

## ISUOG GUIDELINES

### Cardiac screening examination of the fetus: guidelines for performing the 'basic' and 'extended basic' cardiac scan

Ultrasound Obstet Gynecol 2006; 27: 107–113

## L'échographie de dépistage des anomalies cardiaques fœtales: lignes de conduite pour l'examen cardiaque de base et l'examen cardiaque approfondi

### INTRODUCTION

Avec une incidence qui est estimée à 4-13 par 1000 naissances vivantes, la cardiopathie congénitale (CPC) est une des principales étiologies de mortalité infantile<sup>i,ii,iii</sup>. Entre 1950 et 1994, 42% des décès en pédiatrie rapportés à l'organisation mondiale de la santé (OMS) ont été attribués aux anomalies cardiaques<sup>iv</sup>. Les anomalies cardiaques structurelles font partie des pathologies qui ne sont souvent pas visualisées en échographie prénatale<sup>v,vi</sup>. La détection prénatale des CPC peut améliorer l'issue des enfants présentant des lésions cardiaques spécifiques<sup>vii, viii, ix, x, xi</sup>.

Les taux de détection prénatale ont souvent changé pour les CPC<sup>xii</sup>. Ces variations peuvent être attribuées à l'expérience de l'examineur, l'obésité maternelle, la fréquence de la sonde d'échographie, les cicatrices abdominales, l'âge gestationnel, la quantité de liquide amniotique et la position fœtale<sup>xiii, xiv</sup>. La formation continue des professionnels de la santé articulée sur le feedback, un seuil bas pour les échographies de référence et un accès facile aux spécialistes du cœur fœtal sont des facteurs particulièrement importants pouvant améliorer l'efficacité d'un programme de dépistage<sup>xv</sup>. Par exemple, un centre médical du nord de l'Angleterre a doublé son taux de détection d'anomalies cardiaques majeures après la mise en place d'un programme d'entraînement qui lui dure deux ans<sup>xvi</sup>.

Les examens échographiques de « base » et « approfondi » du cœur fœtal ont été créés pour augmenter au maximum le taux de détection des cardiopathies congénitales durant l'échographie du deuxième trimestre<sup>xvii</sup>. Ces directives peuvent être utilisées dans l'évaluation des fœtus à faible risque qui sont examinés durant un suivi prénatal classique<sup>xviii, xix, xx</sup>. Cette approche aide à identifier les fœtus à risque pour un syndrome génétique et fournit des informations utiles pour le conseil des patientes, le management obstétrical et la prise en charge multidisciplinaire. Les suspicions d'anomalies cardiaques nécessitent une évaluation plus complète par une échocardiographie fœtale.

### CONSIDERATIONS GÉNÉRALES

#### Age gestationnel

L'examen cardiaque du fœtus est réalisé d'une façon optimale entre 18 et 22 semaines d'aménorrhée. Quelques anomalies peuvent déjà être identifiées à la fin du premier et au début du deuxième trimestre, particulièrement en cas de clarté nucale augmentée<sup>xxi, xxii, xxiii, xxiv, xxv, xxvi</sup>. Cependant, quelques pays n'offrent pas un système de soins de santé permettant le remboursement d'échographies plus précoces lorsque les défauts cardiaques plus subtils sont indétectables ou ne sont pas encore présents. Un dépistage standardisé à 20-22 semaines de gestation nécessite moins d'examen échographiques supplémentaires pour compléter l'évaluation cardiaque, même si beaucoup de patients préfèrent connaître les anomalies majeures à un stade plus précoce de la grossesse<sup>xxvii</sup>. Beaucoup de structures anatomiques restent visualisables d'une manière satisfaisante au-delà de 22 semaines, même quand le fœtus est en position dorso-postérieure.

