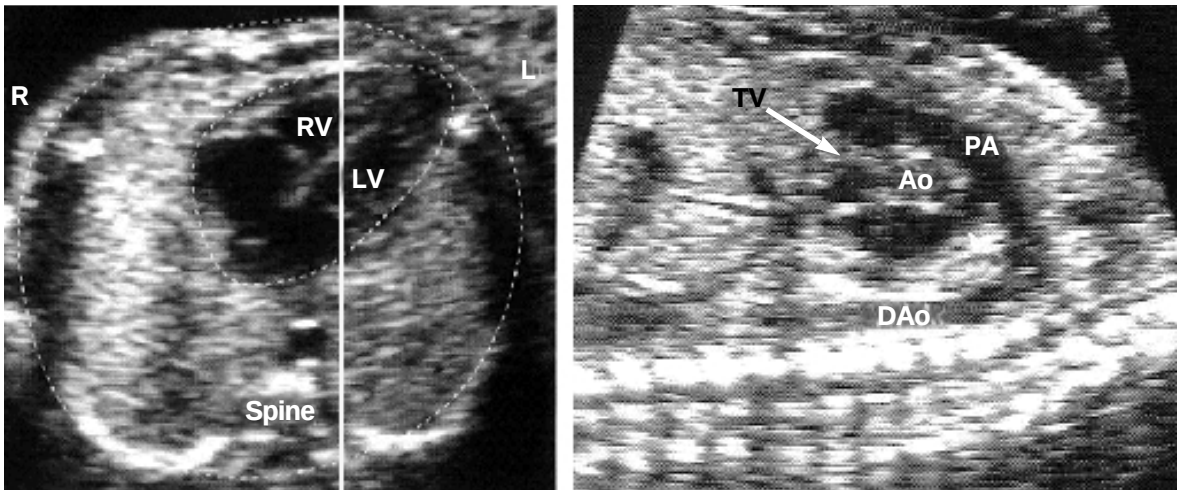


그림 16. 폐동맥의 시상 단면

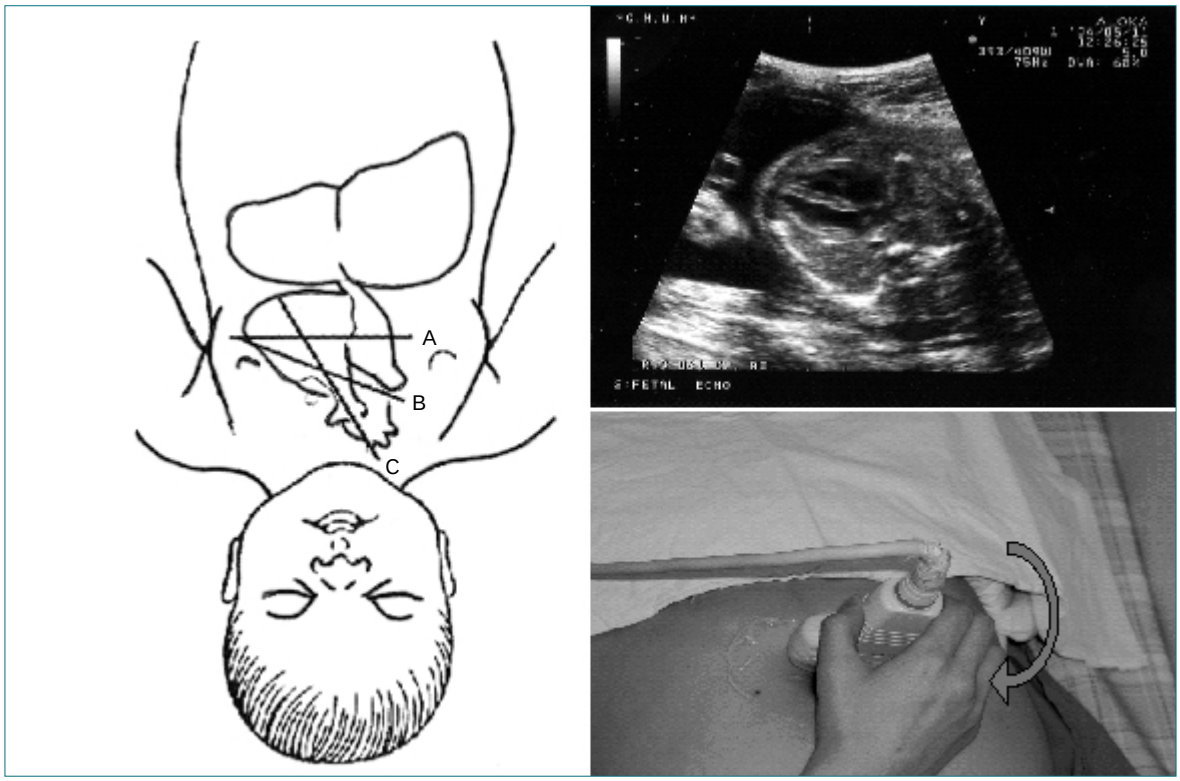


그림 17. 장축 사방 단면도 찾은 후, 면을 서서히 태아 얼굴 쪽으로 회전시키면서 오방 단면도와 심실 유출로를 차례로 얻는 법

heart disease. Arch Dis Child 1992; 67: 775 - 8

6. Chitlin MD, Alpert JS, Armstrong WF, Aurigemma GP, Beller GA, Ryan TJ, et al. ACC/AHA guidelines for the clinical application of echocardiography. Executive summary. J Am Coll Cardial 1997; 29: 862 - 79
7. Hess DB, Flaker G, Aggarwal KB, Buchheit LC, Hess LW. Fetal cardiac imaging. In: Hess DB, Hess LW, editors. Fetal echocardiography. Stamford: Appleton & Lange, 1999: 149 - 94
8. Yagel S, Weissman A, Rotstein Z, manor M, Hegesh J, Achiron R, at al. Congenital heart defects: natural course and in utero development. Ciculation 1997; 96: 550 - 5
9. Abuhamad A. A practical guide to fetal echocardiography. Philadelphia: Lippincott—Raven, 1997
10. Comstock CH. Normal fetal heart axis and position. Obstet Gynecol 1987; 70, 255 - 9
11. Shipp TD, Bromely B, Hornberger LK, Nadel A, Benacerraf BR. Levorotation of the fetal cardiac axis: a clue for the presence of congenital heart disease. Obstet Gynecol 1995; 85: 97 - 102
12. Truesdell SC. Fetal cardiography. In: Jaffe R, Bui TH, ed. Textbook of fetal ultrasound. New York: Parthenon Publishing Group, 1999: 153 - 173
13. Friedman AH, Copel JA, Kleinman CS. Fetal echocardiography and fetal cardiology: Indications, diagnosis and managment. Seminars in perinatology 1993; 17: 76 - 88

Peer Reviewer Commentary

박 중 신 (서울의대 산부인과)

본 의학강좌는 최근 산부인과 초음파 분야에서 관심을 모으고 있는 태아 심장초음파에 관해 기술하고 있다. 태아 심장초음파는 과거에는 전문가만이 시행하는 것으로 간주되었으나, 이제는 산전 초음파검사에서 빼놓을 수 없는 분야가 되었다. 하지만, 태아 심장의 구조에 관한 3차원적인 이해가 필요하여, 또한 다소 어렵게 느껴질 수 밖에 없는 분야이다. 본 의학강좌는 초보자도 쉽게 이해할 수 있도록 기초부터 간단하고, 명료하게 필수적인 사항들을 기술하고 있어 태아 심장초음파의 초심자 뿐만 아니라 어느정도 경험이 있는 시술자에게도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.