Malgré l'utilité bien documentée de la coupe « quatre cavités », Il faut rester conscient des pièges de diagnostic potentiels qui peuvent empêcher la détection des cardiopathies fœtales<sup>xxviii, xxix, xxx</sup>. Les taux de détection peuvent être améliorés en réalisant un examen de dépistage approfondi du cœur, en reconnaissant que la « coupe quatre cavités » est plus qu'un compte des cavités cardiaques, en comprenant que quelques anomalies ne deviennent détectables que tardivement dans une grossesse et en sachant que des anomalies particulières (p.ex. transposition des gros vaisseaux ou coarctation de l'aorte) ne peuvent pas être mise en évidence en utilisant que ce plan de coupe.

## **Facteurs techniques**

### *Capteur à ultrasons*

Les sondes à haute fréquence augmentent la probabilité de détection d'anomalies subtiles en diminuant la pénétration acoustique. La fréquence la plus haute possible pour chaque sonde doit être utilisée pour tout examen échographique en gardant en mémoire le compromis entre pénétration et résolution. L'« Harmonic Imaging » peut améliorer la qualité des images, surtout chez les patientes présentant une paroi abdominale épaisse durant le premier trimestre de la grossesse<sup>xxx1</sup>.

### *Paramètres de l'image*

L'échelle des gris reste la base d'une échographie fiable du cœur fœtal. Pour le calibrage de base, on conseille une séquence d'image élevée et une résolution des contrastes augmentée. En plus, une persistance de l'image basse, une seule zone focale et un champ d'image étroit devraient être utilisés pour ce type d'examen.

### *Le zoom et le ciné boucle*

L'image doit être agrandie jusqu'au moment où le cœur occupe le tiers ou la moitié de l'écran. Si disponible, un outil « ciné boucle » peut être utilisé dans la mise au point des anomalies du septum interventriculaire et des mouvements des valves durant le cycle cardiaque.

## **L'EXAMEN CARDIAQUE DE DEPISTAGE BASIQUE**

L'examen de dépistage de base est réalisé sur une coupe « quatre cavités » du cœur fœtal<sup>xxxii, xxxiii</sup>. Cette vue ne doit pas être limitée à un simple compte des cavités cardiaques mais elle implique une évaluation soigneuse de critères bien spécifiques (Figure 1). Les éléments majeurs pour un examen de base du cœur fœtal sont énumérés dans le tableau 1. Un cœur normal ne fait pas plus d'un tiers de la surface du thorax. Quelques incidences peuvent révéler un fin bord hypo-échogène autour du cœur fœtal qui peut être confondu avec un épanchement péricardique. Si une telle découverte se présente d'une manière isolée, il s'agit le plus souvent d'une variante de la normale<sup>xxxiv, xxxv</sup>.

Une fréquence cardiaque et un rythme régulier doivent être objectivés. La fréquence normale varie entre 120 et 160 battements par minute. Des courtes bradycardies peuvent être observées de manière transitoire chez un fœtus normal au deuxième trimestre. Les bradycardies persistantes, surtout celles d'une fréquence cardiaque inférieure à 110 battements par minute, nécessitent une évaluation dans un délais raisonnable pour exclure un éventuel bloc auriculo-ventriculaire. Des décélérations à répétition de la fréquence cardiaque au troisième trimestre peuvent être le signe d'une détresse fœtale. Des sauts occasionnels du rythme ne sont pas classiquement associés à une augmentation du risque d'anomalie structurelle du cœur fœtal. Cependant, si ces découvertes apparaissent avec des fréquences cardiaques cliniquement significatives ou avec un rythme anormal, elles peuvent devenir une indication d'échocardiographie fœtale<sup>xxxvi</sup>. Une tachycardie légère (>160 battements par

minute) peut apparaître comme une variante de la norme durant les mouvements fœtaux. Cependant, une tachycardie persistante doit être investiguée pour exclure une détresse fœtale ou une tachyarythmie encore plus sévère.

Le cœur normal est dévié de  $45^\circ \pm 20^\circ$  (2 déviations standard (DS)) en direction du côté gauche du fœtus (Figure 2)<sup>xxxvii</sup>. Une certaine attention doit être donnée à l'axe et à la position du cœur car ces critères peuvent être facilement évalués même si la coupe quatre cavités n'est pas réalisable de manière satisfaisante<sup>xxxviii</sup>. Un situs anormal doit être suspecté si le cœur et/ou l'estomac ne se trouvent pas du côté gauche du fœtus. Un axe anormal augmente le risque de malformation cardiaque, surtout au niveau des voies d'éjection. Ces découvertes peuvent être associées à une anomalie chromosomique. Parfois, le cœur fœtal peut être anormalement déplacé de sa position thoracique classique antérolatérale gauche. Ces positions cardiaques anormales peuvent être occasionnées par une hernie diaphragmatique ou des maladies tumorales (p.ex. la malformation kystique adénomatoïde congénitale du poumon). Une hypoplasie ou une agénésie pulmonaire peuvent aussi être une étiologie d'anomalie de position cardiaque.

Les deux oreillettes ont plus ou moins la même taille et la valve du foramen ovale bascule en direction de l'oreillette gauche. Les veines pulmonaires entrant dans l'oreillette gauche sont souvent visualisées. Cependant, leur identification ne doit pas être considéré comme obligatoire dans le dépistage cardiaque de base. La partie inférieure du tissu atrial septal, appelée septum primaire, doit être présente. Une bandelette modératrice aide à l'identification morphologique du ventricule droit. Les deux ventricules doivent apparaître de taille similaire, sans asymétrie d'épaisseur pariétale. Malgré qu'une disproportion ventriculaire légère reste une variante de la norme, elle peut être aussi un signe de syndrome d'hypoplasie du cœur gauche ou d'une coarctation de l'aorte<sup>xxxix, xl</sup>.

Le septum interventriculaire doit être examiné attentivement de la pointe jusqu'à la base du cœur à la recherche d'une anomalie pariétale. Les anomalies du septum sont plus difficiles à visualiser si l'ongle d'insonation de la sonde d'échographie est directement parallèle à la paroi ventriculaire. Dans des telles circonstances, un artéfact de type ombre acoustique peut faussement faire suspecter une anomalie. Le diagnostic de petites anomalies septales (1-2mm) reste très difficile par échographie car l'image échographique ne permet pas d'obtenir une résolution latérale suffisante, surtout si la taille et la position fœtale ne sont pas favorables.

Les deux valves auriculo-ventriculaires (la tricuspide à droite, la mitrale à gauche) doivent être visualisées en s'ouvrant chacune de manière séparée et libre. Comparativement à la valve mitrale, la valve tricuspide s'insère au niveau du septum un peu plus en direction de la pointe du cœur. Un alignement anormal des valves auriculo-ventriculaires peut-être le signe échographique d'une anomalie cardiaque comme un canal auriculo-ventriculaire.

## **L'EXAMEN CARDIAQUE DE DEPISTAGE APPROFONDI**

Si techniquement faisable, les coupes au niveau des gros vaisseaux (aorte et artère pulmonaire) doivent être obtenues durant l'examen cardiaque de dépistage approfondi. L'évaluation de ces gros vaisseaux augmente le taux de détection des malformations cardiaques majeures au dessus de celui où on utilise uniquement la coupe « quatre cavités »<sup>xli, xlii</sup>. Avec ces coupes, il est plus probable d'identifier des anomalies cono-troncales comme la tétralogie de Fallot, la transposition des gros vaisseaux, le ventricule droit à double issu et le tronc artériel commun.

Un examen cardiaque de dépistage approfondi minimal nécessite que les gros vaisseaux soient approximativement de la même taille et qu'ils se croisent à angle droit de leurs origines ventriculaires respectives. Vu que ces données n'ont pas encore été confirmées dans une étude bien documentée, des évaluations complémentaires sont nécessaires.

## **La technique d'échographie**

Les gros vaisseaux sont généralement obtenus en inclinant la sonde en direction de la tête fœtale en partant de la coupe « quatre cavités » où le rayon d'ultrason est tangentiel au septum interventriculaire (Figure 3). Une autre méthode pour évaluer les gros vaisseaux chez le fœtus a aussi été décrite quand le septum interventriculaire est perpendiculaire au rayon d'ultrason<sup>xliii</sup>. Cette approche nécessite une coupe quatre cavités du cœur à partir de laquelle la sonde est tournée jusqu'à la visualisation de la voie d'éjection du ventricule gauche. Une fois ce plan de coupe obtenu, la sonde est glissée en cranial jusqu'à l'observation de la voie d'éjection de l'artère pulmonaire qui se trouve dans un plan perpendiculaire à l'aorte.

Yoo et coll. ont aussi décrit une coupe « trois vaisseaux » pour évaluer l'artère pulmonaire, l'aorte ascendante et la veine cave supérieure par rapport à leurs tailles relatives et leurs relations entre-elles. (Figure 4)<sup>xliv, xlv</sup>. D'autres auteurs ont utilisés cette coupe pour souligner le rapport de ces vaisseaux avec la trachée fœtale<sup>xlvi, xlvii</sup>.

### *La voie d'éjection du ventricule gauche*

La coupe de la voie d'éjection du ventricule gauche confirme la présence d'un gros vaisseau sortant du ventricule gauche (Figure 5). Il doit exister une continuité entre la paroi antérieure de l'aorte et le septum ventriculaire. La valve aortique, qui n'est pas épaissie, bouge librement. Si le vaisseau sortant du ventricule gauche est vraiment l'aorte, il doit être possible de le suivre jusqu'à sa crosse, de laquelle partent les trois artères du cou. Cependant, l'identification des vaisseaux de la crosse de l'aorte ne doit pas être considérée comme une étape standard de l'examen cardiaque de base approfondi. La coupe de la voie d'éjection du ventricule aide à identifier des pathologies du septum ventriculaire ou des anomalies conotruncales qui n'ont pas été visualisées lors de l'examen cardiaque de base.

### *La voie d'éjection du ventricule droit*

La coupe de la voie d'éjection du ventricule droit documente la présence d'un gros vaisseau sortant d'un ventricule droit reconnu morphologiquement par la bandelette modératrice (Figure 6). L'artère pulmonaire normale naît du ventricule droit et passe à gauche de l'aorte ascendante qui elle est plus postérieure. Durant la période fœtale, elle est en général un peu plus large que la racine aortique et croise l'aorte ascendante à un angle de 70° juste au dessus de son origine.

La valve pulmonaire, qui n'est pas épaissie, bouge librement. La voie d'éjection du ventricule droit peut être uniquement confirmée comme l'artère pulmonaire si une bifurcation est visualisée à sa partie distale. Parfois cette division peut ne pas être visualisé en raison de la position fœtale. L'artère pulmonaire se divise normalement en deux branches : la branche gauche qui se jette dans le canal artériel qui continue vers l'aorte descendante et la branche droite qui devient l'artère pulmonaire droite.

Une large étude de 18 000 échographies obstétricales a étudié la pratique de l'examen cardiaque de base dans l'examen de routine de 30 minutes<sup>xlviii</sup>. Si techniquement faisable, un examen de base approfondi qui inclut les voies d'éjection était réalisé en plus. Dans les examens incluant une coupe « quatre cavités » adéquate, la plupart (93%) ont été associés avec une évaluation satisfaisante des voies d'éjection. Les taux de non-visualisation étaient : la voie d'éjection du ventricule gauche, 4,2% ; la voie d'éjection du ventricule droit, 1,6% ; les deux voies d'éjection, 1,3%.

## **L'ECHOCARDIOGRAPHIE FŒTALE**

Une échocardiographie fœtale devrait être réalisé si des facteurs de risques, qui augmentent la probabilité d'une cardiopathie congénitale par rapport à population à faible risque, ont été mis en évidence. Malheureusement, une grande partie des cardiopathies congénitales où le diagnostic anténatal est possible survient chez des patientes qui ne présentent aucun facteur de

risque, ni anomalies extracardiaques<sup>xlix</sup>. Les détails spécifiques de cet examen spécial ne sont pas le but de cet article. Mais les professionnels de santé doivent être familiarisés avec quelques indications de cette évaluation du cœur fœtal (Tableau 2)<sup>l</sup>. Par exemple, un clarté nucale supérieure à 3,5 mm à l'examen de 11-14 semaines est une indication d'évaluation cardiaque détaillée, même si elle se normalise plus tard dans la grossesse<sup>li, lii, liii, liv</sup>.

L'échocardiographie fœtale doit être réalisé par des spécialistes qui sont familiarisés avec le diagnostic prénatal des cardiopathies congénitales. En plus des informations de l'examen de dépistage de base, une analyse détaillée de la structure et la fonction cardiaque peut permettre de visualiser le situs viscero-atrial, les connexions systémiques et veno-pulmonaires, le fonctionnement du foramen ovale, les connexions atrio-ventriculaires, les connexions ventriculo-artérielles, le rapport des gros vaisseaux et en coupe sagittale les croisées aortique et ductale.

Des techniques d'échographie avancée sont applicables dans la mise au point du cœur. Par exemple, la technique Doppler peut mesurer la vitesse du flux sanguin ou identifier des flux anormaux au niveau des valves ou dans les cavités cardiaques. Le mode M offre aussi une technique importante pour l'analyse des arythmies cardiaques, des suspicions de dysfonction valvulaire et des épaisseurs de paroi anormales.

ACKNOWLEDGMENTS These guidelines were developed under the auspices of the ISUOG Education Committee. Chair: Professor Sturla Eik-Nes, National Center for Fetal Medicine, Trondheim, Norway.

Appreciation is particularly extended to specialty consultants who contributed to this project:

Dr W. Lee, Task Force Chair

William Beaumont Hospital, Royal Oak, MI, USA

Dr J. S. Carvalho

Royal Brompton and St. George's Hospitals, London, UK

Professor R. Chaoui

Center for Prenatal Diagnosis and Human Genetics, Berlin, Germany

Dr J. Copel

Yale University School of Medicine, New Haven, CT, USA

Professor K. Hecher

University Medical Centre, Hamburg-Eppendorf, Germany

Professor D. Paladini

University Federico II, Naples, Italy

*French translation by Dr. F. Chantraine (reviewed by Prof. Y. Ville)*

Copies of this document will be available at:

<http://www.isuog.org>

ISUOG Secretariat Unit 4, Blythe Mews

Blythe Road

London W14 0HW, UK

e-mail: [info@isuog.org](mailto:info@isuog.org)

- 
- <sup>i</sup> Ferencz C, Rubin JD, McCarter RJ, Brenner JI, Neill CA, Perry LW, Hepner SI, Downing JW. Congenital heart disease: prevalence at livebirth. The Baltimore-Washington infant study. *Am J Epidemiol* 1985; **121**: 31-36.
- <sup>ii</sup> Meberg A, Otterstad JE, Froland G, Lindberg H, Sorland SJ. Outcome of congenital heart defects - a population-based study. *Acta Paediatr* 2000; **89**: 1344-1351.
- <sup>iii</sup> Cuneo BF, Curran LF, Davis N, Elrad H. Trends in prenatal diagnosis of critical cardiac defects in an integrated obstetric and pediatric cardiac imaging center. *J Perinatol* 2004; **24**: 674-678.
- <sup>iv</sup> Rosano A, Botto LD, Botting B, Mastroiacovo P. Infant mortality and congenital anomalies from 1950 to 1994: an international perspective. *J Epidemiol Community Health* 2000; **54**: 660-666.
- <sup>v</sup> Crane JP, LeFevre ML, Winborn RC, Evans JK, Ewigman BG, Bain RP, Frigoletto FD, McNellis D. A randomized trial of prenatal ultrasonographic screening: impact on the detection, management, and outcome of anomalous fetuses. The RADIUS Study Group. *Am J Obstet Gynecol* 1994; **171**: 392-399.
- <sup>vi</sup> Abu-Harb M, Hey E, Wren C. Death in infancy from unrecognized congenital heart disease. *Arch Dis Child* 1994; **71**: 3-7.
- <sup>vii</sup> Bonnet D, Coltri A, Butera G, Fermont L, Le Bidois J, Kachaner J, Sidi D. Detection of transposition of the great arteries in fetuses reduces neonatal morbidity and mortality. *Circulation* 1999; **99**: 916-918.
- <sup>viii</sup> Tworetzky W, McElhinney DB, Reddy VM, Brook MM, Hanley FL, Silverman NH. Improved surgical outcome after fetal diagnosis of hypoplastic left heart syndrome. *Circulation* 2001; **103**: 1269-1273.
- <sup>ix</sup> Andrews R, Tulloh R, Sharland G, Simpson J, Rollings S, Baker E, Qureshi S, Rosenthal E, Austin C, Anderson D. Outcome of staged reconstructive surgery for hypoplastic left heart syndrome following antenatal diagnosis. *Arch Dis Child* 2001; **85**: 474-477. Erratum in *Arch Dis Child* 2002; **86**: 313.
- <sup>x</sup> Franklin O, Burch M, Manning N, Sleeman K, Gould S, Archer N. Prenatal diagnosis of coarctation of the aorta improves survival and reduces morbidity. *Heart* 2002; **87**: 67-69.
- <sup>xi</sup> Tworetzky W, Wilkins-Haug L, Jennings RW, van der Velde ME, Marshall AC, Marx GR, Colan SD, Benson CB, Lock JE, Perry SB. Balloon dilation of severe aortic stenosis in the fetus: potential for prevention of hypoplastic left heart syndrome: candidate selection, technique, and results of successful intervention. *Circulation* 2004; **110**: 2125-2131.
- <sup>xii</sup> Simpson LL. Screening for congenital heart disease. *Obstet Gynecol Clin North Am* 2004; **31**: 51-59.
- <sup>xiii</sup> DeVore G, Medearis AL, Bear MB, Horenstein J, Platt LD. Fetal echocardiography: factors that influence imaging of the fetal heart during the second trimester of pregnancy. *J Ultrasound Med* 1993; **12**: 659-663.
- <sup>xiv</sup> Sharland GK, Allan LD. Screening for congenital heart disease prenatally. Results of a 2 1/2-year study in the South East Thames Region. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; **99**: 220-225.
- <sup>xv</sup> Carvalho JS, Mavrides E, Shinebourne EA, Campbell S, Thilaganathan B. Improving the effectiveness of routine prenatal screening for major congenital heart defects. *Heart* 2002; **88**: 387-391.
- <sup>xvi</sup> Hunter S, Heads A, Wyllie J, Robson S. Prenatal diagnosis of congenital heart disease in the northern region of England: benefits of a training programme for obstetric ultrasonographers. *Heart* 2000; **84**: 294-298.
- <sup>xvii</sup> Lee W. American Institute of Ultrasound in Medicine. Performance of the basic fetal cardiac ultrasound examination. *J Ultrasound Med* 1998; **17**: 601-607. Erratum in *J Ultrasound Med* 1998; **17**: 796

- 
- <sup>xviii</sup> American Institute of Ultrasound in Medicine. Guidelines for the performance of the antepartum obstetrical ultrasound examination. *J Ultrasound Med* 2003; **22**: 1116-1125
- <sup>xix</sup> American College of Radiology. ACR practice guideline for the performance of antepartum obstetrical ultrasound. In *Practice Guidelines & Technical Standards*. ACR: Reston, VA, 2004; 689-695
- <sup>xx</sup> American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Practice Bulletin. Ultrasonography in pregnancy. *Obstet Gynecol* 2004; **104**: 1449-1458
- <sup>xxi</sup> Achiron R, Rotstein Z, Lipitz S, Mashlach S, Hegesh J. First-trimester diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal ultrasonography. *Obstet Gynecol* 1994; **84**: 69-72
- <sup>xxii</sup> Yagel S, Weissman A, Rotstein Z, Manor M, Hegesh J, Anteby E, Lipitz S, Achiron R. Congenital heart defects: natural course and *in utero* development. *Circulation* 1997; **96**: 550-555
- <sup>xxiii</sup> Rustico MA, Benettoni A, D'Ottavio G, Fischer-Tamaro L, Conoscenti GC, Meir Y, Natale R, Bussani R, Mandruzzato GP. Early screening for fetal cardiac anomalies by transvaginal echocardiography in an unselected population: the role of operator experience. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**: 614-619
- <sup>xxiv</sup> Carvalho JS. Fetal heart scanning in the first trimester. *Prenat Diagn* 2004; **24**: 1060-1067
- <sup>xxv</sup> Carvalho JS, Moscoso G, Tekay A, Campbell S, Thilganathan B, Shinebourne EA. Clinical impact of first and early second trimester fetal echocardiography on high risk pregnancies. *Heart* 2004; **90**: 921-926
- <sup>xxvi</sup> Huggon IC, Ghi T, Cook AC, Zosmer N, Allan LD, Nicolaidis KH. Fetal cardiac abnormalities identified prior to 14 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; **20**: 22-29
- <sup>xxvii</sup> Schwarzler P, Senat MV, Holden D, Bernard JP, Masroor T, Ville Y. Feasibility of the second-trimester fetal ultrasound examination in an unselected population at 18, 20 or 22 weeks of pregnancy: a randomized trial. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999; **14**: 92-97
- <sup>xxviii</sup> Tegnander E, Eik-Nes SH, Johansen OJ, Linker DT. Prenatal detection of heart defects at the routine fetal examination at 18 weeks in a non-selected population. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; **5**: 372-380
- <sup>xxix</sup> Chaoui R. The four-chamber view: four reasons why it seems to fail in screening for cardiac abnormalities and suggestions to improve detection rate. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; **22**: 3-10
- <sup>xxx</sup> Tegnander E, Eik-Nes SH, Linker DT. Incorporating the four-chamber view of the fetal heart into the second-trimester routine fetal examination. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; **4**: 24-28
- <sup>xxxi</sup> Paladini D, Vassallo M, Tartaglione A, Lapadula C, Martinelli P. The role of tissue harmonic imaging in fetal echocardiography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; **23**: 159-164
- <sup>xxxii</sup> Allan LD, Crawford DC, Chita SK, Tynan MJ. Prenatal screening for congenital heart disease. *Br Med J* 1986; **292**: 1717-1719
- <sup>xxxiii</sup> Copel JA, Pilu G, Green J, Hobbins JC, Kleinman CS. Fetal echocardiographic screening for congenital heart disease: the importance of the four-chamber view. *Am J Obstet Gynecol* 1987; **157**: 648-655
- <sup>xxxiv</sup> Di Salvo DN, Brown DL, Doubilet PM, Benson CB, Frates MC. Clinical significance of isolated fetal pericardial effusion. *J Ultrasound Med* 1994; **13**: 291-293
- <sup>xxxv</sup> Yoo SJ, Min JY, Lee YH. Normal pericardial fluid in the fetus: color and spectral Doppler analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; **18**: 248-252
- <sup>xxxvi</sup> Copel JA, Liang RI, Demasio K, Ozeren S, Kleinman CS. The clinical significance of the irregular fetal heart rhythm. *Am J Obstet Gynecol* 2000; **182**: 813-817
- <sup>xxxvii</sup> Comstock CH. Normal fetal heart axis and position. *Obstet Gynecol* 1987; **70**: 255-259

- 
- <sup>xxxviii</sup> Smith RS, Comstock CH, Kirk JS, Lee W. Ultrasonographic left cardiac axis deviation: a marker for fetal anomalies. *Obstet Gynecol* 1995; **85**: 187-191
- <sup>xxxix</sup> Sharland GK, Chan KY, Allan LD. Coarctation of the aorta: difficulties in prenatal diagnosis. *Br Heart J* 1994; **71**: 70-75.
- <sup>xl</sup> Kirk JS, Comstock CH, Lee W, Smith RS, Riggs TW, Weinhouse E. Fetal cardiac asymmetry: a marker for congenital heart disease. *Obstet Gynecol* 1999; **93**: 189-192
- <sup>xli</sup> Bromley B, Estroff JA, Sanders SP, Parad R, Roberts D, Frigoletto FD Jr, Benacerraf BR. Fetal echocardiography: accuracy and limitations in a population at high and low risk for heart defects. *Am J Obstet Gynecol* 1992; **166**: 1473-1481
- <sup>xlii</sup> Yoo S-J, Lee Y-H, Kim ES, Ryu HM, Kim MY, Choi H-K, Cho KS, Kim A. Three-vessel view of the fetal upper mediastinum: an easy means of detecting abnormalities of the ventricular outflow tracts and great arteries during obstetric screening. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; **9**: 173-182
- <sup>xliii</sup> Yoo S-J, Lee Y-H, Cho KS. Abnormal three-vessel view on sonography: a clue to the diagnosis of congenital heart disease in the fetus. *AJR Am J Roentgenol* 1999; **172**: 825-830
- <sup>xliv</sup> Kirk JS, Riggs TW, Comstock CH, Lee W, Yang SS, Weinhouse E. Prenatal screening for cardiac anomalies: the value of routine addition of the aortic root to the four-chamber view. *Obstet Gynecol* 1994; **84**: 427-431
- <sup>xlv</sup> DeVore G. The aortic and pulmonary outflow tract screening examination in the human fetus. *J Ultrasound Med* 1992; **11**: 345-348
- <sup>xlvi</sup> Vinals F, Heredia F, Giuliano A. The role of the three vessels and trachea view (3VT) in the diagnosis of congenital heart defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; **22**: 358-367
- <sup>xlvii</sup> Yagel S, Arbel R, Anteby EY, Raveh D, Achiron R. The three vessels and trachea view (3VT) in fetal cardiac scanning. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; **20**: 340-345.
- <sup>xlviii</sup> Vettrains IM, Lee W, Bronsteen RA, Comstock CH. Sonographic evaluation of the ventricular cardiac outflow tracts. Letter to the Editor. *J Ultrasound Med* 2005; **24**: 566
- <sup>xlix</sup> Stumpflen I, Stumpflen A, Wimmer M, Bernaschek G. Effect of detailed fetal echocardiography as part of routine prenatal ultrasonographic screening on detection of congenital heart disease. *Lancet* 1996; **348**: 854-857
- <sup>l</sup> Small M, Copel JA. Indications for fetal echocardiography. *Pediatr Cardiol* 2004; **25**: 210-222.
- <sup>li</sup> Hyett J, Moscoso G, Papapanagiotou G, Perdu M, Nicolaides KH. Abnormalities of the heart and great arteries in chromosomally normal fetuses with increased nuchal translucency thickness at 11-13 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; **7**: 245-250
- <sup>lii</sup> Hyett JA, Perdu M, Sharland GK, Snijders RS, Nicolaides KH. Increased nuchal translucency at 10-14 weeks of gestation as a marker for major cardiac defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; **10**: 242-246
- <sup>liii</sup> Mavrides E, Cobian-Sanchez F, Tekay A, Moscoso G, Campbell S, Thilaganathan B, Carvalho JS. Limitations of using first-trimester nuchal translucency measurement in routine screening for major congenital heart defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; **17**: 106-110
- <sup>liv</sup> Ghi T, Hugon IC, Zosmer N, Nicolaides KH. Incidence of major structural cardiac defects associated with increased nuchal translucency but normal karyotype. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; **18**: 610-614